

REGIONE CAMPANIA



COMUNE di
PORTICI
(Provincia di NAPOLI)



**ESECUZIONE DI INDAGINI GEOLOGICHE E REDAZIONE DELLE RELAZIONI
GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL'OTTENIMENTO DELLE AUTORIZZAZIONI PER LE
INSTALLAZIONI PREVISTE NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA MISSION
INNOVATION - PROGETTO SMART GRID - PRESSO IL CR ENEA DI PORTICI (NA) –
CIG Z0735A026B – CUP I62C21000380001**

COMMITTENZA: ENEA - C.R. Casaccia TERIN-ACP
SITO: ZONA P1 – PORTICI (NA)

RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



IL GEOLOGO

Dott. Geol. Vincenzo Cortese

DATA: APRILE 2022

Rev. 0



SOMMARIO

1. <u>PREMESSA.....</u>	<u>Pag. 02</u>
2. <u>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO</u>	
<u>DELL'AREA.....</u>	<u>Pag. 04</u>
2.1 <u>CARTA DELLE INDAGINI.....</u>	<u>Pag 05</u>
2.2 <u>INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO</u>	<u>Pag. 06</u>
2.3 <u>INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO.....</u>	<u>Pag. 10</u>
3. <u>MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO.....</u>	<u>Pag. 11</u>
4. <u>MODELLIZZAZIONE SISMICA DEL LOTTO INVESTIGATO.....</u>	<u>Pag. 14</u>
5. <u>CONCLUSIONI.....</u>	<u>Pag. 27</u>



1. PREMESSA

Il sottoscritto:

- Geologo Vincenzo CORTESE, nato a Mugnano di Napoli (NA) il 28/12/1983 (C.F. **CRTVCN83T28F799C**) e residente in Bojano (CB) alla Via Gino Di Biase n° 32, iscritto all'Albo Professionale dell'*Ordine dei Geologi della Regione Molise* al n° **155** - sez. A "Geologi Specialisti",

con **STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA** avente sede in BOJANO (CB) alla Via Barcellona n° 20, ha eseguito uno studio di carattere geologico - tecnico nel tenimento del Comune di **PORTICI (NA)** a corredo del Progetto denominato **"ESECUZIONE DI INDAGINI GEOLOGICHE E REDAZIONE DELLE RELAZIONI GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL'OTTENIMENTO DELLE AUTORIZZAZIONI PER LE INSTALLAZIONI PREVISTE NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA MISSION INNOVATION - PROGETTO SMART GRID - PRESSO IL CR ENEA DI PORTICI (NA) – CIG Z0735A026B – CUP I62C21000380001"**, su incarico di **ENEA - C.R. Casaccia TERIN-ACP**.

E' stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato di fatto della zona di studio.

In seguito, sono stati compiuti ulteriori sopralluoghi, sia sull'area interessata dall'intervento che nelle aree adiacenti, allo scopo di ottenere una visione globale del territorio in cui si trova la zona interessata.

Il lavoro, nel rispetto delle **N.T.C. 2018**, ha avuto lo scopo di:

- *definire le condizioni morfologiche, idrogeologiche e tettoniche dell'area;*



- *valutare l'assetto litostratigrafico dell'area;*
- *definire la categoria sismica del sottosuolo secondo le Norme del D.M. 17 Gennaio 2018.*

Il lavoro stesso è altresì stato compilato in due fasi distinte e successive:

- nella prima fase è stata effettuata una analisi geomorfologica, idrogeologica, geologica e tettonica della zona in cui ricade l'area oggetto di studio;
- nella seconda fase è stato realizzato un rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed è stata interpretata una campagna di indagini geotecniche e geofisiche in situ.

Tutti i risultati desunti dalle indagini effettuate e le relative elaborazioni grafiche, si riportano nel presente fascicolo.

Di seguito si espongono le risultanze di che trattasi e le considerazioni emerse dallo studio effettuato.



Fig. 1: Immagine aerea dell'area allo studio.



2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA

Per la ricostruzione delle caratteristiche **geologiche, geotecniche e geofisiche** di dettaglio del lotto interessato dal Progetto di cui in oggetto è stato eseguito un rilevamento geologico esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geotecniche in sito e geofisiche.

Le **indagini geotecniche in sito** sono consistite in:

- **n. 01 prova penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH)**.

