



REGIONE BASILICATA

Proponente



Powertis S.A.U
Calle Príncipe de Vergara, 43
Planta 6 oficina 1
28001, Madrid, España
info@powertis.com

Powertis S.R.L.
Powertis S.A.U. socio unico di Powertis S.R.L.
Via Venti Settembre 1
00187, Roma, Italia
C.F. e P.IVA: 15448121002
info@powertis.com

IMPIANTO FOTOVOLTAICO FORESTELLA LAVALLE E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 20,00 MWp
COMUNE DI VENOSA (PZ) COMUNE DI MONTEMILONE (PZ)

REPORT INDAGINI REALIZZATE

Progettazione



Studio Margiotta Associati
Via Vaccaro, 36
85100 POTENZA (PZ) - ITALY
Tel. 097137512
Pec: donata.margiotta@archiworldpec.it
Arch. Donata M. R. MARGIOTTA



PROGETTO DEFINITIVO

COD. PROGETTO	21IT1496	COD ELABORATO	scala
COD. FILE	21IT1496-A.2.3	A.2.3	

00	Nov 2021	Progetto Definitivo	Geol. Galileo POTENZA	Margiotta	POWERITIS
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO



G. & G.I.S.
Geological & Geophysical Investigation Service

Geological & Geophysical Investigation Service
del Dott. Geologo Potenza Galileo
Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ)
E-Mail: galileopz@virgilio.it - Cell. - 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764

**REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI VENOSA**

**"IMPIANTO FOTOVOLTAICO FORESTELLA LAVALLE
E OPERE CONNESSE
POTENZA IMPIANTO 20,00 MWp – COMUNE DI VENOSA (PZ)"**

**DITTA ESECUTRICE INDAGINI
GEOFISICHE**



Geological & Geophysical Investigation Service
del Dott. Geologo Potenza Galileo
Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ)
E-Mail: galileopz@virgilio.it - Cell. - 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764

Data: Ottobre 2021

Il committente :

Studio Margiotta associati

IL Tecnico:

Dott. Geol Galileo Potenza



UBICAZIONE:

Comune di Venosa (PZ)

- **INDAGINI SISMICHE**
- **INDAGINI PENETROMETRICHE CONTINUE DPSH**

INDICE

1 - PREMESSA3

2 - PROSPEZIONE SISMICA MASW (generalità)6

3 - DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO.....8

 3.1 Elaborazione dati prospezione sismica MASW 1.....9

4 – VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE12

5 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH.....14

 5.1 Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 123

 5.1.1 - Stima parametri geotecnici prova DPSH 1.....25

1 - PREMESSA

Nel sito oggetto di studio, in merito al progetto in oggetto, è stata eseguita una campagna d'indagini geofisiche dalla ditta **Geological & Geophysical Investigation Service del Dott. Geologo Potenza Galileo Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ)**.

La presente relazione di indagini indirette relaziona sulle opportune e puntuali indagini sismiche e geotecniche effettuate in sito, al fine di determinare le caratteristiche sismiche di sito e fisicomeccaniche dei terreni che costituiscono il sottosuolo dei diversi punti investigati.

Allo scopo di localizzare le aree più significative e successivamente:

- verificare eterogeneità significative (variazioni litostratigrafiche);
- caratterizzare i principali parametri geologico-sismici di sito ove sia richiesta una elevata risoluzione e precisione spaziale;
- determinare i principali parametri geotecnici delle litologie incontrate;

