REGIONE CAMPANIA

PROVINCIA DI CASERTA

COMUNE DI SANTA MARIA CAPUA VETERE

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (P.U.A.)
ai sensi della L.R. 16/04 art. 26 c. 2 lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo sulla via Napoli - SS 7bis

COMMITTENTE

M.Z. Costruzioni S.r.l.
via Strada Prov. per Aversa Km.2+950
81055 - Santa Maria Capua Vetere (CE) - IT
mail: info@mzcostruzioni.it

PROGETTO URBANISTICO
RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO	REV.	SCALA	DATA
	INPUSM01D URBGENR002	2	-	04/07/2025

AGGIORNAMENTI

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
0	Emissione	30/06/2024	AP	MF	CA
1	Emissione per integrazione	22/05/2025	AP	MF	CA
2	Emissione per integrazione	04/07/2025	AP	MF	CA

File
INPUSM01DURBGENR002.pdf

Codifica
INPUSM01D URBGENR002

PROGETTAZIONE

INTEGRA
Via de Gasperi, 98
81055 - Santa Maria Capua Vetere (CE) - IT
mail: integra.architettiassociati@gmail.com

PROGETTISTA

Arch. Cesare Aiossa

Studio Tecnico Associato GeoSisma
E-mail: studiogeosisma@libero.it
Dott. Geol. Luca Cozzolino & Davide Villano
Via delle Rose, 6 81055 Santa Maria Capua Vetere (CE)

DR. LUCA COZZOLINO	STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA, APPLICATA ED AMBIENTALE

COMUNE DI :	***Santa Maria Capua Vetere Ce)***
COMMITTENTE :	***Mz Costruzioni Srl***

OGGETTO :	***PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis***

Collaboratore:	***Contenuto:***	***Rif. Catastale***
Davide Villano	***relazione geologica & modellazione sismica***	

D a t a	***Il tecnico***
12 Giugno 2024	**Dr. Geol. Luca Cozzolino** ORDINE DEI GEOLOGI della Regione Campania DR. GEOL. Luca COZZOLINO A.P. SEZ. A N. 2493 ***Albo n° 2493***

Studio Tecnico Associato GeoSisma
E-mail: studiogeosisma@libero.it
Dott. Geol. Luca Cozzolino & Davide Villano
Via delle Rose, 6 81055 Santa Maria Capua Vetere (CE)

INDICE

1 PREMESSA ..... PAG. 03

2 MORFOLOGIA E GEOLOGIA DELL'AREA ..... PAG. 04

3 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DEL SITO ..... PAG. 08

4 RISCHIO IDRAULICO ..... PAG. 09

5 METODOLOGIA DI INDAGINE ..... PAG. 09

6 EMERGENZE STRATIGRAFICHE PAG.14

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ..... PAG. 15

8 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO ..... PAG. 19

8.1 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ED ALTRI PARAMETRI SISMICI ..... PAG. 23

8.2 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE ..... PAG. 24

10 CONCLUSIONI ..... PAG. 27

ALLEGATI CARTOGRAFICI:
Stralcio aerofotogrammetrico 1:5000
Planimetria di dettaglio con ubicazione indagini effettuate 1:2500
Stralcio Carta Geologica
Carta isofreatica
Carta della stabilità
Carta della zonazione sismica
Sezione geologico-tecnica

ALLEGATI GRAFICI E DI CALCOLO :
Stratigrafia Carotaggio S1
Certificati prove penetrometriche Dpsh
Interpretazione stratigrafica delle prove penetrometriche
Tabella parametri geotecnici Medio

ALLEGATI SISMICI:
Elaborazione prove sismiche
Parametri sismici

1. Premessa

In seguito all'incarico ricevuto dalla "*Mz Costruzioni Srl*", lo scrivente Studio stila la seguente relazione geologica e modellazione sismica ai fini dell'approvazione del "*PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis*" e a supporto del progetto di realizzazione di nuovi edifici Industriali.

Si precisa che il lavoro è stato eseguito secondo quanto dettato della normativa tecnica contenuta nei:

- **D.M. Infrastrutture del 17 gennaio 2018**
- **Circolare applicativa Infrastrutture del 14 gennaio 2008**
- **Regolamento Regionale n.4/2010 art.12, comma 3**
- **LR 16/2004 Regione Campania**
- **Regolamento Attuativo 5/2011 Regione Campania**

Tale lavoro è svolto al fine di poter fornire, allo strutturista, indicazioni di carattere geotecnico per l'elaborazione del progetto di cui all'oggetto, verificandone la conformità con quanto previsto dalle normative vigenti in materia.

Allo scopo di acquisire elementi necessari per :

- **verificare la stratigrafia del sottosuolo**
- **verificare la presenza anomalie stratigrafiche**
- **verificare l'idoneità geologica del sito**
- **valutare le proprietà fisico-meccaniche del terreno**
- **analisi dei parametri geomeccanici in funzione del modello geotecnico**
- **analisi dei parametri sismici in funzione del modello geologico**

Lo scrivente ha eseguito indagini geotecniche e sismiche in situ (cosi come richiesto dalle norme tecniche vigenti), i cui elaborati sono parte integrante della presente relazione e vengono riportati in allegato.

Dall'insieme delle indagini eseguite si sono ricavate tutte quelle informazioni e parametri utili per la determinazione delle caratteristiche geotecniche principali, delle quali si dovrà tener conto in fase esecutiva, al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza, ed in ottemperanza alla normativa tecnica di settore.

2. Morfologia e geologia dell'area

L'area in esame (cfr. fig.1) è situata nella zona sud del territorio comunale di Santa Maria Capua Vetere. La zona d'interesse è individuabile nella Tavola n°16 Caserta riferito al rilievo fotogrammetrico pubblicato nel 1998 alla scala 1:25.000 della *Carta Programmatica Regionale (figura 1)*.

La zona completamente è pianeggiante ed avente quote altimetriche assolute sul livello medio del mare comprese fra i 23 ed i 19 metri per valori percentuali di pendenza modestissimi e trascurabili per la definizione morfologica dell'area e di tutta una vastissima zona circostante.

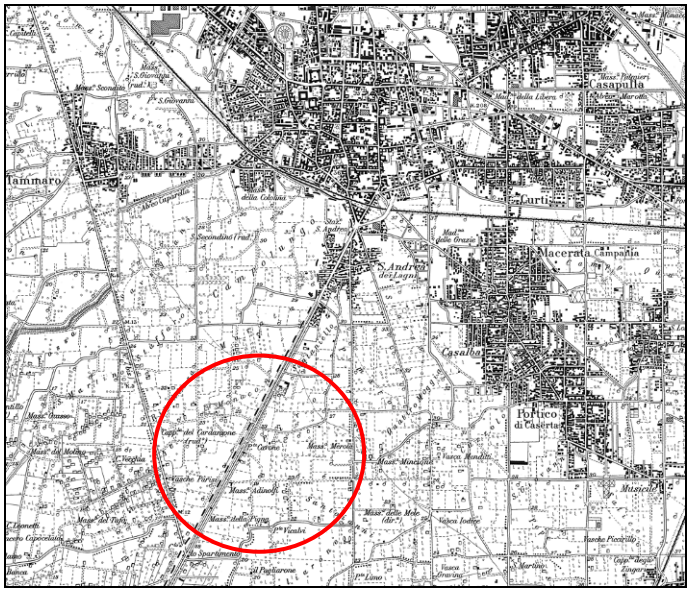


Figura 1 – *Stralcio Carta Tecnica Regionale (Tavola 16 - Caserta) - Area d'interesse*

In tale contesto non si evidenziano segni morfologici particolari, dai quali derivare cause per processi a rapida evoluzione e si rende comprensibile la scelta dello scrivente di omettere un elaborato cartografico tematico proprio per la mancanza di elementi significativi in un intorno utile alla zona d'interesse.

Per questi motivi e per l'assenza in zona di fatti geologici od idrogeologici che siano potenzialmente in grado di impartire svolte morfologico-evolutive a rapido decorso.

Il modello morfotettonico nel quale si ritrova l'area indicata è quello della struttura della Conca Campana, lobo Casertano. Faglie di tipo diretto e con rigetti potentissimi hanno determinato la subsidenza geologica della vasta pianura aperta fra il Monte Massico ed i Campi Flegrei.

Dette faglie, approfondendo i pezzi di piattaforma carbonatica preesistente, hanno determinato un "graben" a rapido approfondimento, compensato da una sedimentazione marina di tipo carbonatico, interrotta, a fase parossistica conclusa avvenuta a carico dei distretti vulcanici di zona (Vesuvio – Campi Flegrei – Roccamonfina).

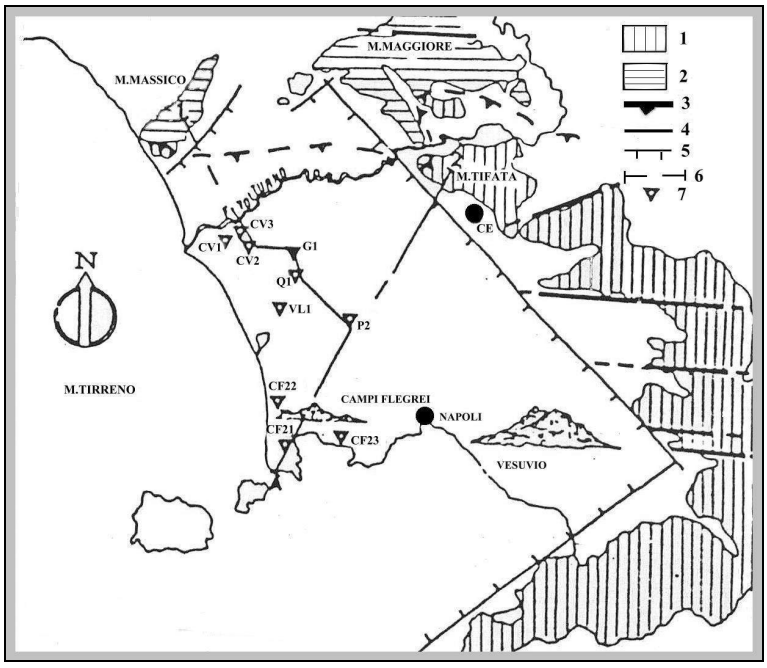


Figura 2 – *Schema tettonico della Piana Campana e delle aree circostanti*

(da Ortolani & Aprile, 1985)

Da un punto di vista ***geologico***, l'area è inserita nel vasto affioramento dei terreni di età Olocenica e Pleistocenica, più precisamente appartenenti alle facies vulcaniche dei "Campi Flegrei" che riguardano vari episodi eruttivi.

I litotipi piroclastici sono in genere in giacitura primaria ed hanno una regolare stratificazione secondo un'alternanza di ceneri e pomici frutto di una attività esplosiva ritmica;

La successione al di sotto del suolo agrario è rappresentata nella parte sommitale da strati poco competenti che rappresentano i lembi marginali dei prodotti del **II e III Periodo Flegreo** denominati *"Tassi"* che generalmente sono caratterizzati da maturazione tessiturale dovuto a fenomeni di eluviazione. Tali litotipi sono succeduti dalla tipica facies ignimbritica del Tufo Grigio Campano (**I periodo flegreo**), con prevalenza negli orizzonti superficiali di piroclastiti incoerenti in facies deposizionale, non manca tuttavia del materiale litificato.

Alla porzione litificata dell'Ignimbrite Campana invece, appartengono i materiali piroclastici consolidati noti in letteratura come facies coerente del Tufo Grigio Campano che in tal casi può presentarsi in una variante di colore giallastra.

L'età di questa formazione è ancora controversa: alcuni autori la comprendono tra 33.000 e 30.000 anni fa (Capaldi et alii 1985), mentre studi più recenti (Scandone et alii 1991) riconoscono rispettivamente il limite inferiore e superiore dell'eruzione a 42.000 e 27.000 anni fa.

Questi ultimi ipotizzano che, dato l'elevato intervallo cronologico ed alcune caratteristiche osservate in affioramento, la formazione possa comprendere due o più episodi eruttivi invece che derivare da un'unica eruzione come proposto da altri autori.

Studio Tecnico Associato GeoSisma
E-mail: studiogeosisma@libero.it
Dott. Geol. Luca Cozzolino & Davide Villano
Via delle Rose, 6 81055 Santa Maria Capua Vetere (CE)

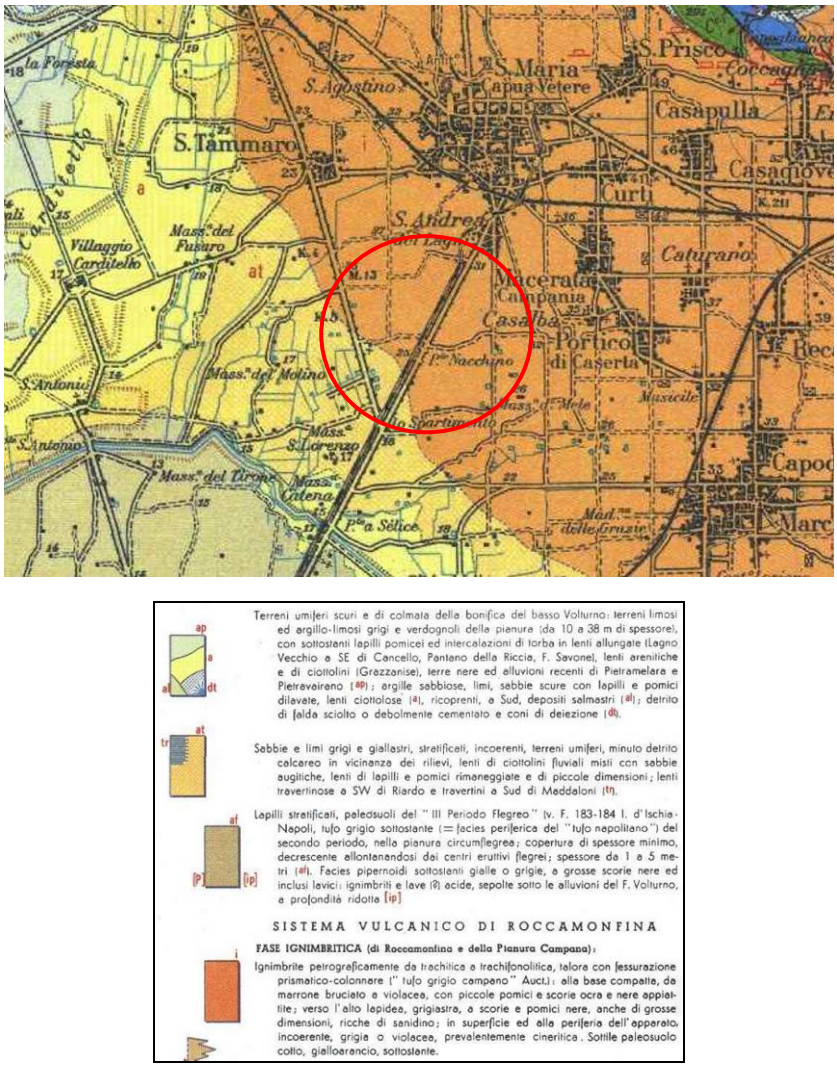


Figura 3 *– Stralcio Carta Geologica d'Italia (fg.172- Caserta) .* ○ *- Area d'interesse*

A partire da una profondità di circa 8-10 m la facies litificata lascia al posto ad una piroclastite cineritica grigia da addensata a molto addensata (Cinerazzo), in cui non mancano tratti a consistenze litoidi classificabili come un tufo grigio.

Il colore e la tessitura appartiene a quella tipica dei *tufi napoletani*, tuttavia, nel caso specifico, così come si verifica in altre località, tale connotato deve essere attribuito al processo di zeolitizzazione che impartisce alla massa le caratteristiche descritte.

3. Idrologia e Idrogeologia del sito

Le note idrologiche del sito prevedono un andamento dei deflussi superficiali e profondi verso il collettore principale dei Regi Lagni e, quindi, orientati in direzione pressoché sud-ovest, così come si può facilmente dedurre dall'inclinazione, pur modesta, del piano campagna immergente in analoga direzione.

Di tali deflussi prevalgono nettamente quelli profondi per la media permeabilità delle coperture piroclastiche superficiali.

La falda è copiosa in quanto alimentata lateralmente, a Nord ed Est, dai potenti serbatoi calcarei e calcareo dolomitici, tamponati lateralmente dalle potenti coltri piroclastiche della Pianura antistante.

L'assetto stratigrafico più superficiale è costituito da vari orizzonti piroclastici a granulometria variabile e i livelli più fini possono divenire impermeabili relativi. Ciò dà luogo, localmente, ad un frazionamento della circolazione idrica sotterranea con la presenza di piccole ed esigue falde lenticolari sospese confinate e semiconfinate a forte carattere stagionale essendo essenzialmente alimentate da deflussi superficiali verticali di origine meteorica.

Guardando a più ampia scala si evince una marcata intercomunicazione di queste falde per le soluzioni di continuità dovute alle variazioni laterali dei livelli piroclastici.

I *deflussi superficiali* sono quindi influenzati dalle locali condizioni morfologiche, ed il raccordo tra le quote del piano di campagna del sito in esame e i Regi Lagni, avviene secondo pendenze modestissime.

Come desunto dal carotaggio continuo effettuato e in accordo con i dati bibliografici (carta isofreatica allegata), la soggiacenza di una prima falda è possibile captarla a circa 4 m dal p.c. (dato riferito a maggio 2024).

Essa è soggetta a sensibili escursioni piezometriche dovute agli apporti meteorici stagionali e a seguito di eventi piovosi eccezionali.

4. Rischio idrogeologico

La piatta morfologia e l'assenza di segni di disequilibrio in atto, passato o potenziali legati a *fatti geologici od idrogeologici* che siano potenzialmente in grado di impartire svolte *morfologico-evolutive* a rapido decorso, fa ritenere il sito investigato in condizioni di buona stabilità fra suolo e sottosuolo. Questo appena affermato è confermato dalla mancanza di cartografie prodotte dall'***Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale*** per l'area d'interesse sia per quanto riguarda il rischio Idraulico che da Frana. Ciò permette di affermare gli interventi previsti dal progetto sono pienamente compatibili con le condizioni di rischio locali.

5. Metodologia d'indagine

Per poter appurare il dato stratigrafico e geotecnico utile alla determinazione del modello che, in relazione alle opere da realizzare, fosse il più attendibile, si è fatto ricorso alle precedenti conoscenze acquisite per indagini dirette ed indirette realizzate in varie fase della pianificazione terrnitoriale comunale e presenti nell'attuale PUC 2019.

Inoltre, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- N.°1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 m con n.°6 prove Spt
- Realizzazione di un piezometro a tubo aperto
- N.°6 prove penetrometrica dinamica DPSH
- N.°2 prove sismiche superficiali di tipo MASW
- N.° 1 Prova sismica HVSR

❖ **Sondaggio a carotaggio continuo:**

La ditta "Sottosuolo Srl" ha così eseguito **n° 01 sondaggio a carotaggio continuo** che ha avuto lo scopo di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame delle carote estratte ed, inoltre, durante l'esecuzione dello stesso è stato possibile effettuare indagini geotecniche in foro al fine di ottenere i principali parametri geotecnici dei volumi investigati.



Per l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo è stata utilizzata una attrezzatura di perforazione costituita da una sonda a rotazione del tipo Macchina operatrice CMV aventi le seguenti caratteristiche :

- **Attrezzatura a testa di rotazione idraulica;**
- **Velocità di rotazione da 0 a 480 giri/min.:**
- **Coppia max 420 kgm;**
- **Motore di lavoro diesel;**
- **Spinta sulla testa di rotazione kg 3000;**
- **Avanzamento idraulico a testa di rotazione;**
- **Carro cingolato;**
- **Argano idraulico;**
- **Freno blocca aste;**
- **Tubazione metallica di rivestimento provvisorio con diametro Ø 140 mm;**
- **Carotieri semplici azionati a secco mediante batteria di aste di diametro Ø 101mm , e di lunghezza pari a 3.0 m;**

Le carote estratte, utilizzate per la ricostruzione stratigrafica delle verticali investigate sono state sistemate nelle apposite cassette catalogatrici, munite di scomparti divisori e coperchio apribile. I certificati relativi alla stratigrafia sono riportati in allegato e contengono le seguenti informazioni:

- **indicazioni sul cantiere e committente;**
- **numero progressivo e quota boccaforo;**
- **lunghezza del sondaggio;**
- **la scala grafica;**
- **profondità dal p.c. dei litotipi rinvenuti e descrizione litologica;**
- **il diametro del foro, il metodo di perforazione e il metodo di stabilizzazione.**

Il foro di sondaggio è stato infine condizionato con tufo piezometrico da 2 pollici attraverso il quale è stata rilevata la soggiacenza della falda ad una quota di - 5.0 m dal pc utilizzando un freatimetro della **PASI s.r.l.** modello **BFK T100.** Tale quota è da ritenersi variabile e legata a fenomenini di stagionalità.