Le **indagini geofisiche in sito** sono infine consistite in:

- n° 01 **prospezione geofisica superficiale con tecniche di sismica a rifrazione classica**, allo scopo di ottenere una sezione sismica da interpretare in chiave geologica;
- n° 01 **prospezione geofisica superficiale con metodologia di indagine MASW**, necessaria per la **misurazione del valore delle Vs₃₀**, allo scopo di classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle **N.T.** vigenti.



2.1 CARTA DELLE INDAGINI

Una **corretta ubicazione delle indagini** è riportata, di seguito, in **Figura 11**.



Fig. 11: Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche in sito.



2.2 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE IN SITO

Prova Penetrometrica Dinamica DPSH

In questo paragrafo sono descritte le **indagini geotecniche in sito** effettuate nell'area di studio, consistite precisamente in:

- **N° 01 Prova Penetrometrica Dinamica DPSH**, denominata **DPSH1** e spinta fino ad una profondità massima pari a 4,20 metri dal p.c.

Tale **indagine geotecnica in sito** è stata eseguita, nel mese di APRILE 2022, dalla **Impresa GEOSECURE SRL**.

La **prova penetrometrica dinamica DPSH** (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento.

L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60°, e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm.

La prova viene generalmente eseguita a partire dal piano campagna, ma in alcuni casi può essere anche condotta come proseguimento di una prova statica interrotta a causa di un livello ad elevata resistenza.

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno, anche se viene tendenzialmente effettuata su terreni a granulometria grossolana.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



METODOLOGIA

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) 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) d*

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione **ISSMFE** (1988) dei diversi tipi di **penetrometri dinamici** (vedi tabella più 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
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25 m
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25 m

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

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

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



conica ($a = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7 \text{ mm}$, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

- **DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)**
 massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H = 0.75 \text{ m}$, avanzamento $d = 30 \text{ cm}$, punta conica ($a = 60^\circ$), diametro $D = 50.8 \text{ mm}$, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni.
- **DINAMICO SUPERPESANTE DPSH (Tipo EMILIA)**
 massa battente $M = 63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H = 0.75 \text{ m}$, avanzamento $d = 20-30 \text{ cm}$, punta conica ($a = 90^\circ$) diametro $D = 50.5 - 51,0 \text{ mm}$, area base cono $A = 20,0 - 20,43 \text{ cm}^2$, rivestimento/fango bentonitico : talora previsto.

PENETROMETRO DINAMICO IN USO PER LA SEGUENTE INDAGINE

TG 63-200 EML .C Pagani

CARATTERISTICHE TECNICHE

Rif. Norme	DIN 4094
PESO MASSA BATTENTE : M	63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA : H	0,75m
PESO SISTEMA BATTUTA : Ms	0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA: D	51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA : A	20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA: α	90°
LUNGHEZZA DELLE ASTE: La	1,00m
PESO ASTE PER METRO: Ma	6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA: Pl	0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA : δ	0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA: N= N(20)	Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO $Q = (MH) / (A \delta) = 11,65565 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT: $Q_{spt} = 7,83 \text{ kg/cm}^2$)	
COEFF.TEORICO DI ENERGIA $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente: $N_{spt} = \beta_t N$)	

In ALLEGATO N. 1 sono riportati i certificati relativi alle prove stesse.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



2.3 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO

E' stata eseguita, nell'area allo studio, una **campagna di indagini geofisiche in sito** risultata costituita, nello specifico, da:

- n° 01 **prospezione geofisica superficiale con tecniche di sismica a rifrazione classica e tomografica**, allo scopo di ottenere una sezione sismica da interpretare geologicamente;
- n° 01 **prospezione geofisica superficiale con metodologia di indagine MASW**, necessaria per la **misurazione del valore delle V_{s30}** , ovverosia per classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle **N.T.** vigenti.

Le **indagini geofisiche** sono state eseguite dalla **Ditta GEOSECURE SRL**, con sede in ROMA (RM) alla Via degli Scipioni, n° 268a, nel mese di APRILE 2022: nell'**ALLEGATO SISMICO (Allegato N. 2)** sono riportati gli elaborati relativi alle indagini geofisiche eseguite e la corretta ubicazione delle indagini stesse.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area ed in particolar modo quelli provenienti dall'esecuzione della prospezione con metodologia di indagine "**MASW**" hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- **V_{seq} pari a 345 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica **MASW** il valore di **V_{s30}** valido per detto intervallo è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo C**: tale sottosuolo è definito come "*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*