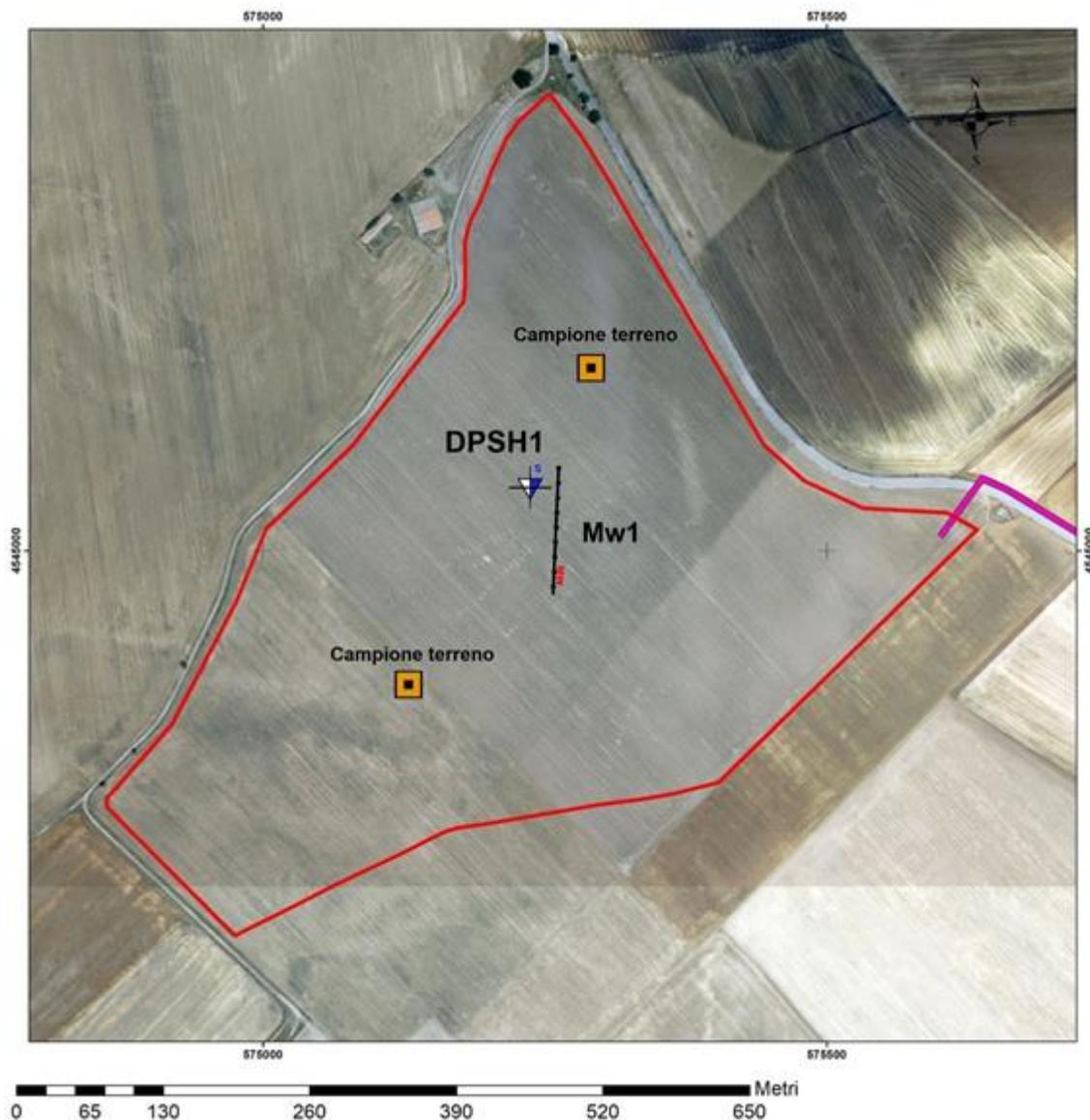
nel sito oggetto di studio si è proceduto ad analisi e confronti di inversioni con metodi di array sismico e prove penetrometriche dinamiche continue mediante l'acquisizione di:

- **N. 1** stendimento sismico MASW, per la determinazione della curva di dispersione Multichannel Analysis of Surface Waves metodologia che consente di ottenere un modello verticale delle Vs, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love;
- **N. 1** Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con penetrometro provvisto di massa battente 63.5 kg., corredato di dispositivo per lo sganciamento automatico, con altezza di caduta pari a cm 75, realizzate con le prescrizioni e gli oneri di cui alle "Modalità tecnologiche" e "Norme di misurazione ANISIG" e restituzione dei risultati e degli elaborati grafici e del rapporto esplicativo.

Le misure geognostiche effettuate ed i parametri calcolati con la strumentazione utilizzata in questo lavoro, il "Sismografo multicanale digitale SoilSpy Rosina e penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI", utilizzando tecniche di registrazione passive e attive, possono essere utilizzati nell'ambito della nuova normativa vigente in materia di costruzioni ("Nuove Norme tecniche per le costruzioni", **D.M. 17 gennaio 2018**), anche per quanto riguarda le opere di fondazione, sostegno e scavo.