❖ Prova Spt e procedura d'esecuzione:

Nel corso della perforazione sono state eseguite nel foro di sondaggio **n°06 prove penetrometiche dinamiche di tipo Standard Penetration Test "SPT",** standardizzate dalle seguenti norme:

- **A.G.I. – Associazione Geotecnica Italiana**
  Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- **A.S.T.M. – D1586-67(74); D1586-84:**
  Standard method for penetration test and Split-Barrel Sampling of Soils.
- **ISSMFE Techn. Committee (1988):**
  Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test.

La prova penetrometrica dinamica SPT (dall'inglese *Standard Penetration Test*) è un tipo di indagine geotecnica utile a ricavare e studiare le caratteristiche di un terreno; consiste nel far penetrare nel terreno, sotto i colpi di un maglio con peso di 63,5 kg e da un'altezza di 76 cm, un campionatore standardizzato a campionatore di tipo *Raymond* apribili longitudinalmente avente:

- **diametro esterno = 51 mm; diametro interno = 35 mm**
- **lunghezza L = 457 mm; lunghezza scarpa l = 76 mm**
- **angolo scarpa a = 16° – 23 °**

L'esecuzione della prova prevede le seguenti fasi:

- **controllo con scandaglio della quota del fondo raggiunta;**
- **calo a fondo foro dell'attrezzatura di prova;**
- **infissione preliminare dei primi 15 cm e dei successivi 30 cm contando separatamente il numero di colpi per ogni tratto da 15 cm**;

I test delle SPT che sono stati effettuati nei fori di sondaggio, si riportano nella successiva tabella con le relative quote dal piano campagna :

Sondaggio	S.P.T.	Nr. Colpi	Nspt	Profondità	
				da metri	a metri
S 1	SPT 1	13-16-16	**32**	4.50	4.95
S 1	SPT 2	24-49-38	**87**	10.00	10.45
S 1	SPT 3	16-23-33	**56**	13.00	13.45
S 1	SPT 4	17-28-34	**62**	16.00	16.45
S 1	SPT 5	12-19-40	**59**	21.00	21.45
S 1	SPT 6	20-rif	**Rif**	25.00	25.45

Tabella 1: *prove Spt eseguite nel foro di sondaggio S1*

❖ Indagine Penetrometrica dinamica DPSH:



Per la definizione del comportamento a rottura e di deformabilità associabile al substrato esaminato, sulla constatazione dell'incoerenza del mezzo da indagare, sono utilizzati i dati di N.°6 prove penetrometriche super pesante di tipo DPSH denominate P1,P2…Pn.

La ditta "Sottosuolo Srl" ha così eseguito n°6 Prove Penetrometriche Dinamiche Superpesante (Stefanoff 1988), eseguite con penetrometro del tipo Pagani TG 63/200 kN,

tutte le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale. In cantiere si sono registrati, per lettura diretta, i valori di N, numero di colpi di maglio resi necessari ad affondare di cm. 20 progressivi la punta penetrometrica, infissa nel terreno alla testa di una batteria di aste, della lunghezza, ciascuna di m 1.0.

La sequenza dei valori di N, così ottenuta, ha permesso di ricostruire per la verticale di prova:

- **il profilo penetrometrico;**
- **la correlazione fra questo e le condizioni stratigrafiche del sito;**
- **i valori dei parametri a rottura come media per strato;**
- **i valori dei parametri di deformabilità.**

Tali determinazioni, per quanto attiene i parametri a rottura (caso del mezzo incoerente), hanno riguardato in particolare:

- **lo stato di addensamento;**
- **la densità relativa (Dr);**
- **l'angolo d'attrito interno φ'.**
- **modulo di Poisson;**

❖ Prova Sismica MASW

L'indagine sismica **MASW** (multichannel analysis of surface waves) è una tecnica non invasiva utilizzata per individuare il profilo verticale della velocità delle onde sismiche di taglio (VS) e quindi utile al calcolo del parametro **Vs,eq** come richiesto dalla nuova normativa tecnica (NTC 2018).

Tale indagine fu messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al.,1999) che attraverso lo studio della curva di dispersione delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ricavarono le velocità onde di taglio in funzione della profondità, considerando che la velocità delle onde di Rayleigh vale circa il 90% delle velocità delle onde di taglio.

Attraverso l'inversione della curva di dispersione ricavata dalla MASW è possibile ottenere con maggiore accuratezza i dei profili di velocità delle onde S del sottosuolo e pertanto della Vs,eq richiesta dalle NTC.

- **Prova Sismica HVSR**

Una delle tecniche più utilizzate, negli ultimi anni, per la caratterizzazioni della risposta sismica locale, è quella basata sulle analisi del rumore ambientale.

Il metodo che si è maggiormente consolidato è quello HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o H/V) che studia i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, proposta da Nogoshi e Igarashi (1970) e ampiamente corretta e rivisitata da Nakamura (1989).

Gli autori confermano che il picco che si osserva all'interno della spettro misurato H/V è legato alla curva di elletticità del modo fondamentale delle onde Rayleigh.

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo $\mathbf{f_0}$, grazie anche al lavoro di standardizzazione fatto dal gruppo di studio SESAME.

6. EMERGENZE STRATIGRAFICHE

Il quadro delle sequenze, rinvenuto dal carotaggio continuo realizzato ex novo, rende conto della grande omogeneità litotipica di cui il sottosuolo è dotato.

Le ***coltri piroclastiche***, ascrivibili alle facies petrografiche appartenente alla serie piroclastica descritta in precedenza nella sua tipica successione, rappresentano l'unico litotipo rinvenibile fino a profondità elevatissime, e ben al di fuori dei volumi significativi connessi alle finalità dell'indagine esperita.

Schematicamente la situazione riscontrata, raccordando le quote al piano campagna, può essere riassunta nella tabella successiva:

Strato	Profondità (m)		Nspt medio	Nspt Corretto falda	Descrizione litotipo
	da	a			
1	0.0	1.2	5	-	Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche
2	1.2	1.9	2	-	Piroclastite alterata, marrone rossastra. Limo sabbioso con pomici biancastre
3	1.9	2.8	2	-	Cinerite limosa, grigia
4	2.8	6.6	12	12	Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata
5	6.6	8.4	60	37	Tufo giallastro con grosse scorie nere
6	8.4	24.8	71	43	Cinerazzo grigio sabbioso-limoso con scorie centimetriche. A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi
7	24.8	25.6	60	37	Livello tufaceo da giallo a grigio, presenza di inclusi lavici e scoriacei
8	25.6	30.0	60	37	Cinerite sabbiosa limosa rimaneggiata, policroma

Tabella 2: *Stratigrafia di dettaglio*

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'elaborazione dei dati di campagna, ha permesso di individuare la situazione stratigrafica locale, e di delinearne un modello matematico, per il quale è possibile ricavare i parametri fisico-meccanici dei terreni investigati.

La caratterizzazione geotecnica è riferita all'insieme delle indagini di campagna, creando un modello medio in non sono incluse anomalie stratigrafiche.

Pertanto, da note correlazioni esistenti in letteratura scientifica, con riferimento ai valori di resistenza penetrometrica più cautelativi delle prove eseguite, si presenta di seguito un modello in cui compaiono, per le caratteristiche a rottura e per la deformabilità i parametri determinati nel caso del mezzo incoerente:

Dr = Densità relativa (%) (mezzo granulare);
A.G.I. = Classificazione A.G.I. 1977;
φ' = Angolo d'attrito interno (C=0; φ'≠ 0), espresso in termini di tensioni effettive (σ'v);
$\mathbf{E_{ed}}$ = Modulo di compressibilità edometrico (Kg/cm^2);
v = modulo di Poisson;
Qc = Resistenza punta Penetrometro Statico

I valori del peso di volume "γ" sono approssimati dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati oltre che dai dati reperibili dal PUC comunale ed ad analisi di laboratorio realizzate su materiali piroclastici simili a quelli presenti nell'area in studio ed in analoghe condizioni geologiche.

Schematicamente, in termini di media per strati omogenei, la situazione, può essere rappresentata nel modo presentato nelle successive tabelle.

Tabella 3 : Densità relativa

Strato n°	Prof. Strato (m)		Nspt	Correlazione autori	Densità relativa D_R (%)
1	**0.0**	**1.0**	5	Skempton (1986)	**72**
2	**1.0**	**2.0**	2	Skempton (1986)	**33**
3	**2.0**	**5.0**	12	Skempton (1986)	**59**
4	**5.0**	**8.4**	60	Skempton (1986)	**82**
5	**8.4**	**25.0**	71	Skempton (1986)	**52**
6	**25.0**	**30.0**	60	Skempton (1986)	**35**

Tabella 4 : Stato di addensamento

Strato n°	Prof. Strato (m)		Nspt	Correlazione autori	Classificazione AGI
1	**0.0**	**1.0**	5	Class. A.G.I. 1977	**POCO ADDENSATO**
2	**1.0**	**2.0**	2	Class. A.G.I. 1977	**SCIOLTO**
3	**2.0**	**5.0**	12	Class. A.G.I. 1977	**MODERATAMENTE ADDENSATO**
4	**5.0**	**8.4**	60	Class. A.G.I. 1977	**MOLTO ADDENSATO**
5	**8.4**	**25.0**	71	Class. A.G.I. 1977	**MOLTO ADDENSATO**
6	**25.0**	**30.0**	60	Class. A.G.I. 1977	**MOLTO ADDENSATO**

Tabella 5 : Angolo di resistenza al taglio

Strato n°	Prof. Strato (m)		Nspt	Correlazione autori	Angolo d'attrito φ' (°)
1	**0.0**	**1.0**	5	Meyerhof (1965)	**28,5**
2	**1.0**	**2.0**	2	Meyerhof (1965)	**27,6**
3	**2.0**	**5.0**	12	Meyerhof (1965)	**30,6**
4	**5.0**	**8.4**	60	Meyerhof (1965)	**38,3**
5	**8.4**	**25.0**	71	Meyerhof (1965)	**38,4**
6	**25.0**	**30.0**	60	Meyerhof (1965)	**38,3**

Studio Tecnico Associato GeoSisma
E-mail: studiogeosisma@libero.it
Dott. Geol. Luca Cozzolino & Davide Villano
Via delle Rose, 6 81055 Santa Maria Capua Vetere (CE)

Tabella 6 : Modulo Edometrico

Strato n°	Prof. Strato (m)		Nspt	Correlazione autori	Modulo Edometrico **Eed (Kg/cm²)**
1	**0.0**	**1.0**	5	Menzenbach e Malcev	**90,3**
2	**1.0**	**2.0**	2	Menzenbach e Malcev	**58,9**
3	**2.0**	**5.0**	12	Menzenbach e Malcev	**162,5**
4	**5.0**	**8.4**	60	Menzenbach e Malcev	**430,3**
5	**8.4**	**25.0**	71	Menzenbach e Malcev	**487,8**
6	**25.0**	**30.0**	60	Menzenbach e Malcev	**430,3**

Tabella 7 : Modulo di Poisson

Strato n°	Prof. Strato (m)		Nspt	Correlazione autori	Modulo Poisson ***v***
1	**0.0**	**1.0**	5	Class. A.G.I.	**0,34**
2	**1.0**	**2.0**	2	Class. A.G.I.	**0,35**
3	**2.0**	**5.0**	12	Class. A.G.I.	**0,33**
4	**5.0**	**8.4**	60	Class. A.G.I.	**0,28**
5	**8.4**	**25.0**	71	Class. A.G.I.	**0,27**
6	**25.0**	**30.0**	60	Class. A.G.I.	**0,28**

Tabella 8 : Resistenza punta Penetrometro Statico

Strato n°	Prof. Strato (m)		Nspt	Correlazione autori	Qc ***Kg/cm²***
1	**0.0**	**1.0**	5	Robertson (1983)	**15,0**
2	**1.0**	**2.0**	2	Robertson (1983)	**6,0**
3	**2.0**	**5.0**	12	Robertson (1983)	**35,7**
4	**5.0**	**8.4**	60	Robertson (1983)	**112,5**
5	**8.4**	**25.0**	71	Robertson (1983)	**129,0**
6	**25.0**	**30.0**	60	Robertson (1983)	**112,5**

Tabella 9 : Peso unità di volume

Strato n°	Prof. Strato (m)		Peso di volume ***γ nat (t/m³)***	Peso di volume **γ sat (t/m³)**
1	**0.0**	**1.0**	**1.54**	**-**
2	**1.0**	**2.0**	**1,4**	**-**
3	**2.0**	**5.0**	**1.79**	**1.9**
4	**5.0**	**8.4**		**1.8**
5	**8.4**	**25.0**		**1.95**
6	**25.0**	**30.0**		**1.95**

La sequenza rinvenuta dall'esito delle prove, introduce, immediatamente al di sotto terreno vegetale, i depositi vulcanici caratterizzati da omogeneità stratigrafica appartenente alla serie vulcanica descritta in precedenza aventi parametri geotecnici che migliorano con profondità.

La caratterizzazione geotecnica è stata effettuata accorpando alcuni livelli riconosciuti nella stratigrafia ricavata dal sondaggio geognostico, tenendo conto dei valori medi di resistenza dinamica ricavati dalle prove SPT e DPSH.

I termini più superficiali della stratigrafia del sito, rappresentati da ***livelli piroclastici cineritici sciolti o poco addensati***, richiedono una maggiore attenzione nella definizione del loro comportamento geotecnico, oltreché nella progettazione delle opere di fondazione, in quanto, è plausibile che presentino variazioni laterali significative sia granulometriche che di densità.

Proprio in funzione di tali ragioni, occorrerà prevedere un'attenta regimentazione delle acque meteoriche superficiali per favorirne il corretto smaltimento, infatti tali terreni, a seguito di dilavamenti e imbibizione degli stessi, possono subire forte diminuzione di volume con cedimenti superficiali sia graduali che istantanei.

A partire dalla profondità media di 5 metri è presente un livello di tufo giallo dello spessore di circa 3 m che ha portato a tutte le prove penetrometriche DPSH a rifiuto strumentale. Al disotto di questo livello i depositi vulcanoclastici, rappresentati da cineriti sabbioso - limoso con una grossa percentuale di scorie centimetriche posseggono elevato grado di addensamento che si protraggono fino a i 30 metri di profondità.

Dalle analisi delle indagini effettuate, è ragionevole affermare una buona stabilità del sottosuolo e di ***escludere la esistenza di eventuali vuoti e cavità di origine antropica o naturale,*** in quanto durante l'esecuzione del complesso delle indagini non si è mai riscontrata alcuna anomalia e soprattutto perché dal rilevamento dell'area non sono rinvenute cavità o pozzi accessibili che interessino in qualche modo l'area d'impronta delle strutture da realizzarsi.

8. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

L' O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e il D.M. 14 gennaio 2008 (e successivo aggiornamento del 17/01/18) aggiornando la normativa sismica, attribuiscono alle diverse località del territorio nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo. In particolare con il D.M. 14/01/08 si passa da un approccio "zona dipendente" (O.P.C.M. 3274) ad uno "sito dipendente" (D.M. 14/01/08 e D.M. 17/01/18).

L'azione sismica viene definita partendo dalla pericolosità sismica di base del sito che si determina dai parametri spettrali associati ai vertici di maglie di riferimento fornite dal Ministero dei Lavori Pubblici.

Inoltre, tali normative propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica semplificato del profilo stratigrafico del suolo, mediante le cinque tipologie di suoli, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio dei terreni ed in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

***h*$_i$** *spessore dell'i-esimo strato;*

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

N *numero di strati;*

H *profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s (o 30 m se non rinvenuto).*

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, quindi la nuova normativa sismica, semplificando la molteplicità delle situazioni geologiche possibili su un generico

sito, tende alla modellizzazione sintetica del sottosuolo dettando le seguenti definizioni per le varie categorie di profilo stratigrafico per il suolo di fondazione:

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.***

Tabella 10 - *Tabella 3.2.II – categorie di sottosuolo – Capitolo 3 par.3.2.2. DM 17/01/18*

L'applicazione di tale innovativa metodologia, a partire dai parametri evinti dalla campagna d'indagine effettuata in sito, tende a caratterizzare i punti indagati attraverso l'inquadramento di essi all'interno delle categorie di suolo presentate nella precedente tabella.

La zona di interesse ricade nel Comune di Santa Maria Capua Vetere viene classificata secondo L' O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 – Riclassificazione sismica del territorio nazionale - **come zona sismica 2**.

Allo scopo di caratterizzare, da un punto di vista sismico, le varie formazioni litologiche affioranti e costituenti il sottosuolo dell'area di studio, sono stati utilizzati i dati ricavati dall'indagine sismica di **2 Masw** (vedi relazione sismica allegata) dalla quale si sono ricavati i valori delle Vs per ogni sismostrato investigato.

Dalla elaborazione si è potuto costatare un miglioramento delle caratteristiche dinamiche con la profondità, così come dimostrato dalle Vs ricavate (VEDI ALLEGATO). Dalla profondità di 5-6 m, in entrambe le sismiche eseguite, si riscontra un importante incremento di velocità in corrispondenza del livello ignimbritico, in accordo con quanto espresso con i parametri geotecnici.

In base alla velocità delle onde di taglio di ogni singolo sismostrato, si è determinato il valore **$V_{S,eq}$ (m/s)**, calcolato da piano campagna fino alla profondità di 30 m:

Prova	**Vs,eq** Calcolato a partire da piano campagna (m/s)	**Categoria di sottosuolo D.M. 17/01/2018**
M 1	379	**B**
M 2	382	**B**

Tabella 11 – *Valori Vs, Eq - categorie di sottosuolo*

cosa che, immediatamente consente di definire come **"B" la categoria di suolo** conformemente alle indicazioni stratigrafiche e dinamiche ottenute dalle altre indagini geognostiche.

Con l'ausilio dell'indagine HVSR, attraverso la registrazione del rumore sismico ambientale, è stato ricavato il rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali delle onde superficiali. Direttamente dal grafico H/V si ricava il valore di risonanza di naturale del terreno ***f_0 = 14.5 Hz***, tale valore è da attribuirsi al contrasto di impedenza presente tra i terreni ignimbritici tufacei e i terreni piroclastici superficiali.

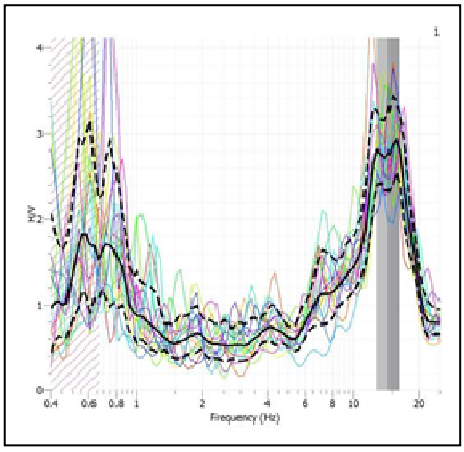
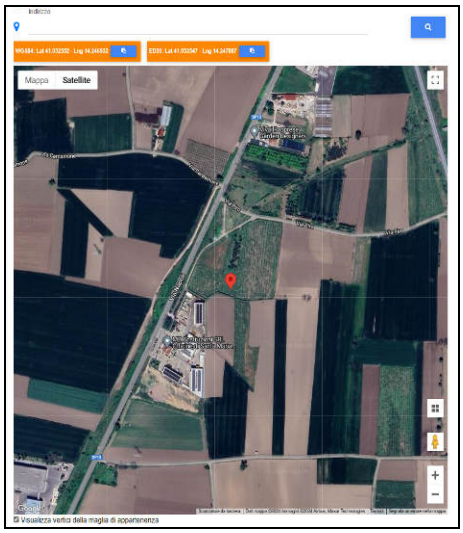


Figura 4 *– Grafico curva H/V (F_0=14.5Hz)*

Gli altri parametri sismici, che riguardano l'individuazione della pericolosità che concretizzano la caratterizzazione del sito (dati ricavati dal progetto S1-INGV) messi a disposizione sul dispositivo web *Geostru Parametri Sismici*, sono evincibili dalle seguenti tabelle:



Studio Tecnico Associato GeoSisma
E-mail: studiogeosisma@libero.it
Dott. Geol. Luca Cozzolino & Davide Villano
Via delle Rose, 6 81055 Santa Maria Capua Vetere (CE)

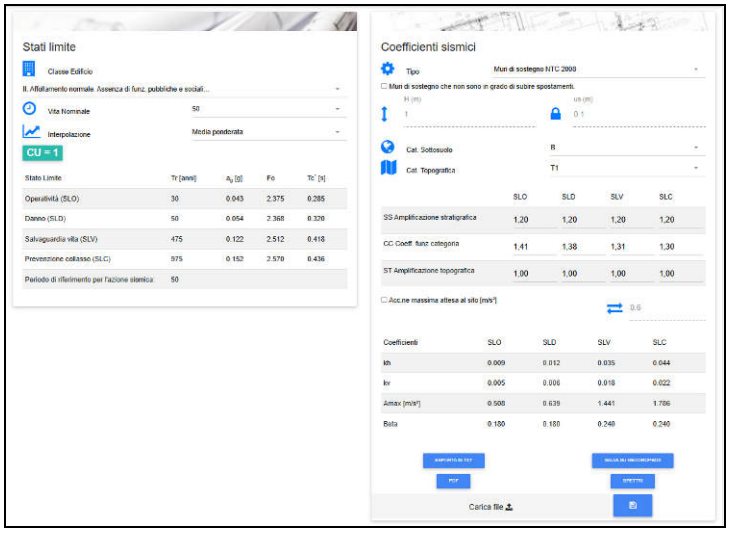


Figura 5 – *Parametri sismici ricavati da Geostru Parametri Sismici*

I parametri sismici come l'accelerazione massima attesa al sito **Amax**, il coefficiente sismico orizzontale **Kh** e il coefficiente sismico verticale **Kv** riportati nelle tabelle precedenti si sono ricavati attraverso le seguenti relazioni:

Amax = ag x Ss x St

Kh = Beta x (amax/g)

Kv = 0.5 Kh

8.1 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA E ALTRI PARAMETRI SISMICI

Da una analisi dell'aerofotogrammetria, l'opera a farsi risulta ubicata in una zona completamente **pianeggiante,** con una inclinazione del piano campagna **inferiore ai 15°**, si ritiene quindi "ininfluente", sulla risposta sismica locale, l'effetto topografico che ricade quindi nella categoria topografica **T1** con **ST = 1**.