3 MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO

La consultazione dei **dati di Letteratura** disponibili per l'area di studio, la **diretta osservazione di campo** ottenuta durante il **rilevamento geologico di dettaglio** effettuato sia direttamente nell'area di intervento che nelle zone adiacenti (al fine di ampliare la visione dei terreni affioranti e delle strutture geologiche presenti) e le **ricostruzioni lito-stratigrafiche** derivanti dalla consultazione dei sondaggi geognostici ESEGUITI IN PASSATO nelle immediate vicinanze del sito di intervento, realizzati nell'ambito di una precedente lottizzazione, opportunamente verificati mediante le informazioni acquisite dalla lettura dei risultati provenienti dall'esecuzione della **campagna di indagini geotecniche e geofisiche in sito**, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

Per il sito di specifico interesse è pertanto possibile definire il seguente **modello geologico di riferimento**:

- **0,00 mt ÷ 0,80 mt Depositi di copertura, sciolti;**
- **0,80 mt ÷ 2,80 mt = Depositi vulcanici sciolti poco consistenti;**
- **2,80 mt ÷ 4,20 mt = Sabbia di natura piroclastica con pomici, mediamente consistente;**

NB. A seguire fino a 30 m = Lave consistenti



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dall'esecuzione delle prospezioni geotecniche in sito di tipo **DPSH** eseguite nell'area è stato possibile produrre le seguenti tabelle mostranti i parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione e i parametri sismici ed elastici ricavati dall'esecuzione delle prospezioni geofisiche:

PROVA ENEA P1

STRATO	Spessore dello strato (m)	Npt	Tipo	D _r %	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo φ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (kg/cm ²)	Coefficiente di spinta a Rigoso K ₀	Mod. Edometri co E _{ed} (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _e (kg/cm ²)	Q _c Resistenza alla punta (kg/cm ²)
1	DA METRI 0.00 A METRI 0.80	19	Incoerente	50	1.59	1.99	34.59	0.32	759.85	0.43	123.54	153.44	38.36
2	DA METRI 0.80 A METRI 2.80	8	Incoerente	28.33	1.45	1.90	27.63	0.34	444.33	0.54	73.55	63.76	15.94
3	DA METRI 2.80 A METRI 4.20	39	Incoerente	72	1.78	2.11	43.12	0.28	1182.22	0.32	214.35	316.32	79.08
4	DA METRI 4.20 A METRI 30.0		Incoerente	75	1.8	2.2	45	0.27	1200	0.30	220	320	80

Il coefficiente di reazione del terreno, o coefficiente di Winkler, è normalmente indicato come K o KS [kgf/cmc]. Nel modello di **Winkler** il sottosuolo è caratterizzato da una relazione lineare fra il cedimento di un punto (s) e la pressione di contatto (p) nello stesso punto: $p = K \cdot s$.

Dal punto di vista fisico il mezzo alla Winkler può essere assimilato ad un letto di molle elastiche fra loro indipendenti. Il coefficiente di reazione del terreno è per definizione il rapporto fra carico e cedimento. In un terreno reale il cedimento dipende, oltre che dal carico applicato e dalle proprietà del terreno, dalla forma e dimensioni della fondazione e dalla stratigrafia del terreno.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



Il metodo più appropriato per ricavare K è quello di calcolare il cedimento s della fondazione con il metodo più adeguato, tenendo conto del carico applicato, della geometria della fondazione, della stratigrafia del terreno e delle caratteristiche dei singoli strati, e poi ricavare K come rapporto fra la pressione media applicata p ed il cedimento s .

Nel caso specifico il valore di K_h risulta essere compreso tra 2.0 e 4.0 Kg/cm³.

Il coefficiente di Lambe esprime l'attrito negativo del terreno. Questo fenomeno nasce quando, al di sopra di un terreno compressibile, disponendo un deposito di terreno o qualsiasi altro carico, si verifica la consolidazione del materiale compressibile; quando un palo attraversa lo strato di materiale compressibile prima che il processo di consolidazione sia completo, ci sarà una traslazione del terreno verso il basso rispetto al palo. Tale movimento relativo provocherà un attrito palo-terreno denominato appunto attrito negativo.

Nel caso specifico risulta essere compreso tra 0.35 e 0.50.



4. MODELLAZIONE SISMICA DEL LOTTO INVESTIGATO

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali (che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali), in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria.

Determinare il comportamento di un litotipo, vale a dire la risposta a sollecitazioni costanti o variabili nel tempo, significa definire la o le relazioni sforzo-deformazioni sue caratteristiche, tramite i Moduli Elastici.