Per la caratterizzazione di tutti gli elementi utili alla esatta interpretazione dei requisiti **sismo-stratigrafici** e di **amplificazione** di sito, si è proceduto ad una campagna di indagini che ha consentito, attraverso la correlazione dei diversi dati, di limitare il numero di incertezze e di delineare un modello di sottosuolo affidabile.

PLANIMETRIA INDAGINI



- ✓ n.1 Prospezione sismica MASW – MW1
- ✓ n.1 Prova Penetrometriche DPSH (DPSH1)
- ✓ n.2 Prelievi di campioni di terreno per Terre e Rocce da scavo

REPORT FOTOGRAFICO



DPSH 1



MASW 1

2 - PROSPEZIONE SISMICA MASW (generalità)

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione.

La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

3 - DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO

Nel sito oggetto di studio, è stato realizzato uno stendimento multicanale con strumentazione SoiSpy Rosina 25 canali, effettuato distanziando i geofoni di 5.00 m l'uno dall'altro e con geometria a lineare. Sullo stendimento sismico è stata effettuata una prova di sismica attiva di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), utilizzando geofoni per la misurazione delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s). La prospezione, denominata MASW 1, della lunga 60.00 m, è stata posizionata in campo in direzione circa N – S, come da Planimetria indagini allegata.

Per la tecnica MASW, gli scoppi, sono stati ottenuti mediante percussione con mazza da 5 Kg verticalmente, direttamente sul terreno, per enfatizzare il moto fondamentale di vibrazione ed attenuare i modi superiori. Gli scoppi sono stati posizionati in testa allo stendimento a circa 5 m dal geofono n° 1.

La metodologia MASW consente di ottenere un modello verticale delle V_s , a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love contenute nel segnale provocato dalle energizzazioni.