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

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 12 – *Valori di amplificazione topografica St*

8.2 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

La normativa tecnica di riferimento (D.M. 14/01/08) prevede i casi nei quali sono esclusi amplificazioni locali per liquefazione dei terreni.

Al punto 7.11.3.4.2. delle NTC, "*Esclusione della verifica a liquefazione*", testualmente si legge:

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- omissis
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 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 qc1N 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 Figura A nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura B nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5".

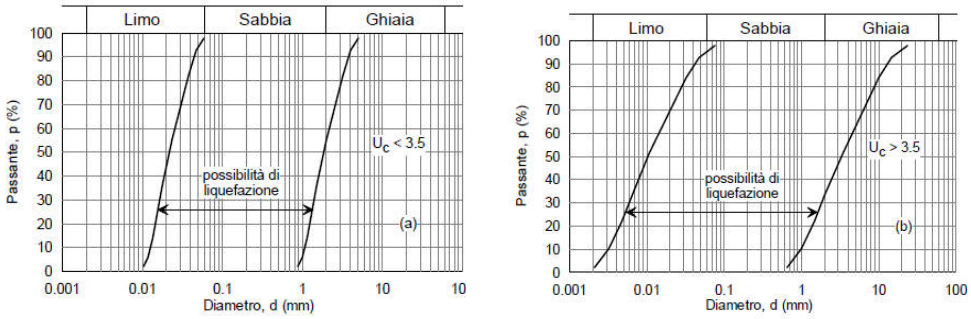


Figura 6 (A e B) – *distribuzione fusi granulometrici*

Secondo i comma sopraelencati il sito in esame non si ritiene escluso da una valutazione del potenziale di liquefazione del sottosuolo in quanto la falda acquifera è stata rinvenuta a 4 m dal piano campagna (maggio 2024). Anche se storicamente l'area oggetto di studio non è mai stata interessata da fenomeni di liquefazione, e nel nostro caso il substrato esplica i terreni sotto falda di natura tufacea aventi buone caratteristiche geotecniche, si ritiene necessario approntare tale verifica.

Il processo di verifica prende in considerazione quanto determinato dagli autori BOULANGER & IDRISS 2014 che fanno una valutazione del fenomeno attraverso i seguenti dati:

DATI DI INPUT:		**DATI IMMESSI**		
magnitudo momento:	M_W =	**6.14**	**6.14**	**6.14**
accelerazione max al suolo:	a_{max} / g =	**0.15**	**0.15**	**0.15**
profondità interesse:	z (m) =	**3**	**4**	**5**
prex verticale totale:	s_v (kPa) =	**47**	**65**	**83**
prex verticale efficace:	s'_v (kPa) =	**40**	**52**	**63**
valore misurato (prova SPT):	Nm = N60 =	**12**	**12**	**12**
frazione fine:	FC (%) =	**10**	**10**	**10**
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE: FSL = CRR / CSR		**2.27**	**1.74**	**1.68**

Tabella 13 – *verifica potenziale di liquefazione*

La verifica del potenziale di liquefazione è stata effettuata per livello piroclastico presente tra i 3 e 5 metri, al disotto di tale profondità si rinvengono, per l'intera area di studio, terreni litoidi o molto addensati con $N1_{60}$>30. I calcoli sono stati effettuati ammettendo una risalita della falda acquifera nell'ordine di un metro rispetto a quanto misurato a maggio 2024. Il valore di magnitudo momento è stato calcolato secondo la disaggregazione della pericolosità sismica del sito (https://esse1-gis.mi.ingv.it/), mentre il valore di accelerazione massima al suolo è stato calcolato prendendolo dallo stato limite SLV dello spettro di base del sito e moltiplicandolo per il coefficiente di ampliazione stratigrafica SS per terreni di categoria di sottosuolo B.

Per quanto appena esposto, avendo riscontrato il Fattore di Sicurezza sempre maggiore di 1.25 si ritiene che i terreni sotto falda non sono suscettibili alla liquefazione.

Lo scrivente comunque suggerisce al progettista geotecnico di effettuare ulteriori approfondimenti di tale fenomenologia.

10. CONCLUSIONI

L'analisi della successione geostratigrafica e l'elaborazione dei parametri geotecnici dei terreni di sottofondazione permettono di concludere che:

- La natura e lo stato di addensamento dei terreni di sottofondazione inducono a ritenere l'area in oggetto esente da fenomeni franosi in atto e/o potenziali, e quindi idonea a ricevere strutture quali quelle in oggetto;
- Per quanto riguarda la stabilità del sottosuolo in riferimento alla presenza di eventuali vuoti o cavità di origine antropica, dalle analisi delle indagini effettuate, è ragionevole escludere l'esistenza di eventuali vuoti e cavità di origine antropica o naturale, in quanto durante l'esecuzione del complesso delle indagini non si è mai riscontrata alcuna anomalia. Inoltre dal rilevamento dell'area non sono state rinvenute cavità o

cisterne accessibili nè alcune tracce di esse che interessino in qualche modo l'impronta delle strutture da realizzarsi. Resta necessario, in fase esecutiva delle opere, segnalare allo scrivente ogni difformità rispetto alla stratigrafia tipo descritta in precedenza.

- Per ciò che concerne la prevenzione dal rischio sismico, il territorio Comunale di Santa Maria Capua Vetere dal novembre 2002 (Delibera di G. R. n° 5447/02) è stato riclassificato ad una **II categoria** con grado di sismicità **S = 9**, inoltre la **categoria** di suolo dell'area investigata risulta essere **B** calcolata a partire dal p.c. (D.M. 14/01/18).

- L'area non presenta vincoli di tipo idrologico ed idrogeologico dettati ***dall' dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale in cui si esclude la presenza di alcun rischio idrogeologico*** così come evince dalla mancanza di cartografia del *Piano Stralcio del Rischio Idrogeologico.*

- Per quanto riguarda la verifica della stabilità per il fenomeno di liquefazione dei terreni, il sito in esame non rientra nelle condizioni di "*Esclusione della verifica a liquefazione*" (punto 7.11.3.4.2. delle NTC2018) in quanto a circa 4 m si riviene la falda acquifera e soggetta a sensibili escursioni piezometriche. Da una verifica quantitativa per i terreni incoerenti tra i 3 e 5 m, i terreni sotto falda non sono liquefacibili in quanto FS>1.25. Si rimanda al progettista geotecnico le valutazioni del caso.

Tanto si doveva per l'espletamento dell'incarico conferitomi.

Santa Maria Capua Vetere, 12 Giugno 2024

Il geologo

Dr. Luca Cozzolino



Allegati Cartografici

- ***Inquadramento zona d'interesse su stralcio aerofotogrammetrico (scala 1:5000)***
- ***Planimetria di dettaglio con ubicazione delle indagini (scala 1:2500)***
- ***Stralcio carta geologica***
- ***Stralcio carta isofreatica***
- ***Stralcio carta della stabilita***
- ***Stralcio carta della zonazione sismica***
- ***Sezione geologica-tecnica***

Comune di Santa Maria Capua Vetere

Stralcio Aerofotogrammetrico con area di interesse con ubicazione carotaggi d'interesse