In particolare, in un contesto di prevenzione da rischio sismico, di notevole importanza è la valutazione della “**Risposta sismica locale**”, che consiste nel definire come i terreni più superficiali d'interesse ingegneristico, rispondono alle sollecitazioni prodotte da un evento sismico, modificandone le caratteristiche spettrali, nel senso di amplificazioni e/o attenuazioni in termini di ampiezze delle onde. Da tali modifiche, è noto, dipendono i maggiori danni alle strutture durante una scossa di terremoto, poiché la vulnerabilità di un edificio è funzione oltre che della durata e dell'intensità della sollecitazione, principalmente dall'ampiezza delle onde di taglio.

L'assetto litostratigrafico locale del sito investigato, rappresenta, da questo punto di vista, una zona sismica di tipo 2 “*Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.*”, caratterizzata da $0,15 < a_g \leq 0,25$ g secondo i criteri della mappa di **pericolosità sismica** definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore **dell'accelerazione orizzontale massima** (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 75 anni (a_g rappresenta l'indice di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 75 anni).



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



RIFERIMENTI VALIDI PER L'AREA ALLO STUDIO

Il sito in esame, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l'**Ordinanza n° 3234** del 29 luglio 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**, successivamente ripresa dal **D.M. 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**, è compreso in **ZONA SISMICA 2 (Comune di PORTICI)**.

E' quindi necessario comunicare ai Progettisti che in fase di calcolo delle strutture in progetto sarà necessario tener conto di un incremento di spinta legato ad azioni sismiche agenti di taglio.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione dinamica assume una particolare pericolosità in presenza di materiali granulari poco addensati saturi; il meccanismo di tale fenomeno dipende sia dalle caratteristiche relative al sisma (magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima al sito) che da quelle del terreno (distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in situ iniziale, etc.). La previsione della pericolosità di liquefazione si basa, oltre che sui parametri del sisma atteso, sulla stima di un "potenziale di liquefazione" del terreno, il quale dipende da una serie di parametri geotecnici. Come riportato nel par.7.11.3.4.2 del DM 14-01-2008 e modificata nelle N.T.C. 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{clN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa e q_{clN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it

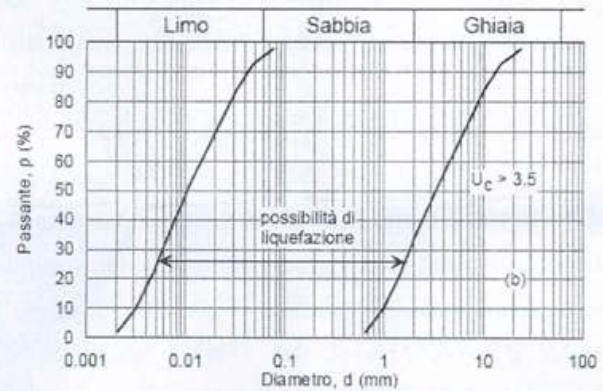
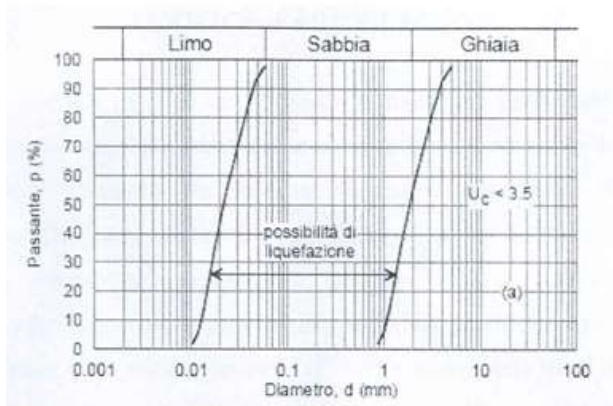


Figura 7.11.1(b) DM 14-01-2008

Nel caso specifico, dato l'assortimento granulometrico dei litotipi affioranti, le verifiche a liquefazione possono essere omesse

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Riguardo alla classificazione sismica dei suoli di fondazione *in situ* prevista dalla Normativa in vigore (D.M. 17 Gennaio 2018, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), vengono identificate n° 5 classi (denominate rispettivamente A, B, C, D e E) ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CAT.	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valore 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	<u>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</u>
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 m/s 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



Per **$V_{sequivalente}$** s'intende la media pesata delle velocità delle onde **S** negli strati fino alla profondità alla quale si incontra il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s).