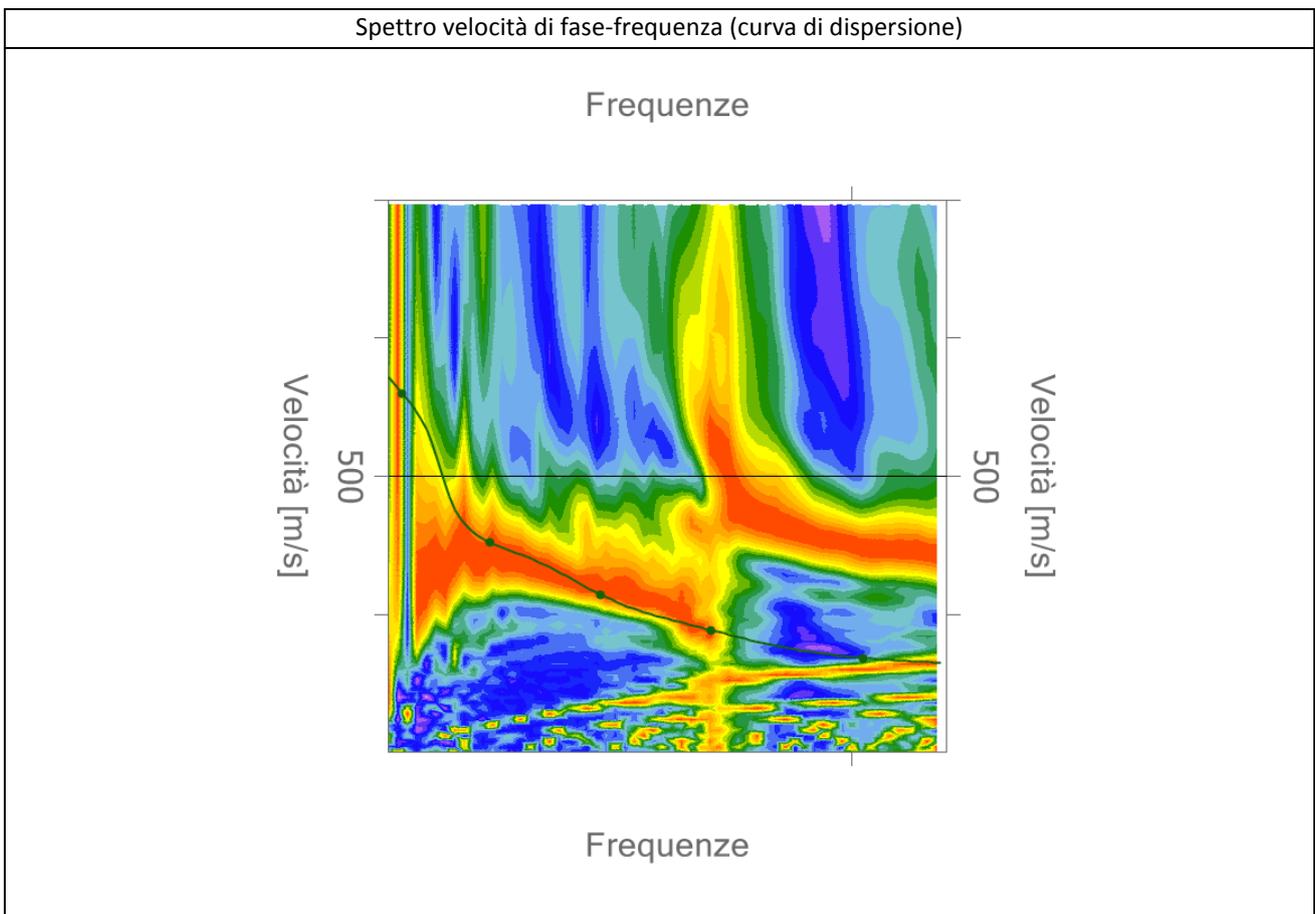
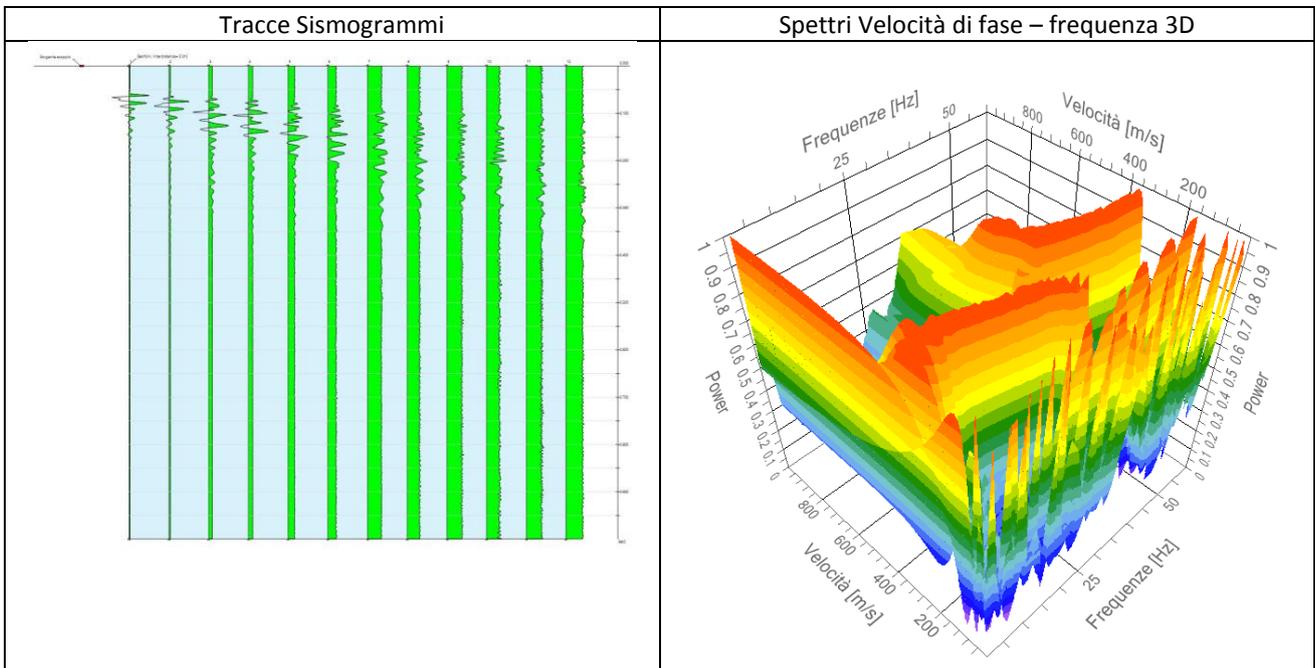
Dal segnale registrato sono stati ricavati i grafici di dispersione frequenziale relativi ad ogni Staking, ed il piking è stato eseguito manualmente al centro della curva di dispersione.