Zona d'interesse

1/5000



Comune di Santa Maria Capua Vetete

Stralcio planimetria generale con ubicazione delle indagini

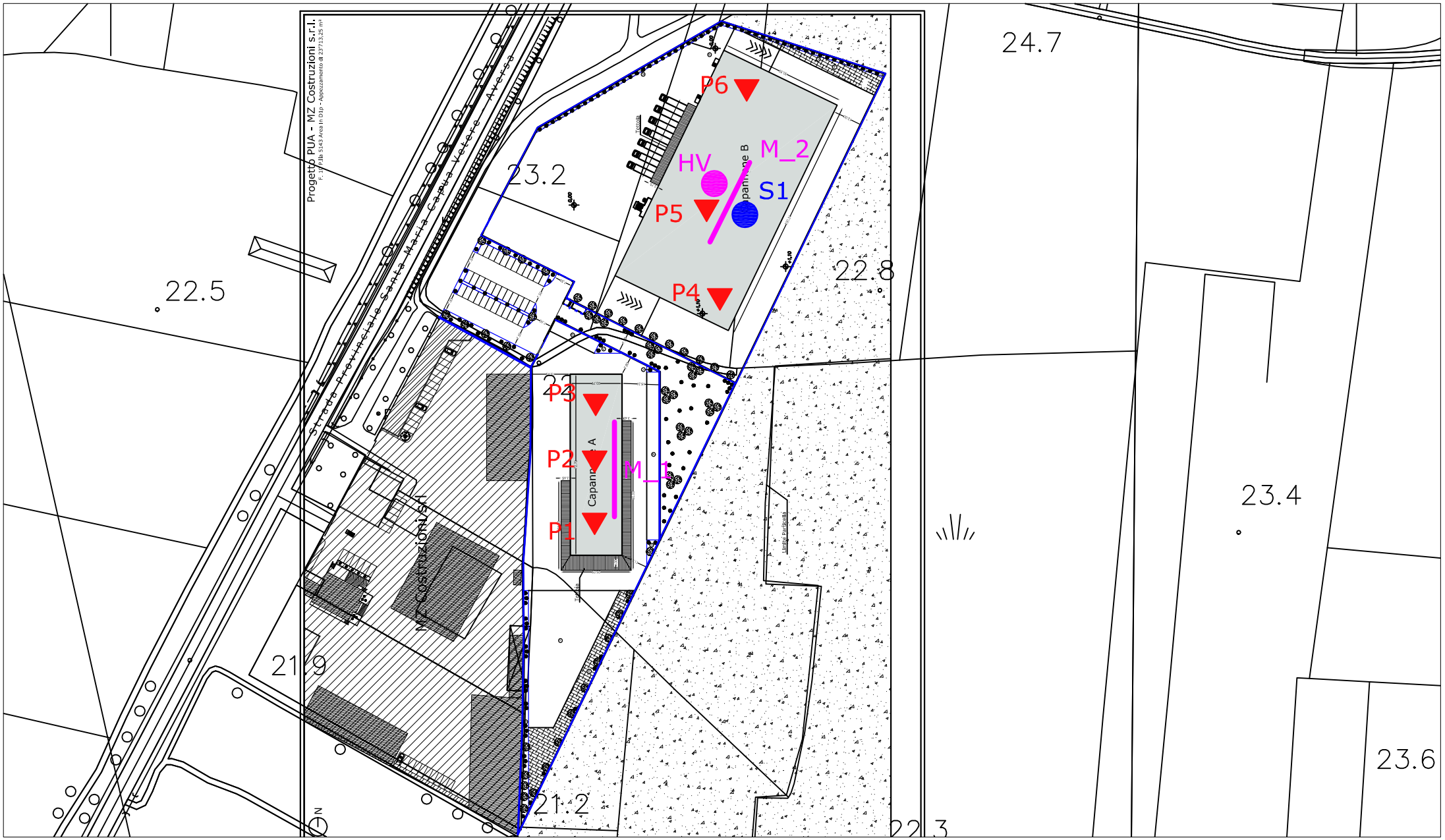
Prova penetrometrica Dpsh

Sondaggio a carotaggio continuo

Indagine sismica Masw

Indagine Sismica HVSR

Scala 1:2000

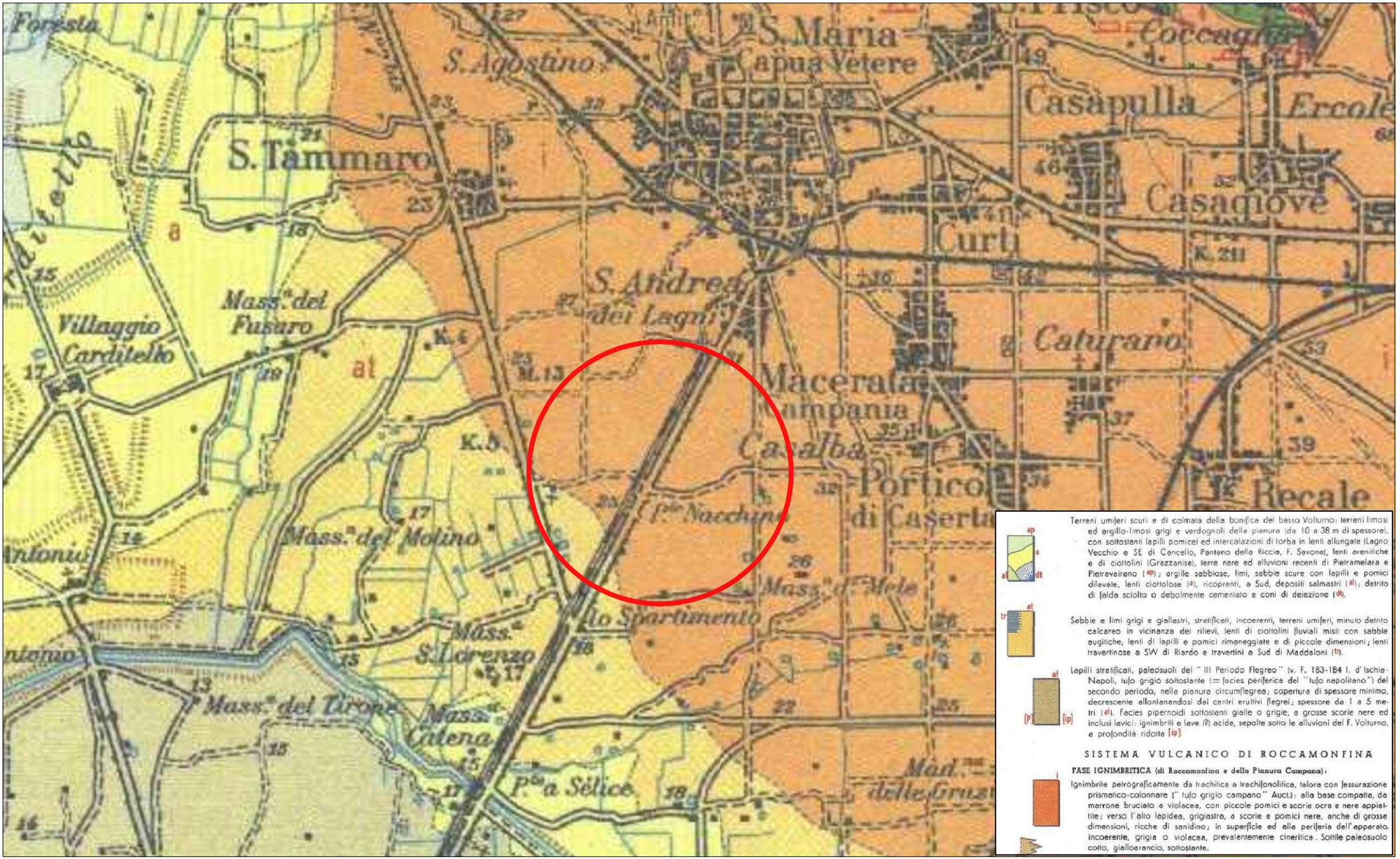


Comune di Santa Maria Capua Vetere

Stralcio Carta Geologica - foglio Caserta n.° 172

Legenda

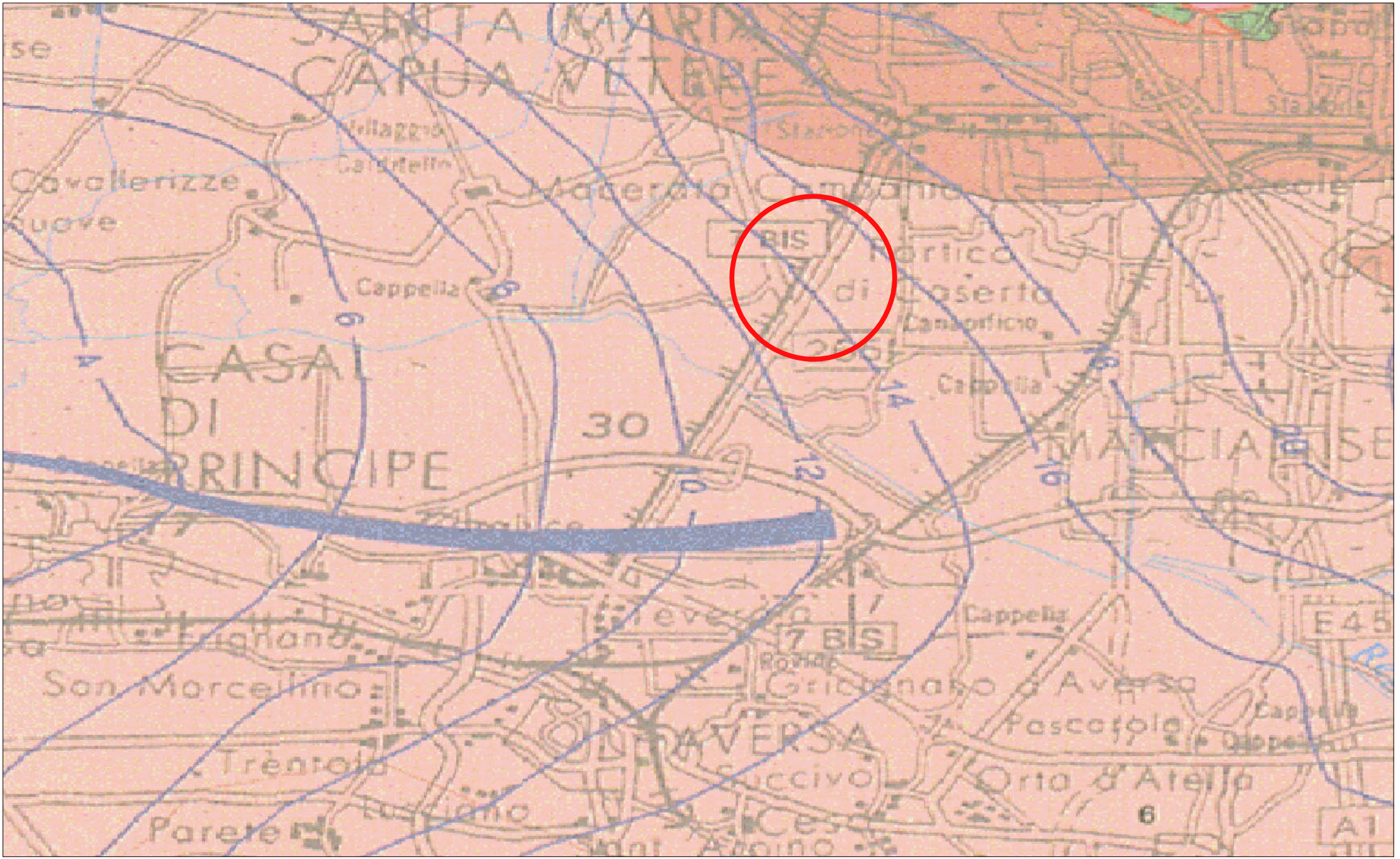
Zona d'interesse



Comune di Santa Maria Capua Vetere

Carta Isofreatica (m.s.l.m) - Stralcio da Carta idrogeologica sud Italia1:250000

Zona d'interesse



Comune di Santa Maria Capua Vetere

Carta della stabilità su stralcio Aerofotogrammetrico

Area Stabile

Scala 1:500



Comune di Santa Maria Capua Vetere

Carta della zonazione sismica su stralcio Aerofotogrammetrico

Categoria si sottosuolo B

Scala 1:500

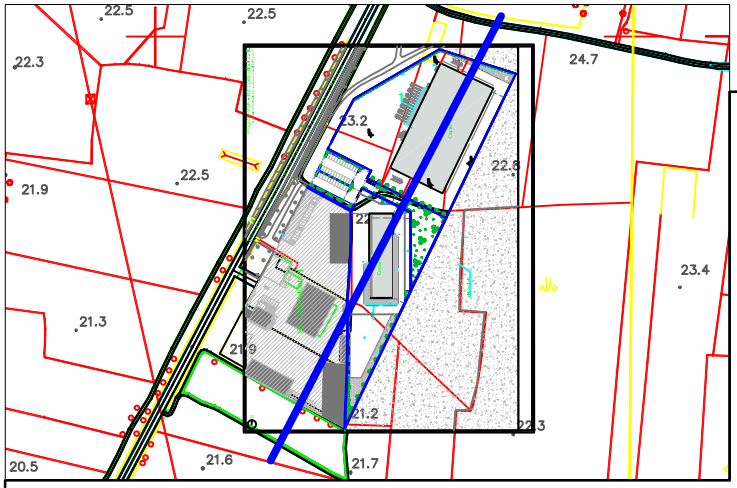


Comune di Santa Maria Capua Vetere

Sezione Geologica -Tecnica

scala 1:350

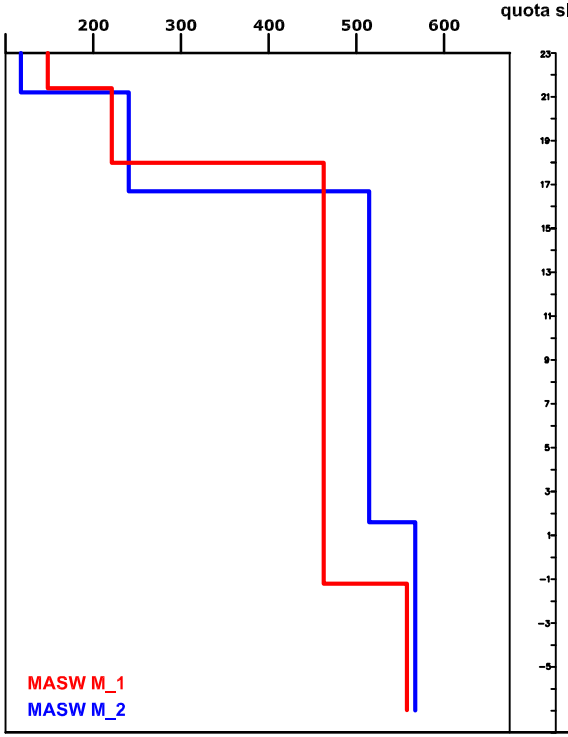
traccia della sezione



Legenda

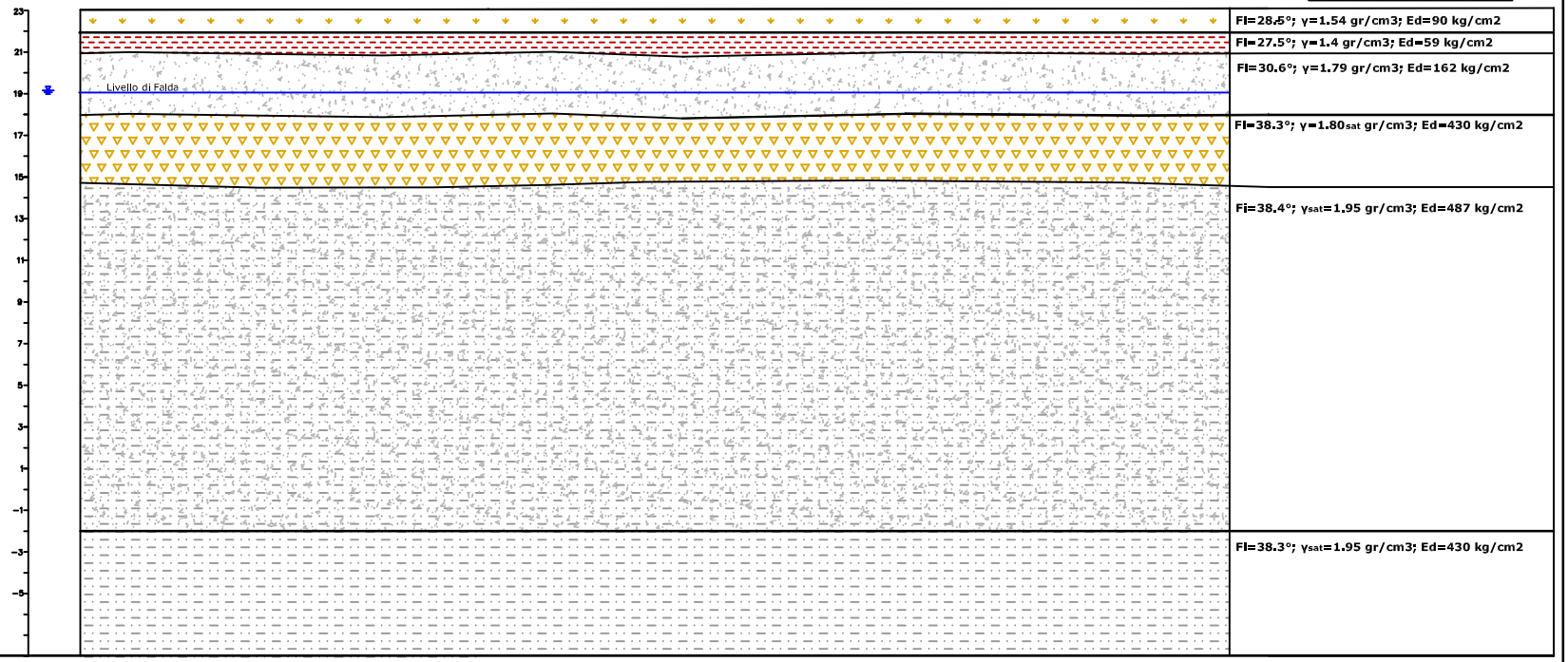
- Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche
- Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre
- Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata
- Tufo giallastro con grosse scorie nere
- Cinerazzo grigio sabbioso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi..
- Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.

Profilo Vs
Categoria di suolo B
Vs,eq 379m/s M_1 e 382 m/s M_2



quota slm

NNE — **SSW**



Parametri Geotecnici

Fi=28.5°; γ=1.54 gr/cm3; Ed=90 kg/cm2
Fi=27.5°; γ=1.4 gr/cm3; Ed=59 kg/cm2
Fi=30.6°; γ=1.79 gr/cm3; Ed=162 kg/cm2
Fi=38.3°; γ_{sat}=1.80 gr/cm3; Ed=430 kg/cm2
Fi=38.4°; γ_{sat}=1.95 gr/cm3; Ed=487 kg/cm2
Fi=38.3°; γ_{sat}=1.95 gr/cm3; Ed=430 kg/cm2

Allegati modellazione geologico-tecnico

- ***Stratigrafia Carotaggio S1***
- ***Certificati prove penetrometriche Dpsh***
- ***Interpretazione stratigrafica delle prove penetrometriche***
- ***Tabella parametri geotecnici per strato del modello medio***

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Sondaggio: S1
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS 7 bis	Data: 02/05/2024
Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma	Quota: 16,0 m s.l.m.
Oggetto: Realizzazione di un insediamento produttivo	

SCALA 1 :150

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
		1,2	1,2	Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche
		1,9	0,7	Piroclastite alterata, marrone rossastra. Limo sabbioso con pomici biancastre
		2,8	0,9	Cinerite limosa, grigia
		6,6	3,8	Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata
		8,4	1,8	Tufo giallastro con grosse scorie nere
		24,8	16,4	Cinerazzo grigio sabbioso-limoso con scorie centimetriche. A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi
		25,6	0,8	Livello tufaceo da giallo a grigio, presenza di inclusi lavici e scoriacei
		30,0	4,4	Cinerite sabbiosa limosa rimaneggiata, policroma

metri	A r	A s	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pz
			4,5	13-16-16	32	
			10,0	24-49-38	87	
			13,0	16-23-33	56	
			16,0	17-28-34	62	
			21,0	12-19-40	59	
			25,0	20-50/5cm	Rif	

Il Responsabile di sito
Dott.Geol. Davide Villano

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

PROVA PENETROMETRICA

Committente:	**M.Z. Costruzioni S.r.l.**
Opera:	**Realizzazione di un insediamenti produttivo**
Cantiere:	**S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis**

Modello Penetrometro:	**Penetrometro Pagani TG63-200**
Normativa:	**1**
Peso massa battente (kg):	**63,500**
Peso accessori (kg):	**30,000**
Peso di ogni asta (kg):	**6,400**
Lunghezza aste (cm):	**100**
Area della punta (cm^2):	**20,00**
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 Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

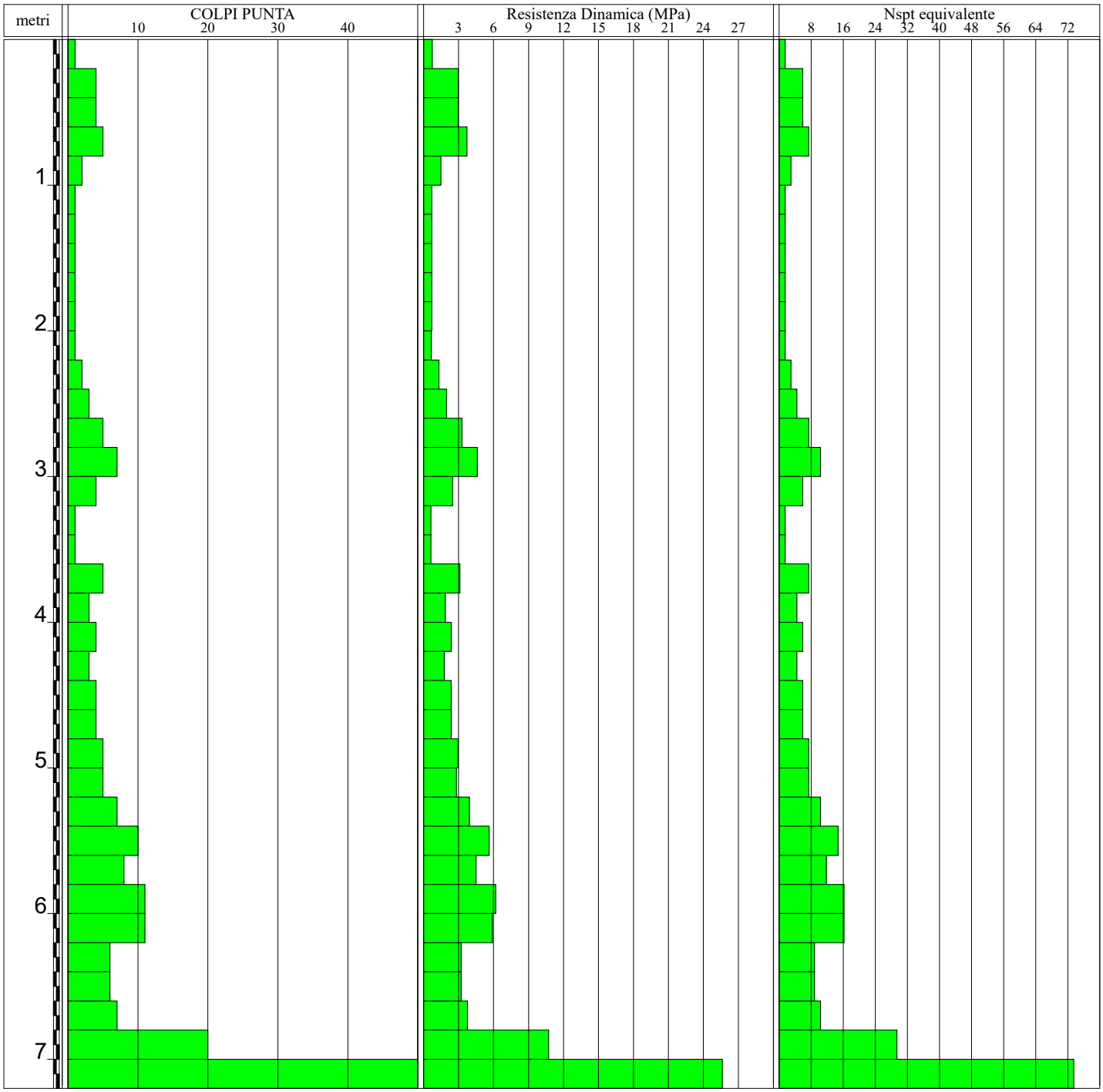
SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P1
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -5,00 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

SCALA 1 :40

PROVA PENETROMETRICA



Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P1
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -5,00 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

PROVA PENETROMETRICA

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa
1	0,20	1	1	742,2
2	0,40	4	6	2968,7
3	0,60	4	6	2968,7
4	0,80	5	7	3710,9
5	1,00	2	3	1484,3
6	1,20	1	1	697,5
7	1,40	1	1	697,5
8	1,60	1	1	697,5
9	1,80	1	1	697,5
10	2,00	1	1	697,5
11	2,20	1	1	657,9
12	2,40	2	3	1315,8
13	2,60	3	4	1973,6
14	2,80	5	7	3289,4
15	3,00	7	10	4605,1
16	3,20	4	6	2490,1
17	3,40	1	1	622,5
18	3,60	1	1	622,5
19	3,80	5	7	3112,6
20	4,00	3	4	1867,6
21	4,20	4	6	2363,1
22	4,40	3	4	1772,3
23	4,60	4	6	2363,1
24	4,80	4	6	2363,1
25	5,00	5	7	2953,9
26	5,20	5	7	2810,6
27	5,40	7	10	3934,8
28	5,60	10	15	5621,1
29	5,80	8	12	4496,9
30	6,00	11	16	6183,3
31	6,20	11	16	5897,1
32	6,40	6	9	3216,6
33	6,60	6	9	3216,6
34	6,80	7	10	3752,7
35	7,00	20	29	10722,0
36	7,20	50	74	25619,5

Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

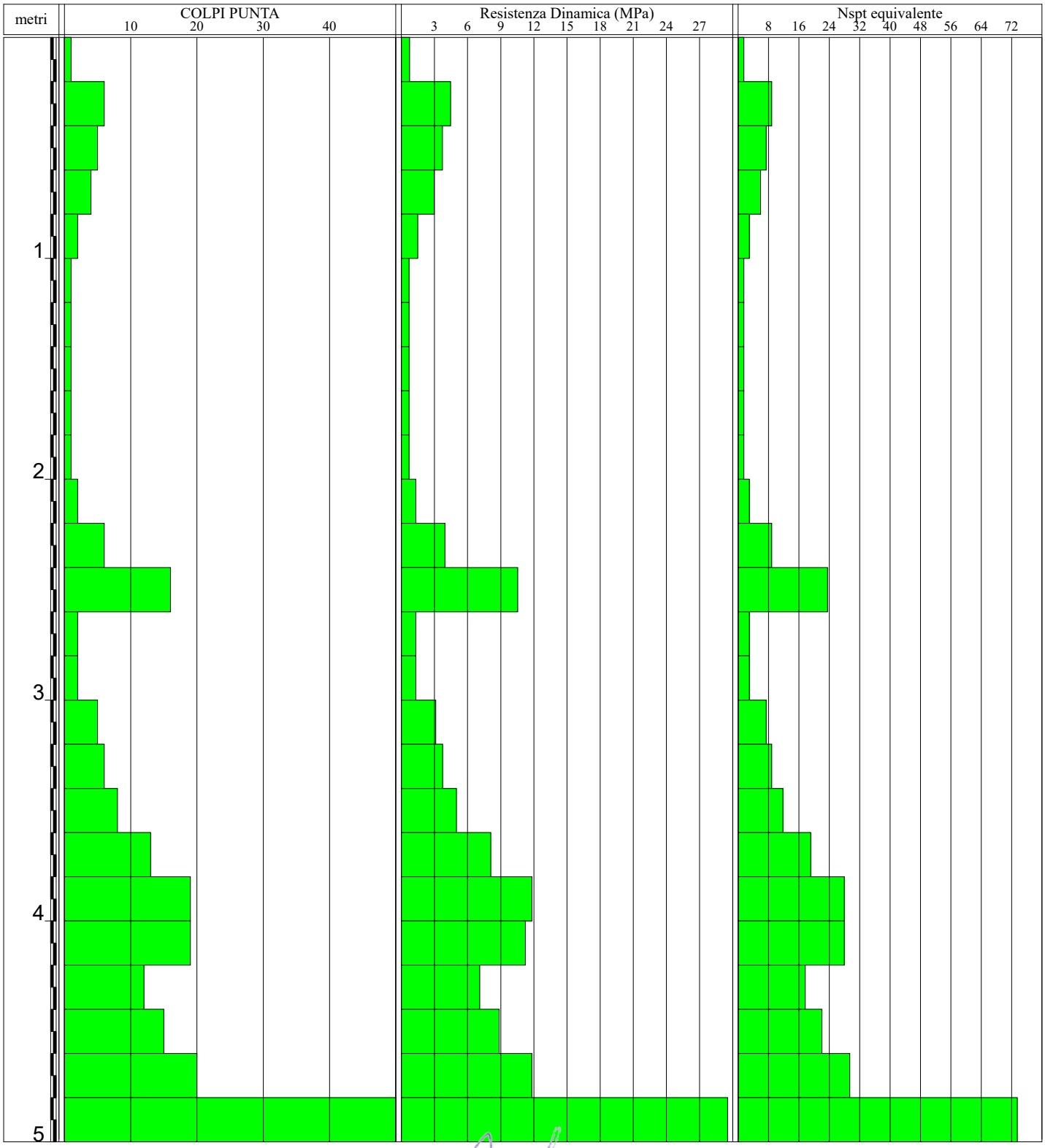
SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P2
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

SCALA 1 :25

PROVA PENETROMETRICA



Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P2
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

PROVA PENETROMETRICA

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa
1	0,20	1	1	742,2
2	0,40	6	9	4453,0
3	0,60	5	7	3710,9
4	0,80	4	6	2968,7
5	1,00	2	3	1484,3
6	1,20	1	1	697,5
7	1,40	1	1	697,5
8	1,60	1	1	697,5
9	1,80	1	1	697,5
10	2,00	1	1	697,5
11	2,20	2	3	1315,8
12	2,40	6	9	3947,3
13	2,60	16	24	10526,1
14	2,80	2	3	1315,8
15	3,00	2	3	1315,8
16	3,20	5	7	3112,6
17	3,40	6	9	3735,2
18	3,60	8	12	4980,2
19	3,80	13	19	8092,8
20	4,00	19	28	11828,0
21	4,20	19	28	11224,8
22	4,40	12	18	7089,4
23	4,60	15	22	8861,7
24	4,80	20	29	11815,6
25	5,00	50	74	29539,0

Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

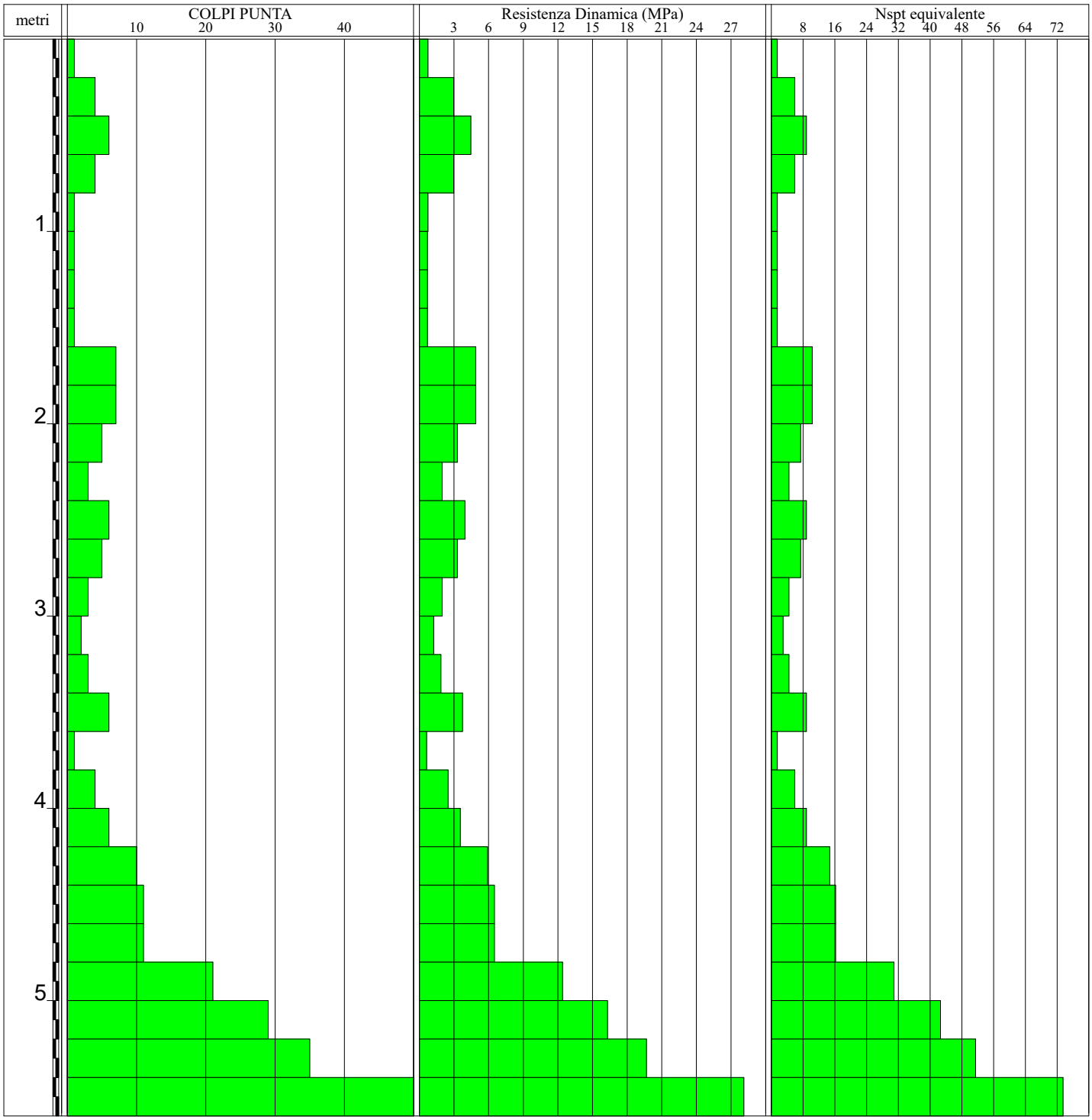
SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P3
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

SCALA 1 :30

PROVA PENETROMETRICA



Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P3
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

PROVA PENETROMETRICA

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa
1	0,20	1	1	742,2
2	0,40	4	6	2968,7
3	0,60	6	9	4453,0
4	0,80	4	6	2968,7
5	1,00	1	1	742,2
6	1,20	1	1	697,5
7	1,40	1	1	697,5
8	1,60	1	1	697,5
9	1,80	7	10	4882,4
10	2,00	7	10	4882,4
11	2,20	5	7	3289,4
12	2,40	3	4	1973,6
13	2,60	6	9	3947,3
14	2,80	5	7	3289,4
15	3,00	3	4	1973,6
16	3,20	2	3	1245,1
17	3,40	3	4	1867,6
18	3,60	6	9	3735,2
19	3,80	1	1	622,5
20	4,00	4	6	2490,1
21	4,20	6	9	3544,7
22	4,40	10	15	5907,8
23	4,60	11	16	6498,6
24	4,80	11	16	6498,6
25	5,00	21	31	12406,4
26	5,20	29	43	16301,3
27	5,40	35	51	19674,0
28	5,60	50	74	28105,7

Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

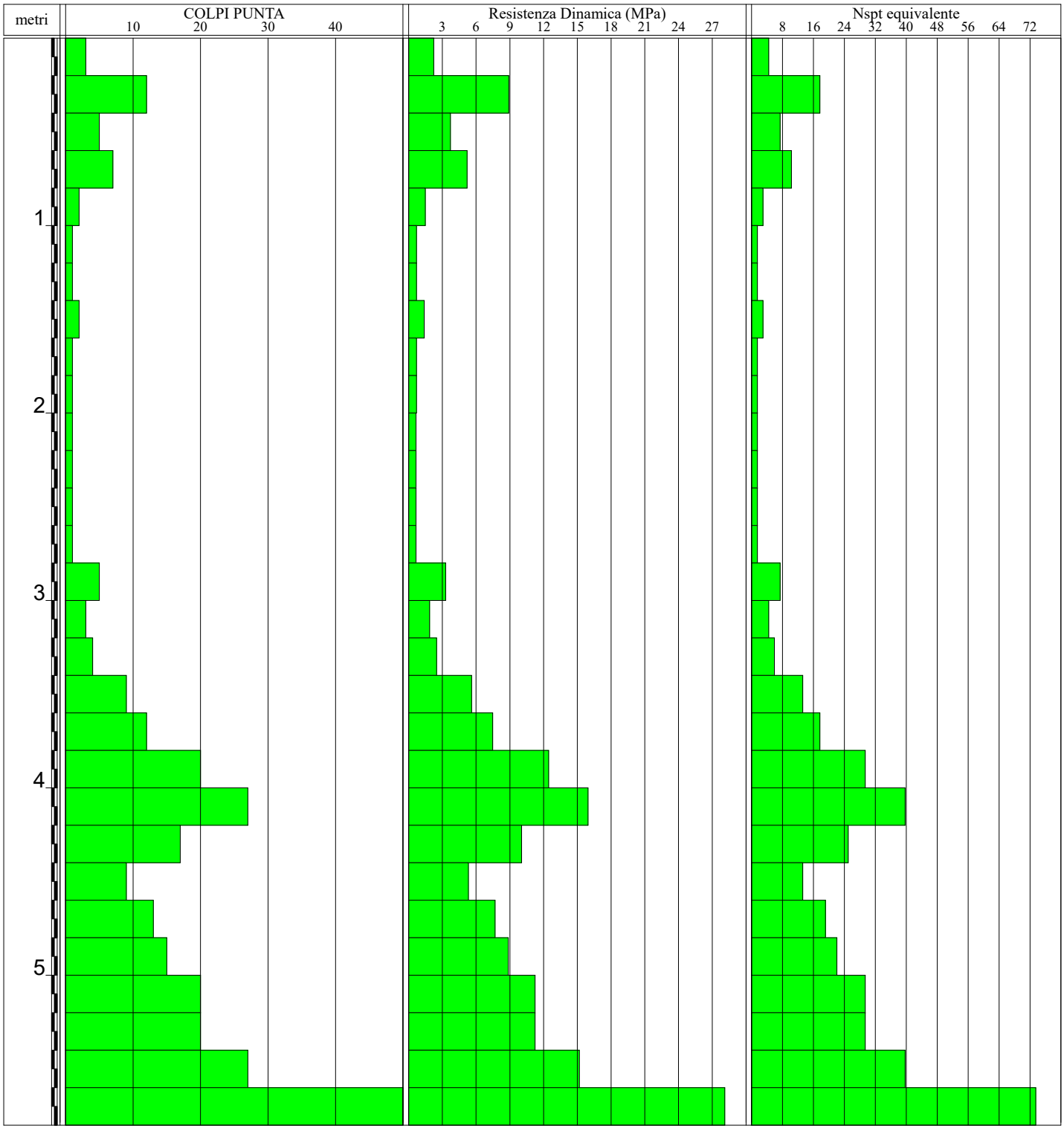
SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P4
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

SCALA 1 :30

PROVA PENETROMETRICA



Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P4
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

PROVA PENETROMETRICA

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa
1	0,20	3	4	2226,5
2	0,40	12	18	8906,1
3	0,60	5	7	3710,9
4	0,80	7	10	5195,2
5	1,00	2	3	1484,3
6	1,20	1	1	697,5
7	1,40	1	1	697,5
8	1,60	2	3	1395,0
9	1,80	1	1	697,5
10	2,00	1	1	697,5
11	2,20	1	1	657,9
12	2,40	1	1	657,9
13	2,60	1	1	657,9
14	2,80	1	1	657,9
15	3,00	5	7	3289,4
16	3,20	3	4	1867,6
17	3,40	4	6	2490,1
18	3,60	9	13	5602,7
19	3,80	12	18	7470,3
20	4,00	20	29	12450,5
21	4,20	27	40	15951,1
22	4,40	17	25	10043,3
23	4,60	9	13	5317,0
24	4,80	13	19	7680,1
25	5,00	15	22	8861,7
26	5,20	20	29	11242,3
27	5,40	20	29	11242,3
28	5,60	27	40	15177,1
29	5,80	50	74	28105,7

Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

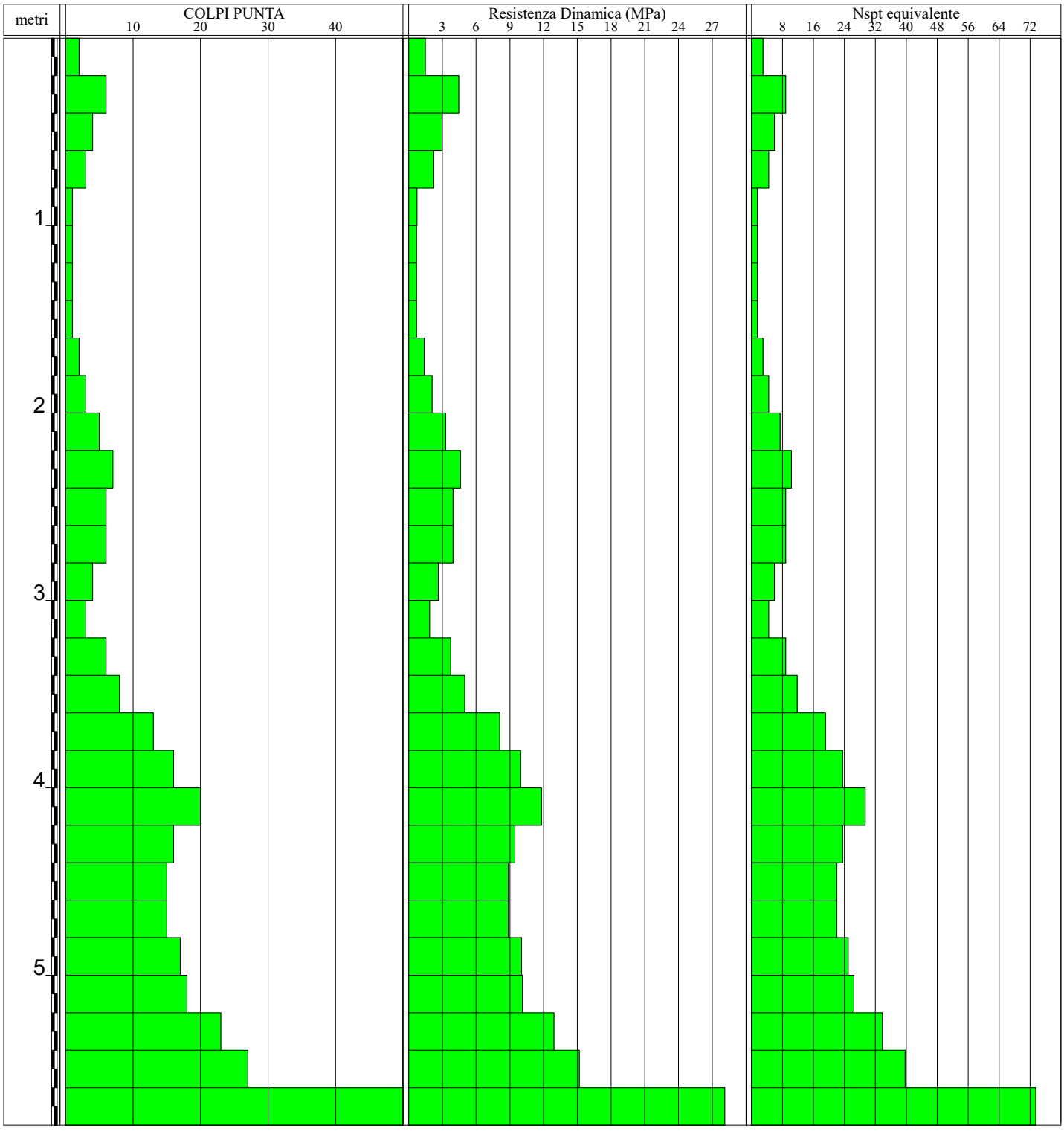
SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P5
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

SCALA 1 :30

PROVA PENETROMETRICA



Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P5
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

PROVA PENETROMETRICA

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa
1	0,20	2	3	1484,3
2	0,40	6	9	4453,0
3	0,60	4	6	2968,7
4	0,80	3	4	2226,5
5	1,00	1	1	742,2
6	1,20	1	1	697,5
7	1,40	1	1	697,5
8	1,60	1	1	697,5
9	1,80	2	3	1395,0
10	2,00	3	4	2092,5
11	2,20	5	7	3289,4
12	2,40	7	10	4605,1
13	2,60	6	9	3947,3
14	2,80	6	9	3947,3
15	3,00	4	6	2631,5
16	3,20	3	4	1867,6
17	3,40	6	9	3735,2
18	3,60	8	12	4980,2
19	3,80	13	19	8092,8
20	4,00	16	24	9960,4
21	4,20	20	29	11815,6
22	4,40	16	24	9452,5
23	4,60	15	22	8861,7
24	4,80	15	22	8861,7
25	5,00	17	25	10043,3
26	5,20	18	26	10118,1
27	5,40	23	34	12928,6
28	5,60	27	40	15177,1
29	5,80	50	74	28105,7

Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

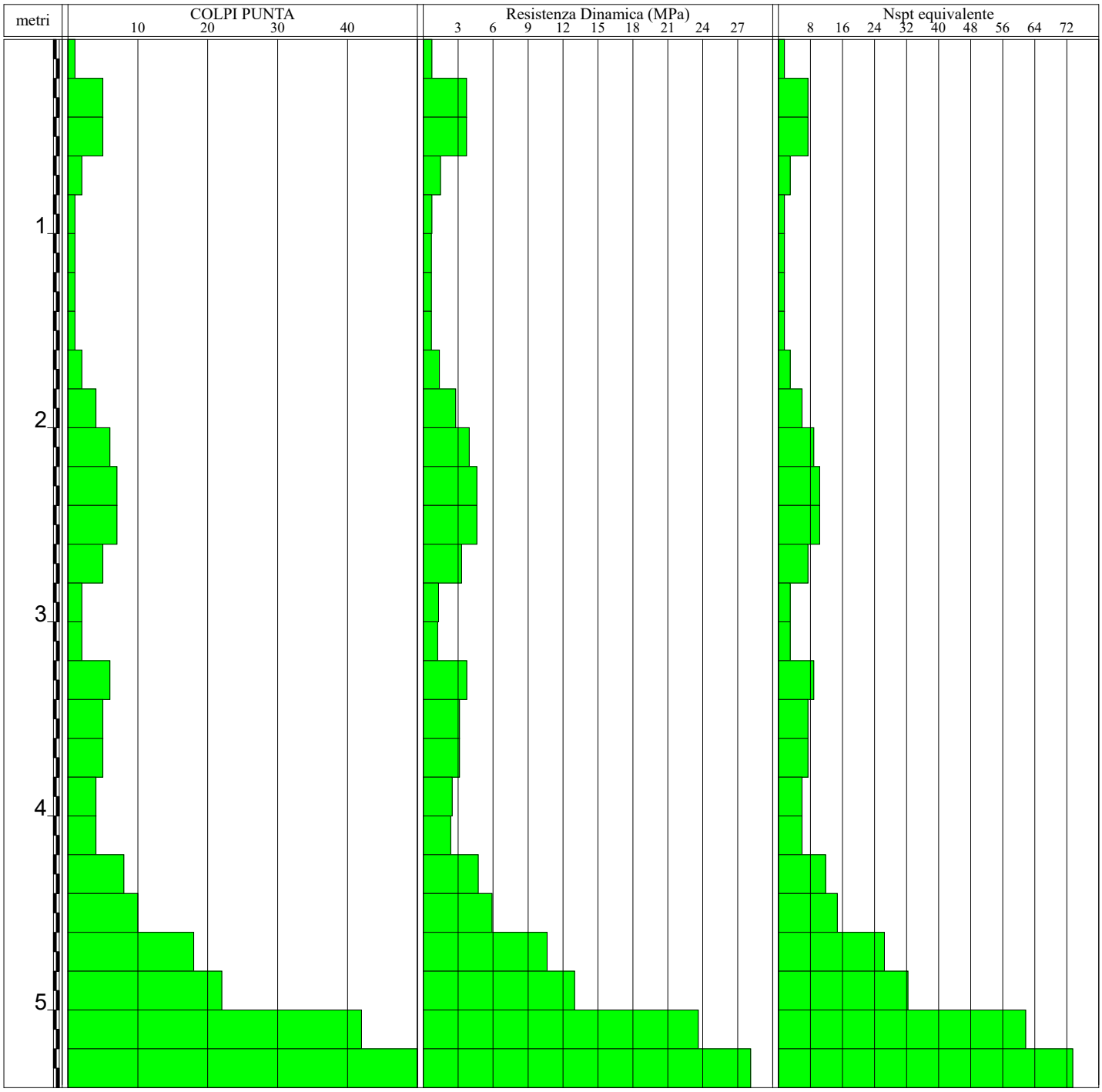
SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P6
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

SCALA 1 :30

PROVA PENETROMETRICA



Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

SOTTOSUOLO
GEOGNOSTICA E OPERE SPECIALI
SOTTOSUOLO S.r.l.
Viale Europa, 65 centro La Meridiana - 81054 San Prisco (CE)

Attestazione di Qualità rilasciata da
Perry Johnson
ISO 9001:2015
Settore IAF 28

Committente: M.Z. Costruzioni S.r.l.	Prova n°: P6
Opera: Realizzazione di un insediamenti produttivo	Data prova: 02/05/2024
Cantiere: S. Maria C.V. (CE) - Via Napoli SS7 bis	Falda: -4,50 m dal p.c.
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	Richiedente: Studio Tecnico Associato Geosisma

PROVA PENETROMETRICA

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa
1	0,20	1	1	742,2
2	0,40	5	7	3710,9
3	0,60	5	7	3710,9
4	0,80	2	3	1484,3
5	1,00	1	1	742,2
6	1,20	1	1	697,5
7	1,40	1	1	697,5
8	1,60	1	1	697,5
9	1,80	2	3	1395,0
10	2,00	4	6	2789,9
11	2,20	6	9	3947,3
12	2,40	7	10	4605,1
13	2,60	7	10	4605,1
14	2,80	5	7	3289,4
15	3,00	2	3	1315,8
16	3,20	2	3	1245,1
17	3,40	6	9	3735,2
18	3,60	5	7	3112,6
19	3,80	5	7	3112,6
20	4,00	4	6	2490,1
21	4,20	4	6	2363,1
22	4,40	8	12	4726,2
23	4,60	10	15	5907,8
24	4,80	18	26	10634,0
25	5,00	22	32	12997,2
26	5,20	42	62	23608,8
27	5,40	50	74	28105,7