Per il suolo di fondazione della zona di studio la **V_{seq}** mostra il seguente valore:

- **V_s Equivalente $M1$ pari a 345 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt = suolo categoria C.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica **MASW** il valore di **V_{seq}** valido è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo C**: tale sottosuolo è definito come *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.”*



STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Il **D.M. 17 gennaio 2018** (*Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche*) decreta che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "**pericolosità sismica di base**" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La **pericolosità sismica** è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se (T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **PVR**, nel periodo di riferimento **VR**.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

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

- **ag** = accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.



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

Nella presente relazione, per il sito considerato, sono forniti valori di **ag**, **Fo** e **Tc*** necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Il "**range**" dei valori calcolati mette in evidenza che, il sottosuolo del sito in oggetto, risulta caratterizzato da valori della **V_{seq}** di **345** m/s riconducibile alla Categoria di Suolo di tipo C.

Come anzi detto, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso lo spettro di risposta elastico.

Una volta individuate le coordinate del sito in oggetto sono state inserite nel programma che, riferendosi ad una griglia di parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 Km per nodo, ha ricavato i valori di **Ag**, **Fo** e **Tc*** riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), ossia in assenza di effetti locali.

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

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento **Ss** e **Cc** in funzione della **categoria di sottosuolo** di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica la norma



individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico T_s . Nelle *tabelle* successive vengono riportati i **range di variabilità** dei **coefficienti di amplificazione**:

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 1: Valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T per le diverse categorie topografiche.

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

Tabella 2: Espressioni di calcolo dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica S_s e C_c per le diverse categorie di suolo.



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

Tabella 3: Categorie di amplificazione topografica.

Dalle analisi geologiche, geomorfologiche, geognostiche e geotecniche effettuate, si evince che, per il sito in oggetto, può essere ragionevolmente assegnata una categoria di amplificazione topografica di **tipo T1** ossia assimilabile a *zona sub-pianeggiante* o con pendenza **$i < 15^\circ$** .

Il passo successivo consiste nella valutazione dell'**accelerazione massima attesa al sito (a_{max})**, che viene riportata di seguito nella seguente espressione:

$$a_{max} = a_g * S_s * S_t$$

L'accelerazione massima attesa **a_{max}** è fornita in m/s^2 (dal valore nominale di **$a_g(g)$**), accelerazione massima attesa al sito, si passa ad **a_g** (m/s^2) moltiplicando per 9.81.

Infine, si passa alla determinazione del **Coefficiente Sismico orizzontale (K_h)** e **Coefficiente Sismico verticale (K_v)**, seguendo le seguenti relazioni:

- **Coefficiente sismico orizzontale $K_h = \beta S * a_{max} / g$** (per fondazioni)
- **Coefficiente sismico verticale $K_v = 0.5 K_h$** (per fondazioni)

In definitiva l'analisi degli spettri di risposta è completata in funzione dell'incremento relativo alla **Classe d'uso della struttura in oggetto** e alla **Vita Nominale dell'opera**,



ulteriormente incrementata con i **Coefficienti Stratigrafici e Topografici** di cui sopra e verificata agli **Stati Limiti** così come previsto da norma.

Nella **tabella** seguente sono riportati i valori dell'accelerazione del suolo orizzontale di picco a_g espressi in percentuale di g, riferiti ad ogni zona omogenea di riferimento, tali valori sono riferiti alle accelerazioni attese in seguito ad un evento sismico in siti su roccia o suolo molto rigido (*bedrock*) con $V_s > 800$ m/s.

Zona sismica (livello di pericolosità)	Accelerazione orizzontale massima con prob. di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)
1 (alto)	$> 0,25$
<u>2 (medio)</u>	<u>0,15 – 0,25</u>
3 (basso)	$0,05 – 0,15$
4 (minimo)	$< 0,05$

Si riportano di seguito, infine, i **Parametri Sismici fondamentali** validi per il sito in esame



PAGINA 25 di 33



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



Si riporta di seguito la carta della Microzonazione Sismica di Livello 1 relativa al comune di PORTICI (NA):



- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3
- Zona 4
- Zona 5
- Zona 6
- Zona 7
- Zona 8
- Zona 9
- Zona 10
- Zona 11
- Zona 12
- Zona 13
- Zona 14
- Zona 15
- Zona 16
- Zona 17-98
- Substrato molto fratturato o alterato

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



5. CONCLUSIONI

Il sottoscritto:

- Geologo Vincenzo CORTESE, nato a Mugnano di Napoli (NA) il 28/12/1983 (C.F. **CRTVCN83T28F799C**) e residente in Bojano (CB) alla Via Gino Di Biase n° 32, iscritto all'Albo Professionale dell'*Ordine dei Geologi della Regione Molise* al n° **155** - sez. A "Geologi Specialisti",

con **STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA** avente sede in BOJANO (CB) alla Via Barcellona n° 20, ha eseguito uno studio di carattere geologico - tecnico nel tenimento del Comune di **PORTICI (NA)** a corredo del Progetto denominato **"ESECUZIONE DI INDAGINI GEOLOGICHE E REDAZIONE DELLE RELAZIONI GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL'OTTENIMENTO DELLE AUTORIZZAZIONI PER LE INSTALLAZIONI PREVISTE NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA MISSION INNOVATION - PROGETTO SMART GRID - PRESSO IL CR ENEA DI PORTICI (NA) – CIG Z0735A026B – CUP I62C21000380001"**, su incarico di **ENEA - C.R. Casaccia TERIN-ACP**.

E' stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato di fatto della zona di studio.

In seguito, sono stati compiuti ulteriori sopralluoghi, sia sull'area interessata dall'intervento che nelle aree adiacenti, allo scopo di ottenere una visione globale del territorio in cui si trova la zona interessata.



Il lavoro, nel rispetto delle **N.T.C. 2018**, ha avuto lo scopo di:

- *definire le condizioni morfologiche, idrogeologiche e tettoniche dell'area;*
- *valutare l'assetto litostratigrafico dell'area;*
- *definire la categoria sismica del sottosuolo secondo le Norme del D.M. 17 Gennaio 2018.*

Il lavoro stesso è altresì stato compilato in due fasi distinte e successive:

- nella prima fase è stata effettuata una analisi geomorfologica, idrogeologica, geologica e tettonica della zona in cui ricade l'area oggetto di studio;
- nella seconda fase è stato realizzato un rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed è stata presenziata, diretta ed interpretata una campagna di indagini geotecniche e geofisiche in situ.

Per la ricostruzione delle caratteristiche **geologiche , geotecniche e geofisiche** di dettaglio del lotto interessato dal Progetto di cui in oggetto è stato eseguito un rilevamento geologico esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geotecniche in sito e geofisiche.

Per il sito di specifico interesse è pertanto possibile definire il seguente **modello geologico di riferimento:**

- **0,00 mt ÷ 0,80 mt Depositi di copertura, sciolti;**
- **0,80 mt ÷ 2,80 mt = Depositi vulcanici sciolti poco consistenti;**
- **2,80 mt ÷ 4,20 mt = Sabbia di natura piroclastica con pomici, mediamente consistente;**

NB. A seguire fino a 30 m = Lave consistenti

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



PROVA ENEA P1

STRATO	Spessore dello strato (m)	N _{sp}	Tipo	D _r %	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo ϕ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Coefficiente spinta a Rigoso K ₀	Mod. Edometri E _{ed} (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _s (kg/cm ²)	Qc Resistenza alla punta (kg/cm ²)
1	DA METRI 0.00 A METRI 0.80	19	Incoerente	50	1.59	1.99	34.59	0.32	759.85	0.43	123.54	153.44	38.36
2	DA METRI 0.80 A METRI 2.80	8	Incoerente	28.33	1.45	1.90	27.63	0.34	444.33	0.54	73.55	63.76	15.94
3	DA METRI 2.80 A METRI 4.20	39	Incoerente	72	1.78	2.11	43.12	0.28	1182.22	0.32	214.35	316.32	79.08
4	DA METRI 4.20 A METRI 30.0		Incoerente	75	1.8	2.2	45	0.27	1200	0.30	220	320	80

Nel caso in esame **la verifica alla liquefazione può essere omessa**, dato l'assortimento granulometrico dei litotipi affioranti.

Per la ricostruzione delle caratteristiche **geologiche, geotecniche e geofisiche** di dettaglio del lotto interessato dal Progetto di cui in oggetto è stato eseguito un rilevamento geologico esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geotecniche in sito e geofisiche.

Le **indagini geotecniche in sito** sono consistite in:

- **n. 01 prova penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH).**

Le **indagini geofisiche in sito** sono infine consistite in:

- n° 01 **prospezione geofisica superficiale con tecniche di sismica a rifrazione classica**, allo scopo di ottenere una sezione sismica da interpretare in chiave geologica;

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



- n° 01 **prospezione geofisica superficiale con metodologia di indagine MASW**, necessaria per la **misurazione del valore delle V_{s30}** , allo scopo di classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle **N.T.** vigenti.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area ed in particolar modo quelli provenienti dall'esecuzione della prospezione con metodologia di indagine "**MASW**" hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- V_{seq} pari a **345 m/s** per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt;

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica **MASW** il valore di V_{seq} valido per detto intervallo è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo C**: tale sottosuolo è definito come "*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*".