Le curve di dispersione, ottenute mediante le procedure sopra citate, sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e Love nel modo fondamentale e nei modi superiori, in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alla curva sperimentale.

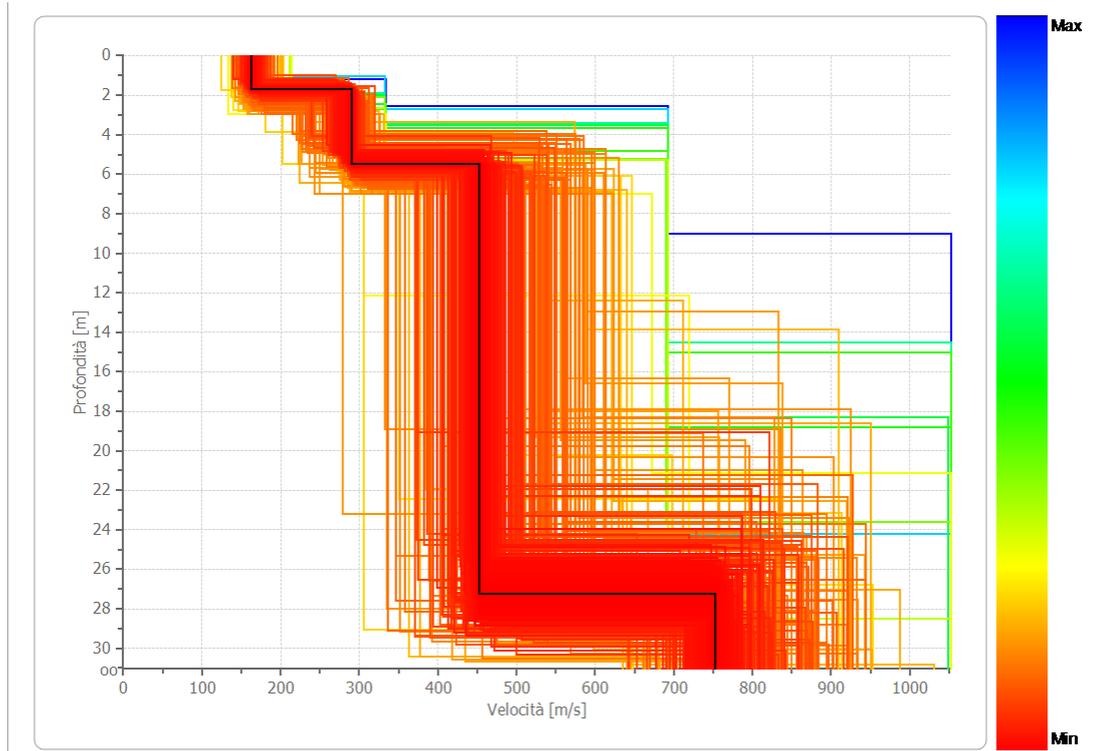
3.1 Elaborazione dati prospezione sismica MASW 1

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 1024 Hz

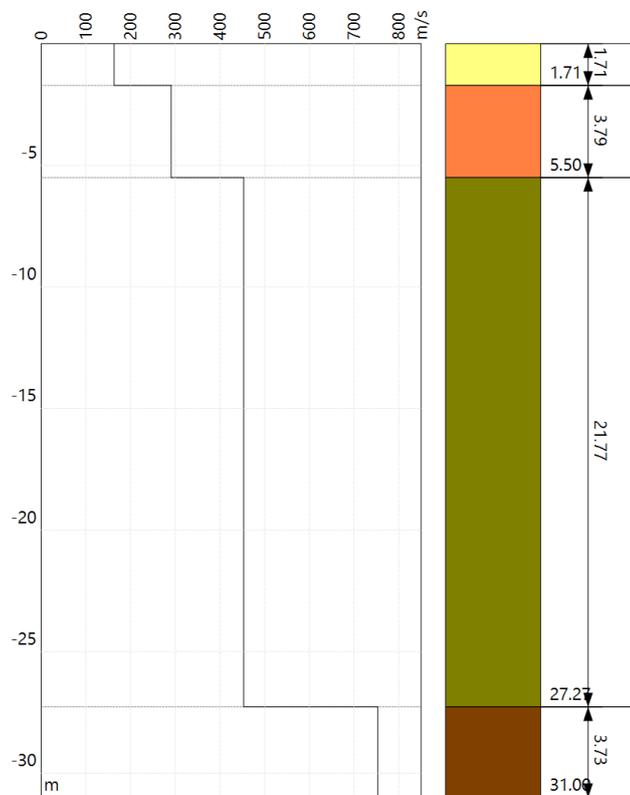
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.