Il Responsabile di sito
Colacicco Giovanni

SOTTOSUOLO s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Antonio Gravina

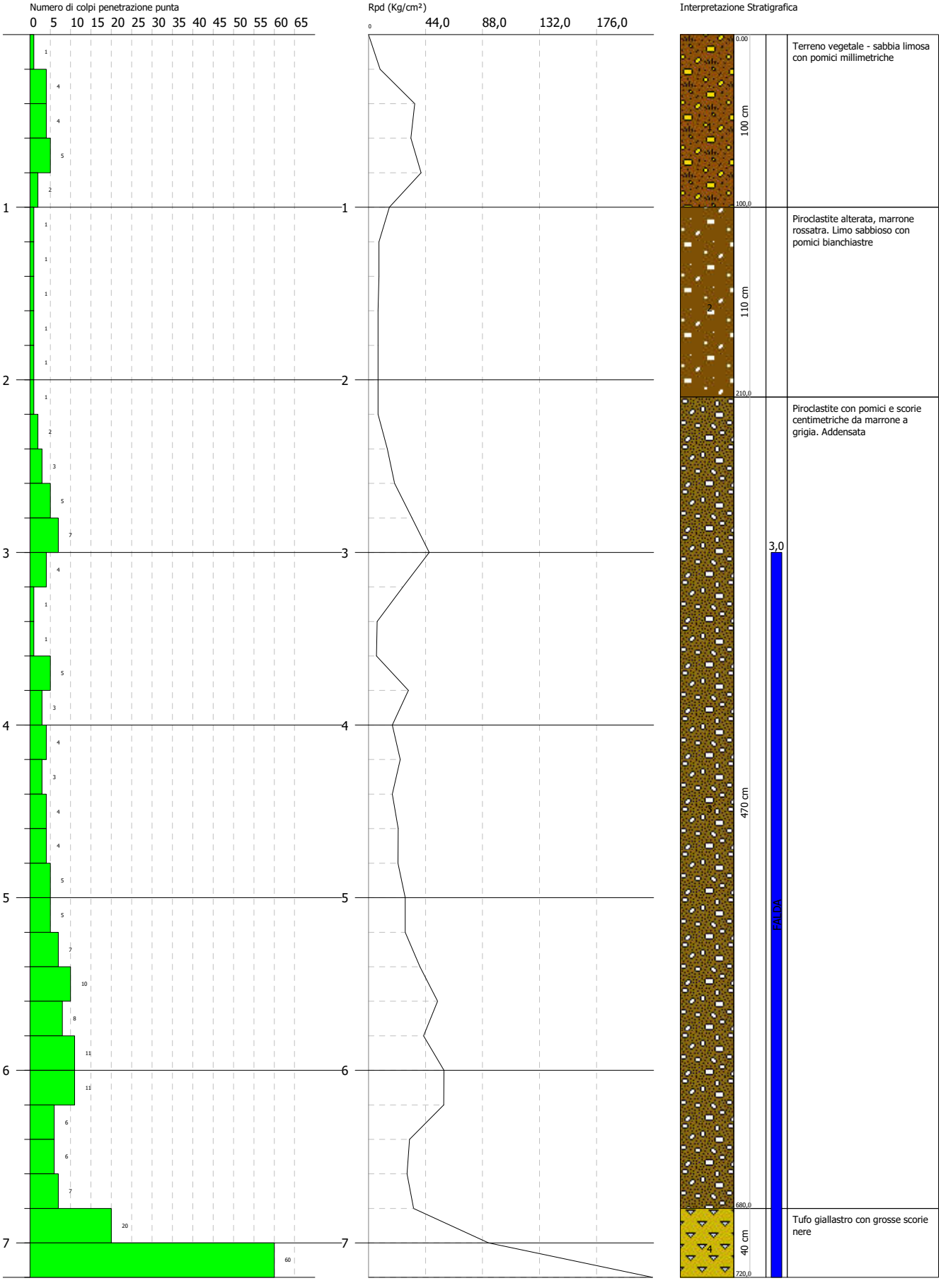
Il Direttore Tecnico
Dott.Geol. Antonio Gravina

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Mz Costruzioni Srl
Cantiere: PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis
Località: Santa Maria Capua Vetere (CE)

Data: 02/05/2024

Scala 1:31



SIGNATURE 1

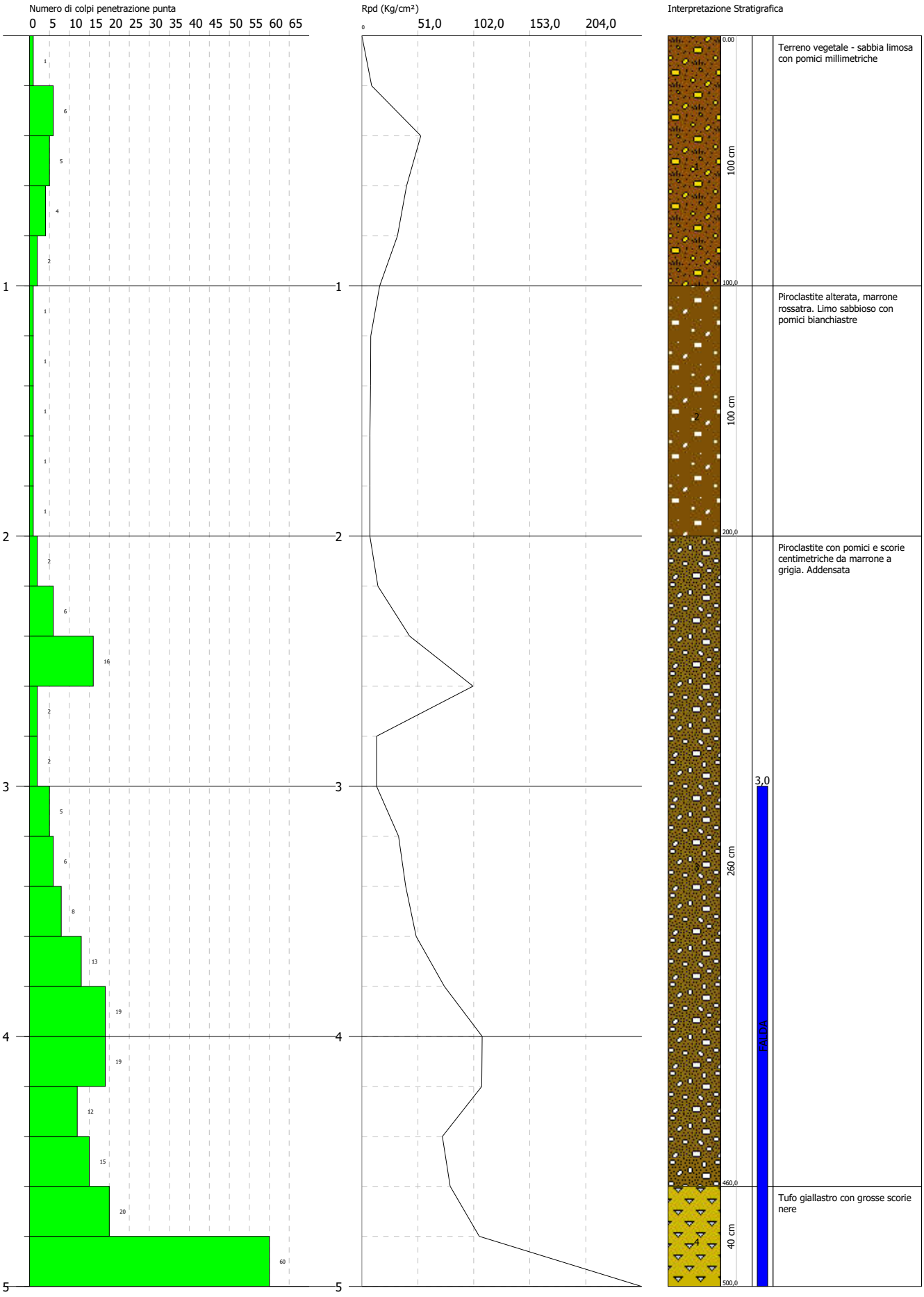
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Mz Costruzioni Srl
Cantiere: PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis
Località: Santa Maria Capua Vetere (CE)

Data: 02/05/2024

Scala 1:21



SIGNATURE 1

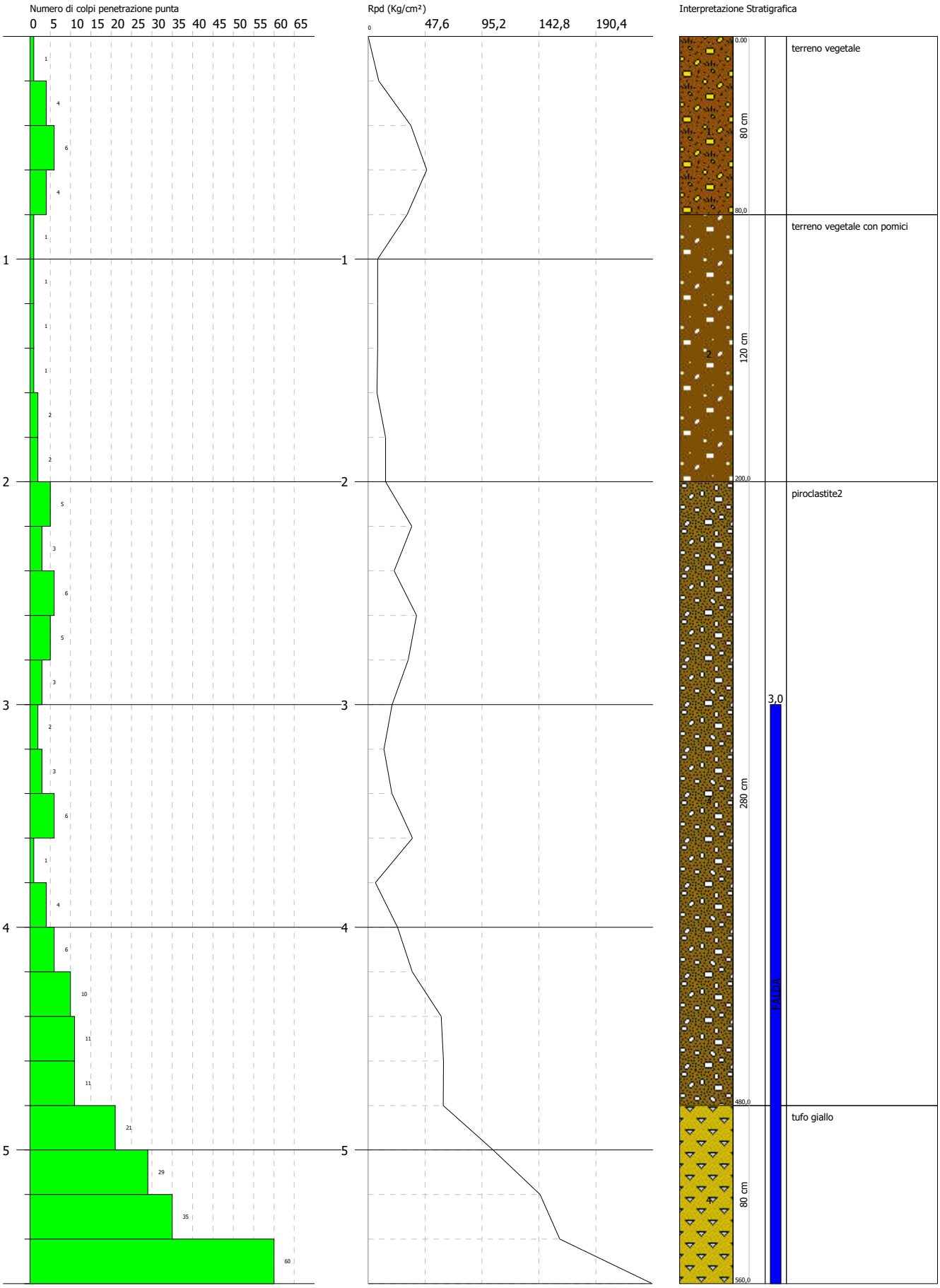
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Mz Costruzioni Srl
Cantiere: PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis
Località: Santa Maria Capua Vetete (CE)

Data: 02/05/2024

Scala 1:24



SIGNATURE 1

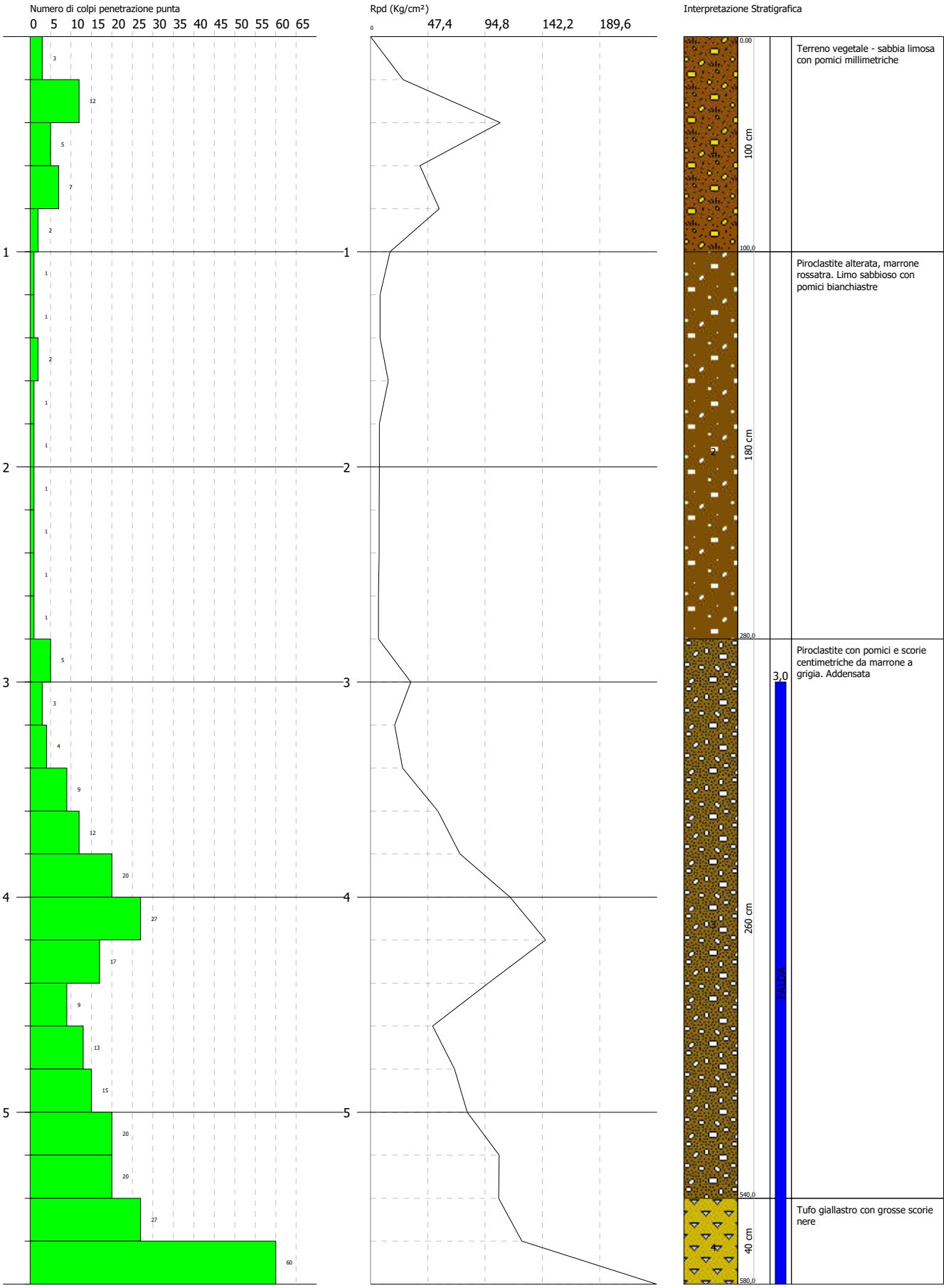
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Mz Costruzioni Srl
Cantiere: PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis
Località: Santa Maria Capua Vetete (CE)

Data: 02/05/2024

Scala 1:25



SIGNATURE 1

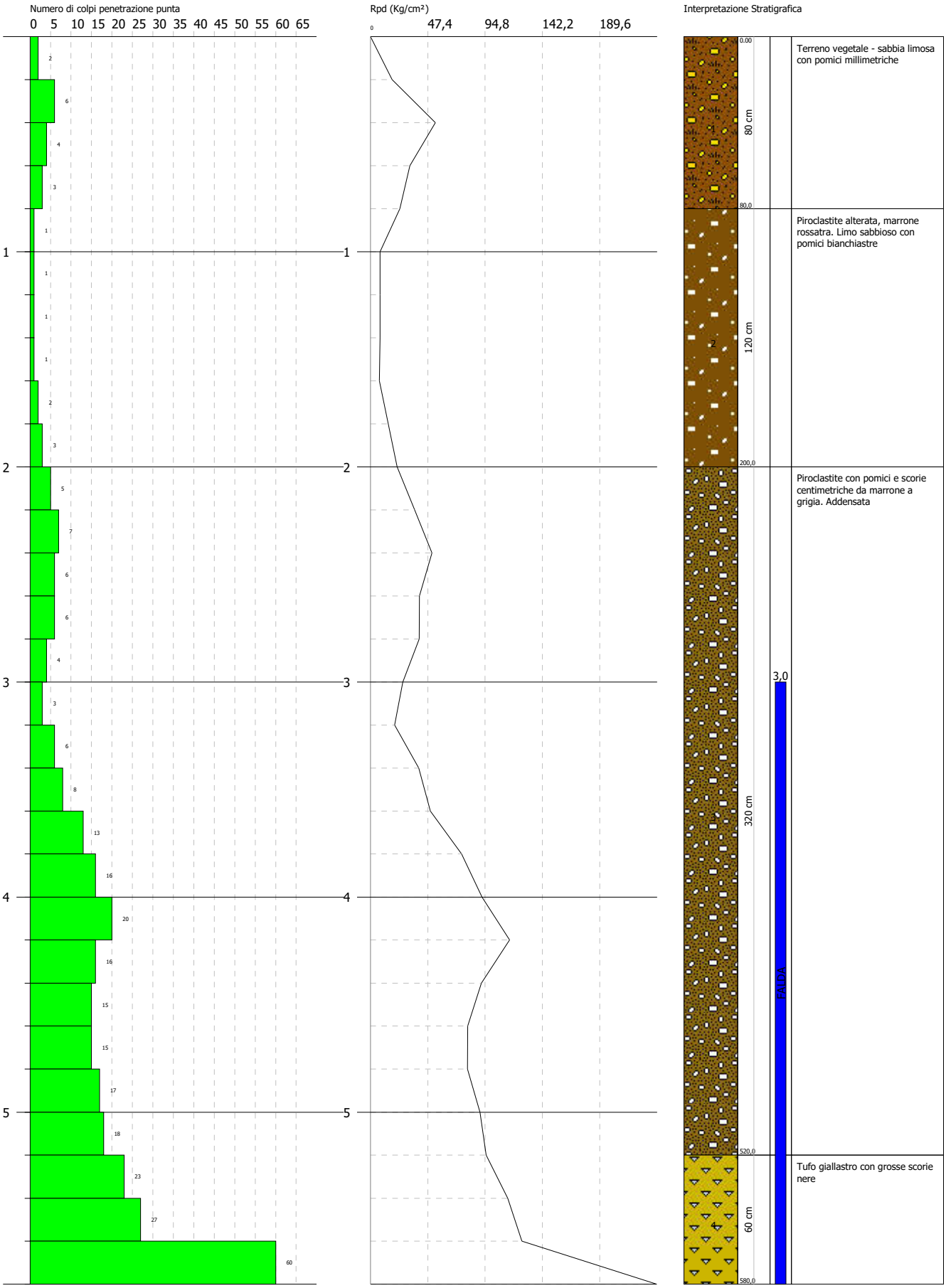
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P5
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Mz Costruzioni Srl
Cantiere: PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis
Località: Santa Maria Capua Vetete (CE)

Data: 02/05/2024

Scala 1:25



SIGNATURE 1

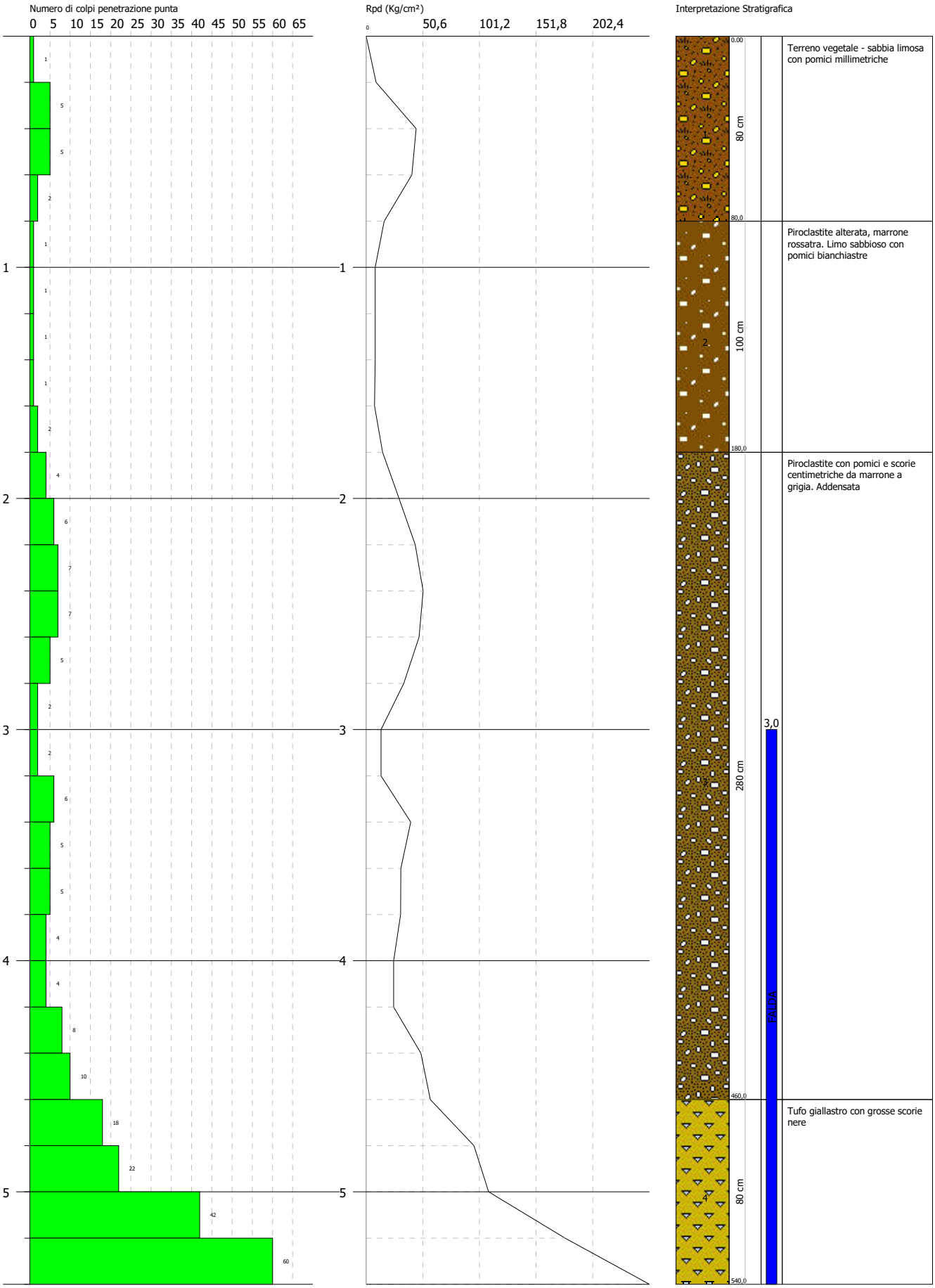
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P6
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Mz Costruzioni Srl
Cantiere: PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis
Località: Santa Maria Capua Vetete (CE)