Dall'esecuzione della prospezione geotecnica in sito di tipo **DPSH** eseguita nell'area è stato possibile, inoltre, produrre la tabella mostrante i **parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione**.

E' stata effettuata, infine, la **modellazione sismica** dell'area di studio.

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali (che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali), in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria.

Il sito in esame, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l'**Ordinanza n° 3234** del 29 luglio 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**,



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



successivamente ripresa dal **D.M. 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**, è compreso in **ZONA SISMICA 2 (Comune di PORTICI)**.

E' quindi necessario comunicare ai Progettisti che in fase di calcolo delle strutture in progetto sarà necessario tener conto di un incremento di spinta legato ad azioni sismiche agenti di taglio.

I dati di letteratura mostrano, inoltre, che la zona di studio ed è situata in un'area caratterizzata da spessori della coltre di copertura inferiori a 30,00 metri e quindi potrebbe essere interessata da **possibili fenomeni di amplificazione di sito per frequenze inferiori ad 1 Hz.**

Pertanto, per il dimensionamento delle opere d'arte previste per gli interventi di natura edile è prevista l'adozione, con le relative prescrizioni, delle norme tecniche emanate con D.M. 17.1.2018 ai sensi delle Leggi 1086 del 1971 e 64 del 1974, poi diventate D.P.R. 380 del 2001.

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Vincenzo CORTESE

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



ALLEGATO N. 1

PROVE GEOTECNICHE IN SITU

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



ALLEGATO N. 2

PROVE GEOFISICHE IN SITU

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it

CERTIFICATI PROVE IN SITO

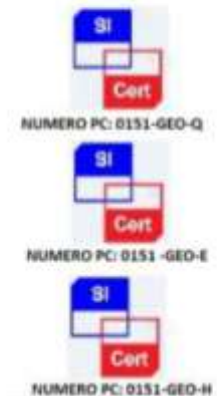


Available versions		
DP Only	CPT Only	DP + CPT
■ DPSH □ DPH □ DPM	■ 200kN	■ DPSH + 200 kN □ DPH + 200 kN □ DPM + 200 kN
Rotary head		

Legend	
■	Standard
□	Optional



ATT. N. 7918/63/01



SEDE LEGALE: VIA DEGLI SCIPIONI 268A - ROMA (RM)

SEDE OPERATIVA: VIA BARCELLONA N.18 – BOJANO

TEL:0874/783120 CELL.3286429991 FAX:0874/773188

MAIL: info@geosecure.it SITO: www.geosecure.it

COMMITTENTE : ENEA - C.R. Casaccia TERIN-ACP

OGGETTO : ESECUZIONE DI INDAGINI GEOLOGICHE E REDAZIONE DELLE RELAZIONI GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL'OTTENIMENTO DELLE AUTORIZZAZIONI PER LE INSTALLAZIONI PREVISTE NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA MISSION INNOVATION - PROGETTO SMART GRID - PRESSO IL CR ENEA DI PORTICI (NA) – CIG Z0735A026B – CUP I62C21000380001

LOCALITA' : PORTICI (NA)

CODICE DOCUMENTO : CPS 211/22 DPSH

SPERIMENTATORE	DIRETTORE TECNICO	REV. 0
DOTT. ANTONINO CARUSO	DOTT. CARLO CORTESE	DATA APRILE 2022

NUMERO E TIPOLOGIE DI PROVE IN SITU:

N. 1 PROVA PENETROMETRICA DI TIPO DPSH A PUNTA CHIUSA

NEL MESE DI **APRILE 2022** LA GEOSECURE SRL HA ESEGUITO NEL TENIMENTO DI **PORTICI (NA)** UNA PROSPEZIONE GEOTECNICA IN SITU DI TIPO DPSH, SU INCARICO DI **ENEA - C.R. Casaccia TERIN-ACP**, IN RELAZIONE ALLA PRATICA DENOMINATA **“SECUZIONE DI INDAGINI GEOLOGICHE E REDAZIONE DELLE RELAZIONI GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL’OTTENIMENTO DELLE AUTORIZZAZIONI PER LE INSTALLAZIONI PREVISTE NELL’AMBITO DEL PROGRAMMA MISSION INNOVATION - PROGETTO SMART GRID - PRESSO IL CR ENEA DI PORTICI (NA) – CIG Z0735A026B – CUP I62C21000380001”**.