PROFILO DI VELOCITA' Vs



STRATIGRAFIA SISMICA



RISULTATI	
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	398
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici empirici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.71	1.71	163	339	1800	0.35	47	207	143	129
2	5.50	3.79	290	590	1900	0.34	160	662	448	430
3	27.27	21.77	453	899	2000	0.33	410	1618	1070	1092
4	∞	∞	753	1464	2100	0.32	1191	4501	2912	3145

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

4 – VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE

Il profilo sismico, denominati MASW 1, è stato realizzato nell'area di interesse così come indicato nella planimetria allegata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine **MASW 1**, evidenzia la presenza di quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale e primo sottosuolo alterato, con spessore medio di circa 1.71 m, Vs di **163 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 3.79 m e Vs di **290 m/s**, con media rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** addensato, con spessore medio di circa 21.77 m e Vs di **453 m/s**, con buon rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **753 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di $V_{s,eq}$ valutato dalla seguente 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.

Il modello di $V_{s,eq}$ ci dà informazioni riguardanti gli spessori e le velocità dei singoli sismostrati, per definire l'azione sismica di progetto e la categoria del terreno di fondazione del sito oggetto di studio.

In materia di microzonazione sismica, nel sito oggetto di studio è stata determinata, con le metodologie sopra citate, il valore di $V_{s,eq}$, partendo dal piano campagna, che risulta essere di **398 m/s**, dato che conferma l'appartenenza del sottosuolo alla categoria **B**.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in categoria "**C**" descritta in normativa come: *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.*

5 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) DPSH – DPM

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta = 20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione cvon N_{spt}

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

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- Haltezza di caduta.
- Aarea base punta conica.
- δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di (N₁)₆₀

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

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa'}{\sigma_{v0}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

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

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{SPT,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{SPT,k} = N_{SPT,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{SPT}})$$

dove $\sigma_{N_{SPT}}$ è la deviazione standard di N_{SPT}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{SPT,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{SPT} distribuiti normalmente:

$$N_{SPT,k} = N_{SPT,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{SPT}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{SPT} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta

possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio $\bar{\sigma}$ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (Ko)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