Data: 02/05/2024

Scala 1:23



SIGNATURE 1

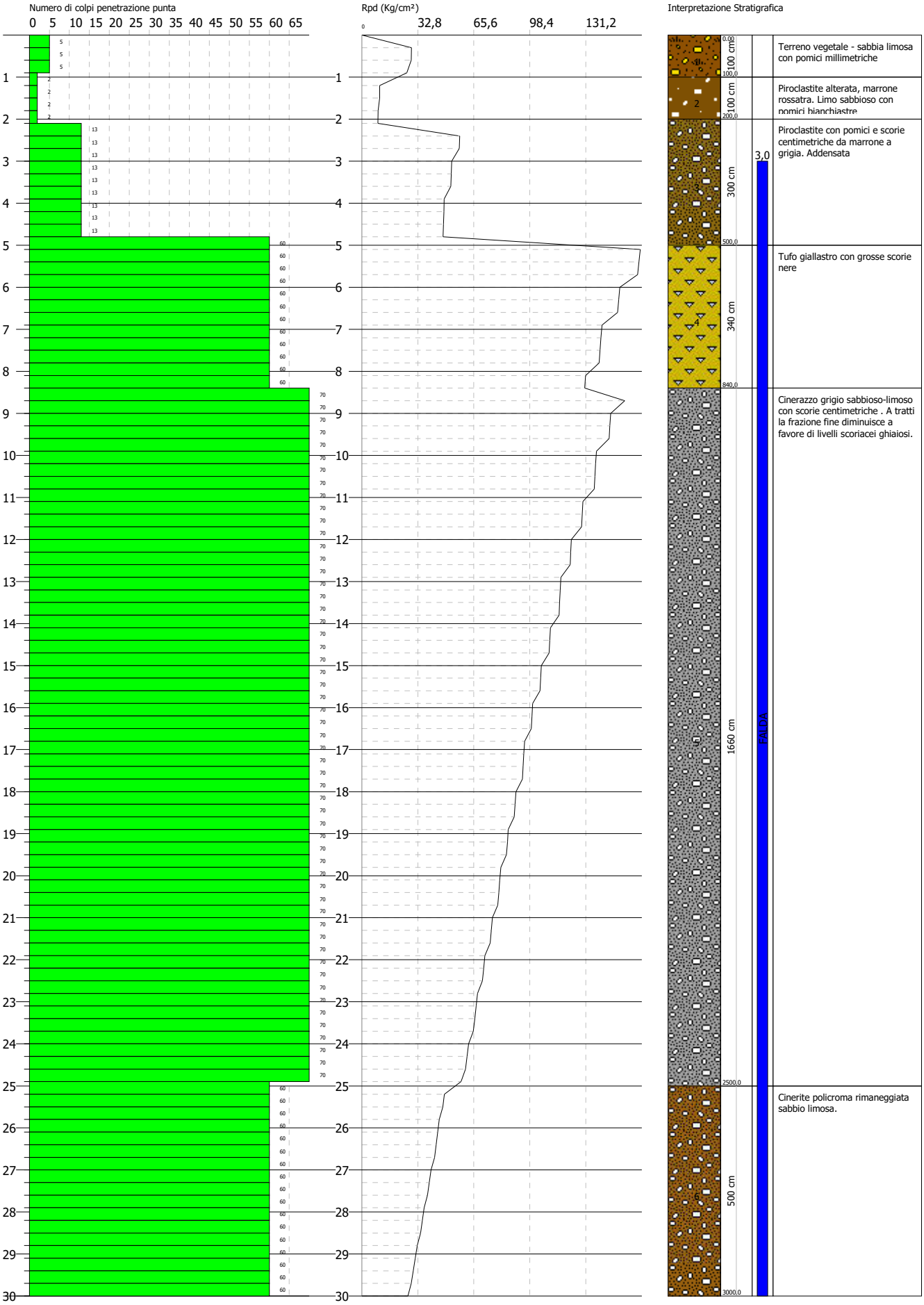
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Prova media
Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO

Committente: Mz Costruzioni Srl
Cantiere: PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis
Località: Santa Maria Capua Vetete (CE)

Data: 02/05/2024

Scala 1:125



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Prova media

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Skempton (1986)	71,89
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Skempton (1986)	32,88
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Skempton (1986)	58,89
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Skempton (1986)	81,55
[5] - Cinerazzo grigio sabboiso-limoso con scorie centimetriche. A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Skempton (1986)	52,04
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Skempton (1986)	35,42

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Japanese National Railway	28,5
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Japanese National Railway	27,6
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Japanese National Railway	30,57
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Japanese National Railway	38,25
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-	71	25,00	43	Japanese National Railway	38,4

limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.					
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Japanese National Railway	38,25

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Schmertmann (1978) Sabbie	40,0
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Schmertmann (1978) Sabbie	16,0
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Schmertmann (1978) Sabbie	95,2
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Schmertmann (1978) Sabbie	302,1
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Schmertmann (1978) Sabbie	344,0
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Schmertmann (1978) Sabbie	302,1

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Menzenbach e Malcev	90,3
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Menzenbach e Malcev	58,92
[3] - Piroclastite con pomici e scorie	11,9	5,00	11,9	Menzenbach e Malcev	162,47

centimetriche da marrone a grigia. Addensata					
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Menzenbach e Malcev	430,25
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Menzenbach e Malcev	487,78
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Menzenbach e Malcev	430,25

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Meyerhof ed altri	1,54
[2] - Piroclastite	2	2,00	2	Meyerhof ed altri	1,40

alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre					
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Meyerhof ed altri	1,79
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Meyerhof ed altri	1.80
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Meyerhof ed altri	1.95
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Meyerhof ed altri	1.9

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.80
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	(A.G.I.)	0,34
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	(A.G.I.)	0,35
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	(A.G.I.)	0,33
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	(A.G.I.)	0,28
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	(A.G.I.)	0,27
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Ohsaki & Iwasaki	295,08
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Ohsaki & Iwasaki	124,7
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Ohsaki & Iwasaki	666,7
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Ohsaki & Iwasaki	1961,11
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli	71	25,00	43	Ohsaki & Iwasaki	2230,35

scoriacei ghiaiosi.					
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Ohsaki & Iwasaki	1961,11

Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Seed e Idriss (1971)	1,961
[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Seed e Idriss (1971)	>10
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Seed e Idriss (1971)	4,652
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Seed e Idriss (1971)	1,732

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale - sabbia limosa con pomici millimetriche	5	1,00	5	Robertson (1983)	15,0
[2] - Piroclastite alterata, marrone rossatra. Limo sabbioso con pomici bianchiastre	2	2,00	2	Robertson (1983)	6,0
[3] - Piroclastite con pomici e scorie centimetriche da marrone a grigia. Addensata	11,9	5,00	11,9	Robertson (1983)	35,7

[4] - Tufo giallastro con grosse scorie nere	60	8,40	37,5	Robertson (1983)	112,5
[5] - Cinerazzo grigio sabbuiso-limoso con scorie centimetriche . A tratti la frazione fine diminuisce a favore di livelli scoriacei ghiaiosi.	71	25,00	43	Robertson (1983)	129,0
[6] - Cinerite policroma rimaneggiata sabbio limosa.	60	30,00	37,5	Robertson (1983)	112,5

Indice

1.Densità relativa 1
2.Angolo di resistenza al taglio 1
3.Modulo di Young 2
4.Modulo Edometrico 2
5.Classificazione AGI 3
6.Peso unità di volume 3
7.Peso unità di volume saturo 4
8.Modulo di Poisson 5
9.Modulo di deformazione a taglio dinamico 5
10.Velocità onde di taglio 6
11.Liquefazione 6
12.Modulo di reazione Ko 7
13.Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico) 8
Indice 9

Parametri sismici

- ***Relazione indagini sismche***
- ***Parametri spettri di risposta (Geostru parametri sismici)***

Studio Tecnico Associato GeoSisma
di Luca Cozzolino e Davide Villano
✉ Via delle Rose, 6 - 81055 Santa Maria Capua Vetere (Ce)

DR. LUCA COZZOLINO	STUDIO ASSOCIATO GEOSISMA

COMUNE DI :	**Santa Maria Capua Vetere (ce)**
COMMITTENTE :	**Mz Costruzioni Srl**
PROGETTO :	**PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis**

COLLABORATORI	CONTENUTO:	LOCALITA'
Davide Villano	Indagini sismiche	

D a t a	Il tecnico
4/06/2024	Dr. Geol. Luca Cozzolino ORDINE DEI GEOLOGI della Regione Campania DR. GEOL. Luca COZZOLINO A.P. SEZ. A N. 2493

Tel. / fax: ☎ 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 8987630 - Davide Villano: 320 2912065
e-mail: studiogeosisma@libero.it

Studio Tecnico Associato GeoSisma
di Luca Cozzolino e Davide Villano
✉ Via delle Rose, 6 - 81055 Santa Maria Capua Vetere (Ce)

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla MZ Costruzione SRL, nel mese di maggio 2024, è stata eseguita una campagna d'indagine sismica di tipo superficiale per il "***PUA ai sensi della L.R. 16/04 c.2, lett. c per la realizzazione di un insediamento produttivo alla via Napoli - SS 7 bis"*** del comune di Santa Maria Capua Vetere (CE).

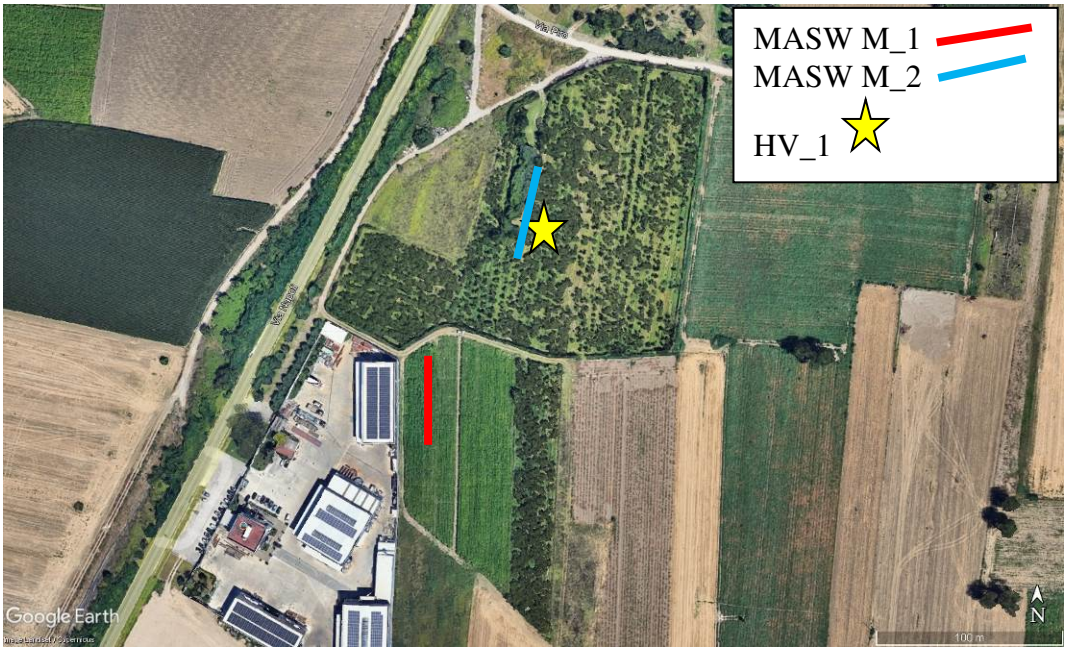
Lo scopo di questo piano d'indagine è la caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame tramite l'esecuzione di n.2 profili sismici tipo M.A.S.W. (multichannel analysis of surface waves) e n.1 indagine HVSR. Ciò ci consente di determinare il valore F_0,il valore delle onde di taglio V_S e di ricavare il parametro $\mathbf{V_{S,eq}}$, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 e succ. mod. ed integr.; D.M. 14/09/2005; D.M. 14/01/2008; **D.M. 17/01/2018.**

A tale scopo è stata eseguita la seguente indagine:

- n° 2 profilo sismico di tipo *M.A.S.W.* delle onde Rayleigh (multichannel analysis of surface waves) chiamate M_1 – M_2

- n° 1 indagine sismica con misura dei microtremori ambientali di tipo HVSR chiamata HV_1

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it



Ubicazione stendimenti sismici (41° 3'8.05"N - 14°14'47.73"E)

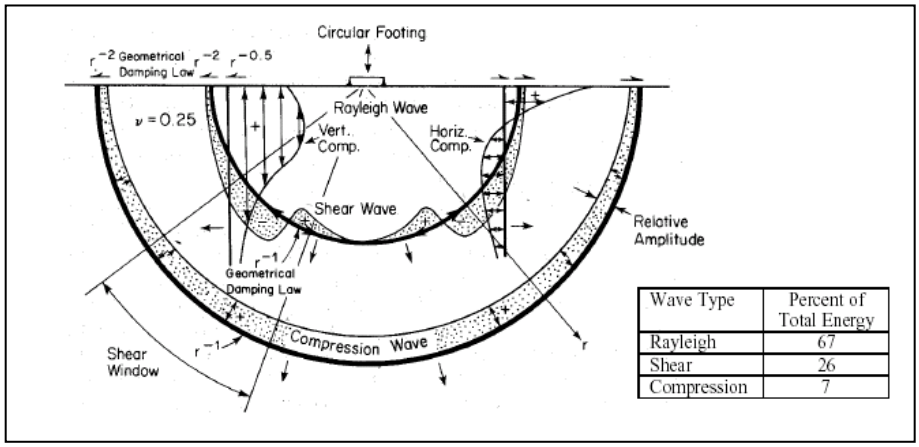
2 Indagine sismica M.A.S.W.

L'indagine sismica MASW (multichannel analysis of surface waves) è una tecnica non invasiva utilizzata per individuare il profilo verticale della velocità delle onde sismiche in particolare delle onde di taglio (V_S) utile al calcolo del parametro $\mathbf{V_{s,eq}}$ così come richiesto dalla nuova normativa tecnica (NTC 2018).

Tale indagine fu messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al.,1999) che attraverso lo studio delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ricavarono le velocità onde di taglio in funzione della profondità, infatti la velocità delle onde di Rayleigh vale circa il 90% delle velocità delle onde di taglio.

Lo studio delle onde superficiali è consigliato principalmente perché i 2/3 dell'energia delle sollecitazioni provocate sul terreno viene trasformata in onde superficiali mentre la rimanente parte genera onde P ed S.

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it



Wave Type	Percent of Total Energy
Rayleigh	67
Shear	26
Compression	7

La metodologia MASW si distingue in *attiva* e in *passiva*:

- Nel metodo *attivo* le onde superficiali vengono generate da una energizzazione puntuale creata generalmente da una massa battente o esplosione controllata.
- Nel metodo *passivo* (REMI), messo a punto dal Prof. Luie, 2001, si sfrutta il rumore di fondo (microtremori) prodotto dalle attività antropiche e naturali.

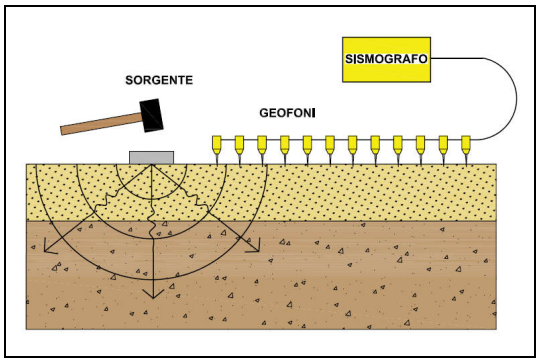
2.2 Strumentazione impiegata

L'esecuzione dell'indagine è avvenuta utilizzando un sismografo a trasmissione digitale del segnale, fabbricato dalla **SARA *electronic instruments*** modello ***DOREMI,*** con trattamento del segnale a 16 bit. Tale sismografo, collegato ad un notebook, tramite una speciale interfaccia di comunicazione, consente, tramite software di gestione, la memorizzazione in automatico delle acquisizioni dei vari sismogrammi, permette l'impostazione dei guadagni per ogni singolo canale sia in modo automatico che manualmente, l'attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e filtro a "fase zero", inoltre, è provvisto della funzione stacking che permette di attenuare eventuale rumore di fondo presente nel sito in esame.

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

2.3 Acquisizione ed elaborazione dati

L'acquisizione del set di dati per l'analisi delle onde superficiali di tipo Rayleigh è stata eseguita utilizzando la classica strumentazione per un'indagine sismica a rifrazione, disponendo sul terreno un array lineare da 24 geofoni verticali da 4,5 Hz con una spaziatura di 3 metro. Per l'esecuzione della prova è stato usato come sistema di energizzazione una mazza da 5 kg battente su un piattello in PVC posto ad una distanza di offset dal primo geofono di 6 e 4.5 metri.



Schema acquisizione dati sismici prova Masw

Dall'analisi spettrale delle onde di Rayleigh del file di acquisizione ottenuto ne consegue la relazione tra la variazione della velocità di fase e la frequenza meglio definita come *curva di dispersione*. Sul grafico dello spettro in 2D è possibile, attraverso un picking manuale e/o automatico, posizionare i punti interpolanti lo spettro. Tale curva è poi sottoposta al processo di inversione con il Software Dinver (pacchetto Geopsy) dalla quale si ricava il modello del sottosuolo. L'inversione della curva avviene attraverso l'algoritmo "neighbourhood algorithm" (Sambridge,1999) in seguito implementato da Wathelet (2005).

Durante la modellizzazione è possibile inserire, se noti, oltre che la Vs e le Vp anche lo spessore dello strato, il coefficiente di Poisson e il peso di volume. Procedendo per tentativi modificando opportunamente i vari dati sopraindicati, si ottiene una sovrapposizione tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica corrispondente il modello del terreno individuato, il grado di

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

adattamento delle due curve è rappresentato dal valore di "*misfit*" fornito dal software.

$$misfit = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(v_{oi} - v_{Ri})^2}{n \cdot \sigma_i^2}}$$

(Wathelt et al. 2004)

V_{oi} = *Velocità della frequenza i-esima nella curva di dispersione sperimentale*

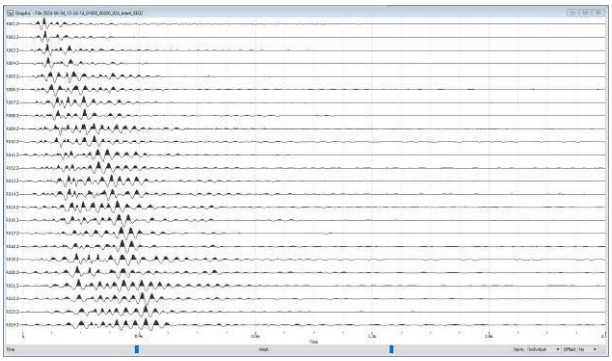
V_{Ri} = *Velocita di fase del modo fondamentale delle onde Rayleigh alla frequenza i-esima*

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

2.4 Risultati prova MASW M_1

PROFILO VERTICALE Vs			
Sismostrato	Vs *(m/s)*	Spessore *(m)*	Profondità *(m)*
1	*116*	*1.8*	*1.8*
2	*244*	*4.5*	*6.3*
3	*510*	*15.1*	*21.4*
4	*558*	*8.6*	*30.0*
Misfit			***0.021***
$V_{S,eq}$ (m/s) Calcolato da piano campagna fino al bedrock (Vs > 800 m/s) o alla profondità di 30 m se non rinvenuto			***379 m/s***

Tabella riassuntiva profilo verticale delle Vs e $V_{S,eq}$;



Sismogrammi acquisiti – Prova Masw

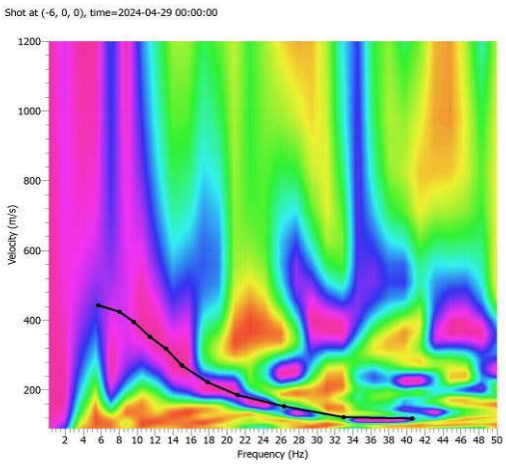


Grafico curva di dispersione sperimentale e picking manuale effettuato – Prova Masw

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

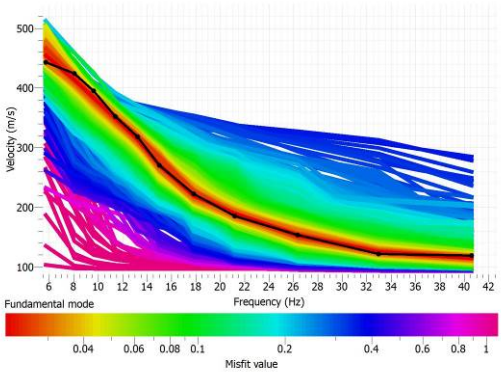
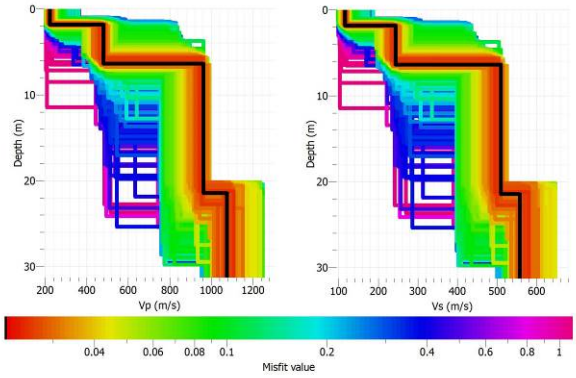


Grafico di comparazione della curva di dispersione sperimentale e teorica –Prova Masw



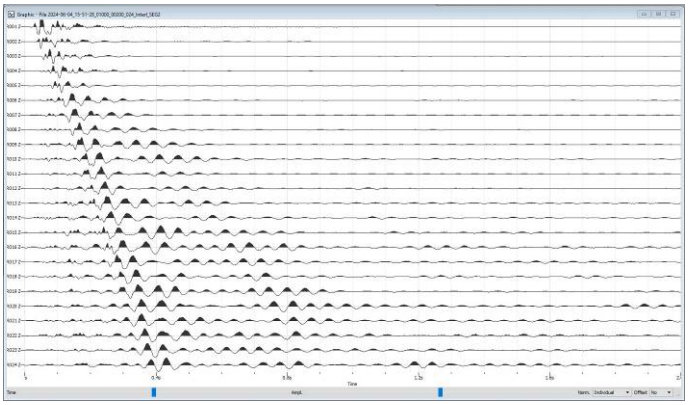
Profilo delle Vs e Vp (stimate) - Prova Masw

2.4 Risultati prova MASW M_2

PROFILO VERTICALE Vs			
Sismostrato	Vs *(m/s)*	Spessore *(m)*	Profondità *(m)*
1	*146*	*1.6*	*1..6*
2	*219*	*3.4*	*5.0*
3	*462*	*19.2*	*24.2*
4	*552*	*5.8*	*30.0*
Misfit			***0.017***
$V_{S,eq}$ (m/s) Calcolato da piano campagna fino al bedrock (Vs > 800 m/s) o alla profondità di 30 m se non rinvenuto			***382 m/s***

Tabella riassuntiva profilo verticale delle Vs e $V_{S,eq}$;

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it



Sismogrammi acquisiti – Prova Masw

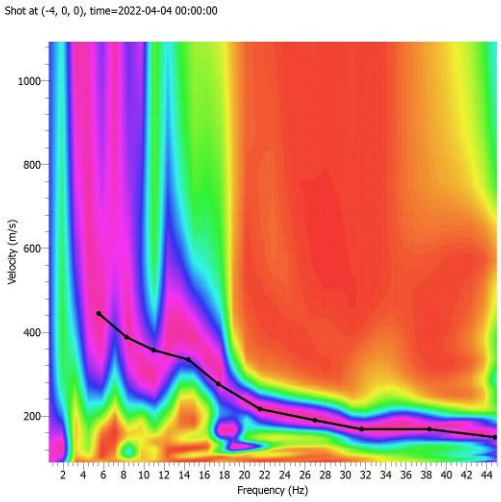


Grafico curva di dispersione sperimentale e picking manuale effettuato – Prova Masw

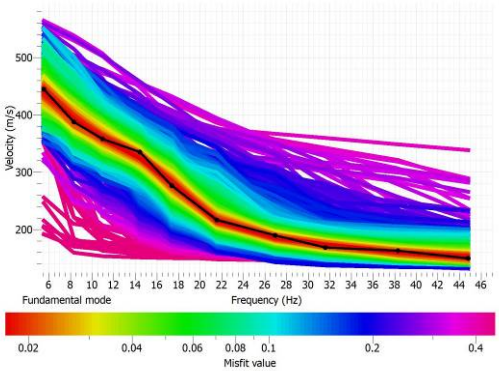
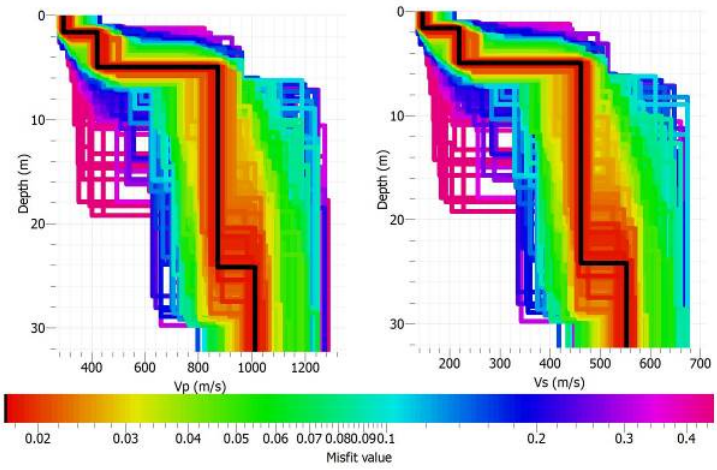


Grafico di comparazione della curva di dispersione sperimentale e teorica –Prova Masw

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it



Profilo delle Vs e Vp (stimate) - Prova Masw

3.1 Il microtremore sismico ambientale – hvsr

Una delle tecniche più utilizzate, negli ultimi anni, per la caratterizzazioni della risposta sismica locale, è quella basata sulle analisi del rumore ambientale.

Lo svilupparsi di tali metodologie è giustificato dalla facilità delle esecuzioni delle prove in campo, senza dover ricorrere a sorgenti attive, e ai costi relativamente contenuti.

Il rumore ambientale, o rumore sismico, non è altro che la somma delle vibrazioni ambientali del suolo causate sia da sorgenti naturali (onde oceaniche, maree, vento) che sorgenti antropiche (automobili, macchinari industriali, ecc).

Nelle zone lontane da qualsiasi sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, misurato su un bedrock pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Figura 1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo, di riferimento mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono l'effetto dell'infrangersi delle onde oceaniche sulle coste.

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

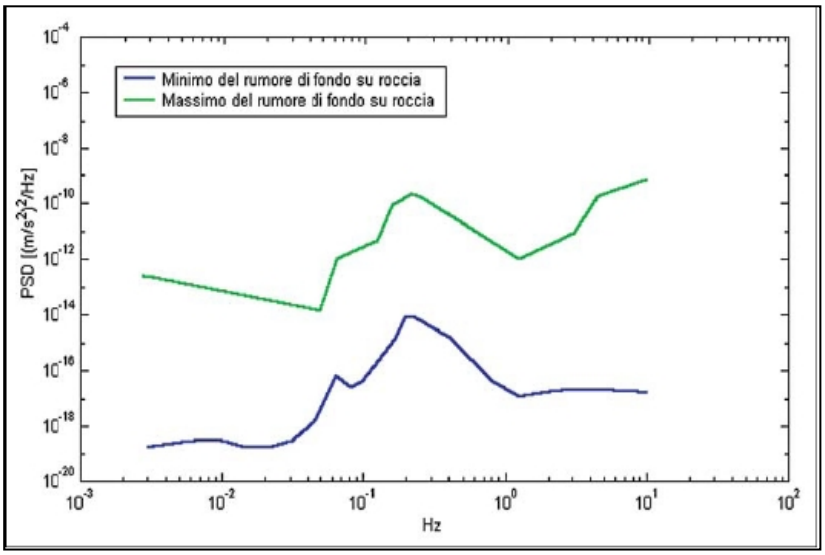


Figura 1 - Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra

Tali componenti spettrali vengono scarsamente attenuate anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, in essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

3.2 Basi teoriche del metodo H/V e metodologia d'indagine

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione dal rumore sismico registrato in un sito.

Il metodo che si è maggiormente consolidato è quello HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o H/V) che studia i rapporti spettrali tra le componenti del

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

moto orizzontale e quella verticale, proposta da Nogoshi e Igarashi (1970) e ampiamente corretta e rivisitata da Nakamura (1989).

Gli autori confermano che il picco che si osserva all'interno della spettro misurato H/V è legato alla curva di elletticità del modo fondamentale delle onde Rayleigh.

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo **f0**, grazie anche al lavoro di standardizzazione fatto dal gruppo di studio **SESAME**.

Inoltre, attraverso alcune metodologie (FK, SPAC) con l'impiego di opportuni algoritmi (es.Neighbourhood algorithm - Sambridge 1999), è possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi delle $\mathbf{V_{S,eq}}$ richiesta dalle NTC.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato i-esimo relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$f_0 = Vsi/4H \quad [1]$$

H=spessore dello strato

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

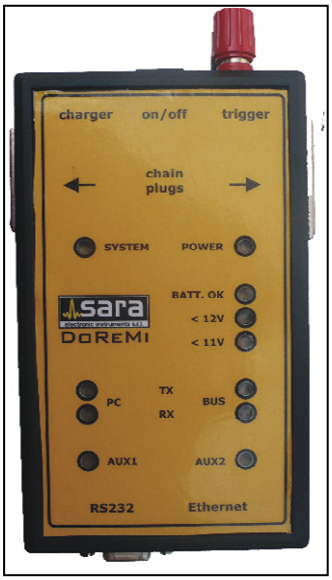
Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana.

3.3 Acquisizione e Strumentazione utilizzata

L'esecuzione dell'indagine è avvenuta utilizzando un sismografo a trasmissione digitale del segnale, fabbricato dalla SARA electronic instruments modello DOREMI, con trattamento del segnale a 24 bit. Il sismografo è accoppiato ad un geofono 3D costituito da velocimetri con frequenza naturale pari a 4,5Hz. Il tutto, collegato ad un notebook, tramite una speciale interfaccia di comunicazione, consente, tramite software di gestione, la memorizzazione in automatico delle acquisizioni dei vari sismogrammi, permette l'impostazione dei guadagni per ogni singolo canale sia in modo automatico che manualmente, l'attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e filtro a "fase zero", inoltre, è provvisto della funzione stacking che permette di attenuare eventuale rumore di fondo presente nel sito in esame.



Sismografo DOREMI della Sara Electronic Instruments s.r.l.

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

La registrazione del segnale ha avuto una durata di **20.0 minuti** con una frequenza di campionamento **pari 200Hz**, consentendo di avere una giusta finestra temporale per una elaborazione affidabile del rumore di sismico.

3.4 Criteri Sesame

Per le forti criticità insite nella tecnica utilizzata, nell'ambito del **PROGETTO SESAME**, si è redatto il documento "*CRITERI SESAME*" che stabilisce le linee guida per l'esecuzione di indagini HVSR. Tale documento pone una serie di criteri che la curva H/V, risultante dall'indagine, e l'area circostante la frequenza di picco *f0*, dovrebbero soddisfare.

Il fatto che i criteri non siano soddisfatti, non implica necessariamente che l'indagine non sia stata effettuata correttamente e che l'indagine sia da scartare a priori.

In ogni caso, la verifica del rispetto di questi criteri si rivela spesso utile per determinare se l'indagine è rilevante dal punto di vista geofisico o se ci sia la necessità di approfondire ulteriormente la situazione.

L'affidabilità della curva nel suo insieme e la correttezza delle finestre temporali scelte per l'elaborazione sono dimostrabili attraverso l'utilizzo di tre criteri che devono essere sempre verificati.

Criteri per una curva HVSR affidabile

1)	$f_0 > 10 / l_w$
2)	$n_c (f_0) > 200$
3)	$\sigma_A(f)<2$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0>0.5Hz$ o $\sigma_A(f)<3$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0<0.5Hz$

L_w = Lunghezza Finestra

n_w = numero di finestre utilizzate nell'analisi

n_c = numero di cicli significativi $n_c = L_w * n_w * f_0$

f_0 = frequenza di picco

f = frequenza corrente

$\sigma_A(f)$ = deviazione standard

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

Invece per la chiarezza del picco, sia rispetto alle frequenze circostanti la **f0** che alla sua stabilità nei rapporti H/V delle singole finestre sono dimostrabili attraverso l'utilizzo di sei criteri. È importante che, per l'attendibilità del **f0**, almeno cinque di questi sei criteri devono essere soddisfatti.

Criteri per un picco f0 chiaro

1)	**Exist $f^- \in [f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ $f_0 > 10 / l_w$**
2)	**Exist $f^+ \in [f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$**
3)	**$A_0 > 2$**
4)	**$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$**
5)	**$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$**
6)	**$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$**

σ_f = deviazione standard per la frequenza di picco di **H/V**

$A_{H/V}(f^-)$ = curva di ampiezza **H/V**

A_0 = Ampiezza di picco alla frequenza f_0

$\varepsilon(f_0)$ = valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

$\theta(f_0)$ = frequenza corrente

f^+ = frequenza tra f_0 e $4\ f_0$ per cui $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$

f^- = frequenza tra $f_0/4$ e f_0 per cui $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [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	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

3.5 Elaborazione HVSR

Il software utilizzato per l'elaborazione del HVSR è GEOPSY di Marc Wathelet.

Si procede nello scegliere una serie finestre temporali all'interno del segnale registrato escludendo eventuali tratti in cui si evidenziano forti disturbi esterni transienti.

Ciascuna delle finestre temporali sarà rappresentata nel grafico H/V da una

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

curva che sommata alle altre consente di ricavare il rapporto spettrale medio e la frequenza di risonanza del sito f0.

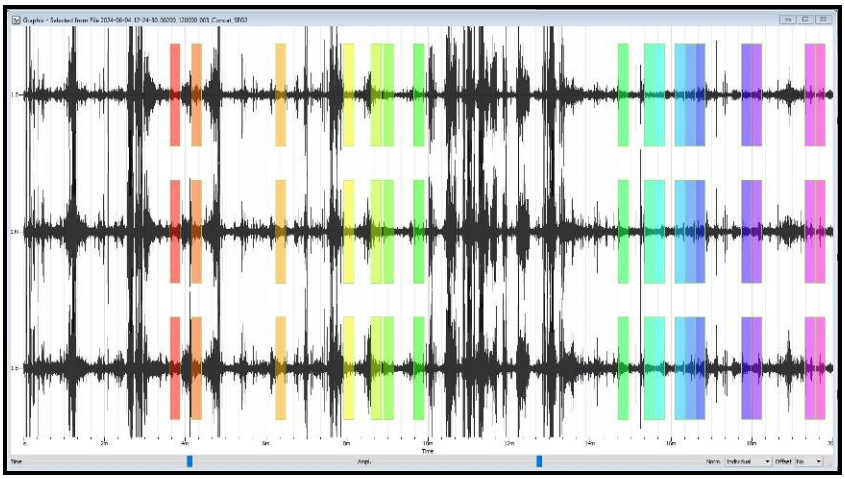
3.6. Risultati

I dati ed i risultati ricavati dalle elaborazione, della indagine **HVSR** eseguita, vengono riportati in allegato attraverso i seguenti grafici e tabelle:

- Tabella riassuntiva parametri della prova;
- Registrazione e finestre utilizzate;
- Grafico H/V;
- Tabella verifica criteri SESAME

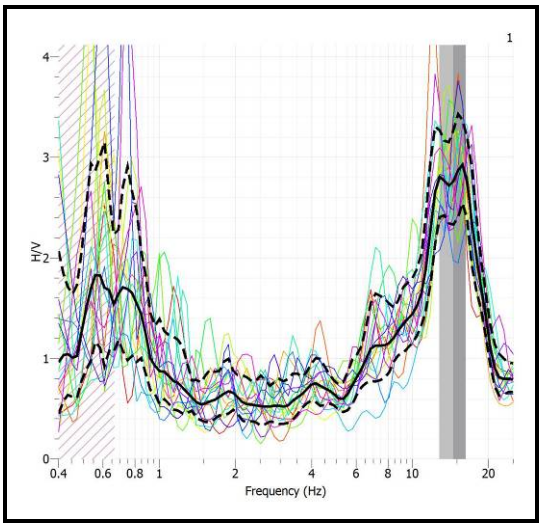
Lunghezza finestra l_w [s]	Numero di finestre n_w	Numero di cicli n_c	Dati statistici di frequenza dalle single finestre				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	17	4936	14.518	1.74	2.76	1.18	BASSO

1) Parametri della prova



2) Registrazione e finestre temporali utilizzate

Tel. / fax: *0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it



3) Grafico curva H/V (F0=14.5Hz)

	Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]				
	f_0>10/Lw	14.518	>	0.500	**OK**
	$n_c(f_0)$>200	4936	>	200	**OK**
	$\sigma_A(f)$ < 2 per 0.5f_0 < f < 2f_0 se f_0 >0.5Hz	Superato 0 volte su 31			**OK**
	$\sigma_A(f)$ < 3 per 0.5f_0 < f < 2f_0 se f_0 < 0.5Hz				
	Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]				
Amplitude conditions	**Esiste f^- in [f_0/4, f_0] | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$**				**OK**
	Esiste f^+ in [f_0, 4f_0] | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				**OK**
	A_0 > 2	2.7614	>	2	**OK**
Stability conditions	**$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$**				**NO**
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.7435	>	0.7259	**OK**
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1803	<	1.5800	**OK**

4) Tabella verifica Criteri SESAME

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

Documentazione fotografica



Masw M_1



Masw M_2

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it



Masw HV_1

Tel. / fax*: 0823 1544189 - Luca Cozzolino: 388 89987630 - Davide Villano: 320 2912065*
e-mail: studiogeosisma@libero.it

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni
Muro rigido: 0

Sito in esame.
latitudine: 41,053547
longitudine: 14,247807
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento
Sito 1 ID: 32312 Lat: 41,0327 Lon: 14,2193 Distanza: 3330,553
Sito 2 ID: 32313 Lat: 41,0322 Lon: 14,2856 Distanza: 3957,148
Sito 3 ID: 32091 Lat: 41,0822 Lon: 14,2862 Distanza: 4528,819
Sito 4 ID: 32090 Lat: 41,0827 Lon: 14,2199 Distanza: 3995,101

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,043 g
Fo: 2,375
Tc*: 0,285 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,054 g
Fo: 2,368
Tc*: 0,320 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,122 g
Fo: 2,512
Tc*: 0,418 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,152 g
Fo: 2,570
Tc*: 0,436 [s]

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2008

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,009
Kv:	0,005
Amax:	0,508
Beta:	0,180

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,380
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,639
Beta:	0,180

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,310
St:	1,000
Kh:	0,035
Kv:	0,018
Amax:	1,441
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,300
St:	1,000
Kh:	0,044
Kv:	0,022
Amax:	1,786
Beta:	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine:	41.052552
longitudine:	14.246932