5.1 Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 05-10-2021

Profondita' prova 6.00 mt

Falda non rilevata

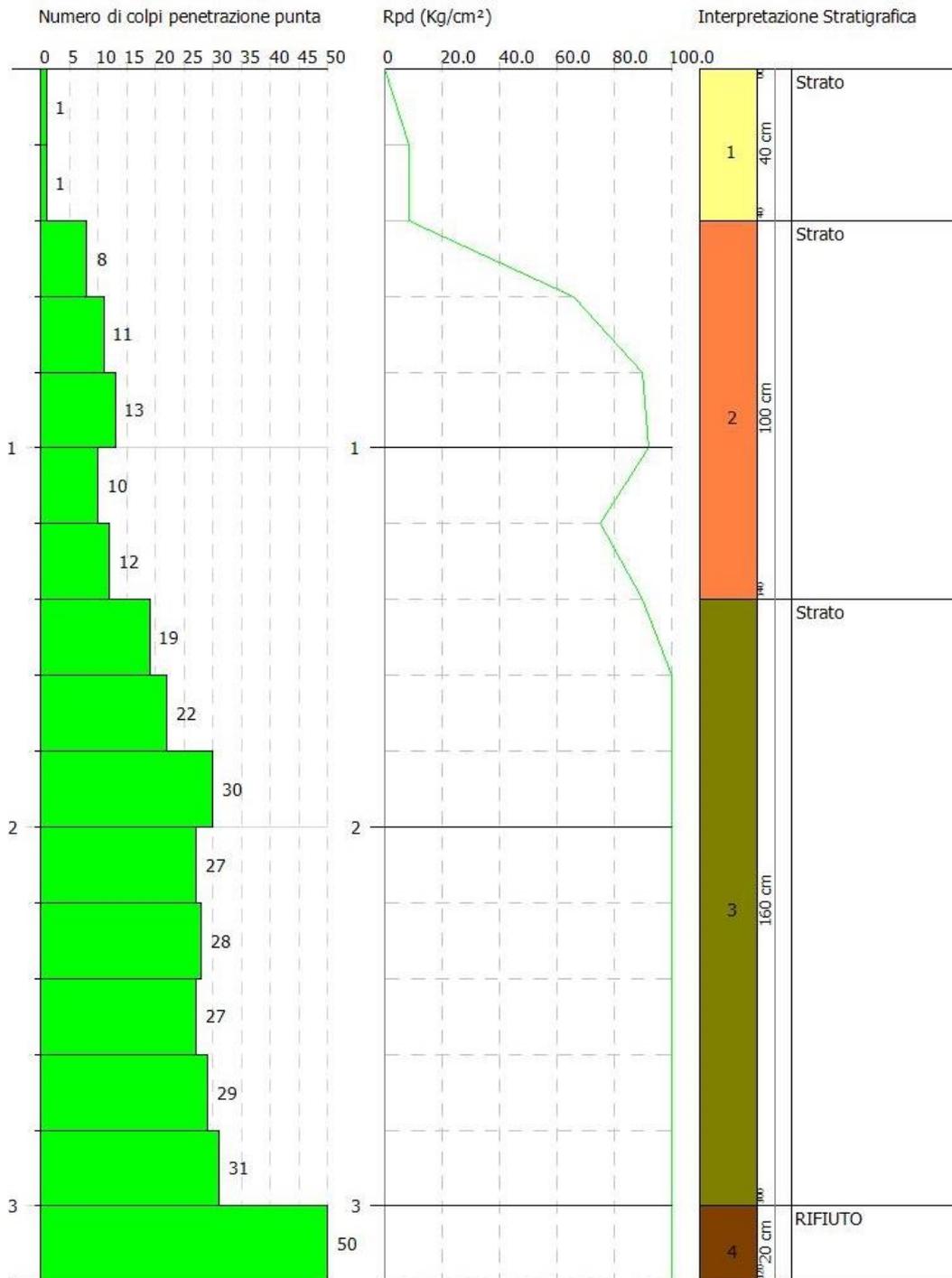
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	1	0.851	8.27	9.72	0.41	0.49
0.60	8	0.847	65.85	77.74	3.29	3.89
0.80	11	0.843	90.15	106.90	4.51	5.34
1.00	13	0.790	92.30	116.87	4.61	5.84
1.20	10	0.836	75.18	89.90	3.76	4.49
1.40	12	0.833	89.85	107.88	4.49	5.39
1.60	19	0.780	133.15	170.81	6.66	8.54
1.80	22	0.726	143.65	197.78	7.18	9.89
2.00	30	0.723	181.45	250.90	9.07	12.55
2.20	27	0.720	162.61	225.81	8.13	11.29
2.40	28	0.717	167.94	234.17	8.40	11.71
2.60	27	0.714	161.28	225.81	8.06	11.29
2.80	29	0.711	172.55	242.54	8.63	12.13
3.00	31	0.659	159.64	242.37	7.98	12.12
3.20	60	0.606	284.28	469.11	14.21	23.46

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	1	9.72	Incoerente - coesivo	0	1.52	1.85	0.03	1.5	1.5	Strato
1.4	10.8	99.86	Incoerente - coesivo	0	2.08	2.29	0.16	1.5	16.24	Strato
3	26.62	223.77	Incoerente - coesivo	0	2.5	2.5	0.47	1.5	40.04	Strato
3.2	60	469.11	Incoerente - coesivo	0	2.5	2.5	0.69	1.5	90.24	RIFIUTO

GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DPSH1

Scala 1:15



5.1.1 - Stima parametri geotecnici prova DPSH 1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann (1975)	SUN DA (1983)	Fletcher (1965)	Houston (1960)	Shioi - Fukui (1982)	Bege mann	De Beer
[1] - Strato	1.5	0.40	0.09	0.19	0.00	0.06	0.14	0.29	0.14	0.55	0.08	0.22	0.19
[2] - Strato	16.24	1.40	1.10	2.03	0.00	0.64	1.60	3.00	1.40	1.74	0.81	2.69	2.03
[3] - Strato	40.04	3.00	2.70	5.01	0.00	1.45	4.00	6.71	3.10	4.23	2.00	6.61	5.01
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	6.09	11.28	0.00	2.70	9.09	14.07	5.31	11.84	4.51	15.54	11.28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	1.5	0.40	Robertson (1983)	3.00
[2] - Strato	16.24	1.40	Robertson (1983)	32.48
[3] - Strato	40.04	3.00	Robertson (1983)	80.08
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	Robertson (1983)	180.48

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	1.5	0.40	6.88	22.50	17.09	18.75
[2] - Strato	16.24	1.40	74.51	--	167.43	162.40
[3] - Strato	40.04	3.00	183.70	--	410.18	400.40
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	414.02	--	922.19	902.40

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	1.5	0.40	-3.15	15.00
[2] - Strato	16.24	1.40	166.36	162.40
[3] - Strato	40.04	3.00	440.06	400.40
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	1017.36	902.40

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	1.5	0.40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Strato	16.24	1.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Strato	40.04	3.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Strato	1.5	0.40	Meyerhof	1.52
[2] - Strato	16.24	1.40	Meyerhof	2.08
[3] - Strato	40.04	3.00	Meyerhof	2.50
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato	1.5	0.40	Meyerhof	1.85
[2] - Strato	16.24	1.40	Meyerhof	2.29
[3] - Strato	40.04	3.00	Meyerhof	2.50
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	1.5	0.40	Ohta & Goto (1978) Limi	53.79
[2] - Strato	16.24	1.40	Ohta & Goto (1978) Limi	108.57
[3] - Strato	40.04	3.00	Ohta & Goto (1978) Limi	150.81
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	Ohta & Goto (1978) Limi	185.45

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	1.5	0.40	6.11	30.09	51.89	10.89
[2] - Strato	16.24	1.40	48.62	91	100	45.21
[3] - Strato	40.04	3.00	64.95	100	100	72.4
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	84.27	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	27.43	20.43	28.42	33.24	30.15	0	<30	19.74	27.45	20.42	20.48
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	31.64	24.64	32.55	33.43	35.89	40.74	30-32	30.61	31.87	28.94	33.02
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	38.44	31.44	39.21	32.62	41.48	42	35-38	39.51	39.01	31.21	43.3
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	52.78	45.78	53.27	33.09	38.41	42	>38	51.79	54.07	33.43	57.48

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	---	12.00	---	---	---
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	287.65	129.92	192.33	301.80	156.20
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	451.67	320.32	473.17	480.30	275.20
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	678.06	721.92	1065.53	856.80	526.20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

RELAZIONE INDAGINI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	---	30.55	10.65	44.69
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	97.44	60.82	115.30	110.43
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	240.24	109.71	284.28	216.58
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	541.44	212.82	640.70	440.47

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m³)
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	Terzaghi-Peck 1948	1.36
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	Terzaghi-Peck 1948	1.55
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	Terzaghi-Peck 1948	1.78
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	Terzaghi-Peck 1948	1.97

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	Terzaghi-Peck 1948	1.85
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	Terzaghi-Peck 1948	1.97
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	Terzaghi-Peck 1948	2.11
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	Terzaghi-Peck 1948	2.22

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
 GALILEO - VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) -
 E-MAIL: GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. - 3207644905
 C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	(A.G.I.)	0.35
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	(A.G.I.)	0.32
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	(A.G.I.)	0.27
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	(A.G.I.)	0.17

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	95.16	160.14
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	893.03	686.40
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	2085.73	1191.33
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	4477.01	1957.31

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	Ohta & Goto (1978) Limi	53.79
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	Ohta & Goto (1978) Limi	108.57
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	Ohta & Goto (1978) Limi	150.81
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	Ohta & Goto (1978) Limi	185.45

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	Navfac 1971-1982	0.15
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	Navfac 1971-1982	3.36
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	Navfac 1971-1982	6.90
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	1.5	0.40	1.5	Robertson 1983	3.00
[2] - Strato	16.24	1.40	16.24	Robertson 1983	32.48
[3] - Strato	40.04	3.00	40.04	Robertson 1983	80.08
[4] - RIFIUTO	90.24	3.20	90.24	Robertson 1983	180.48



Del Dott. Geol. Galileo Potenza