IL FASCICOLO, COSTITUITO DA N. PAG. 04, E’ RILASCIATO IN TRIPLICE COPIA IN ORIGINALE.



PROVA ENEA P1

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

Profondita' prova 4.20 mt

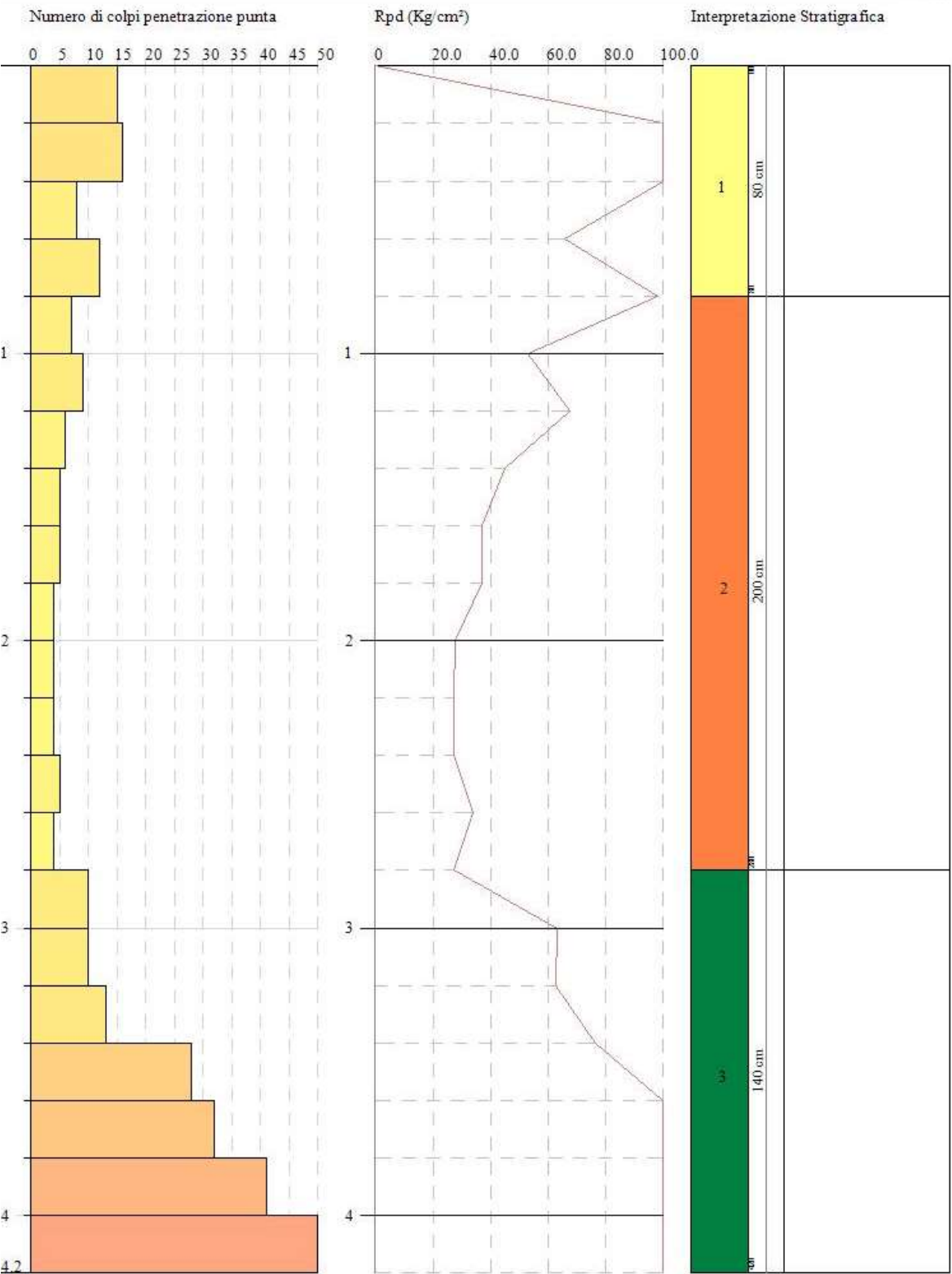
Falda non rilevata

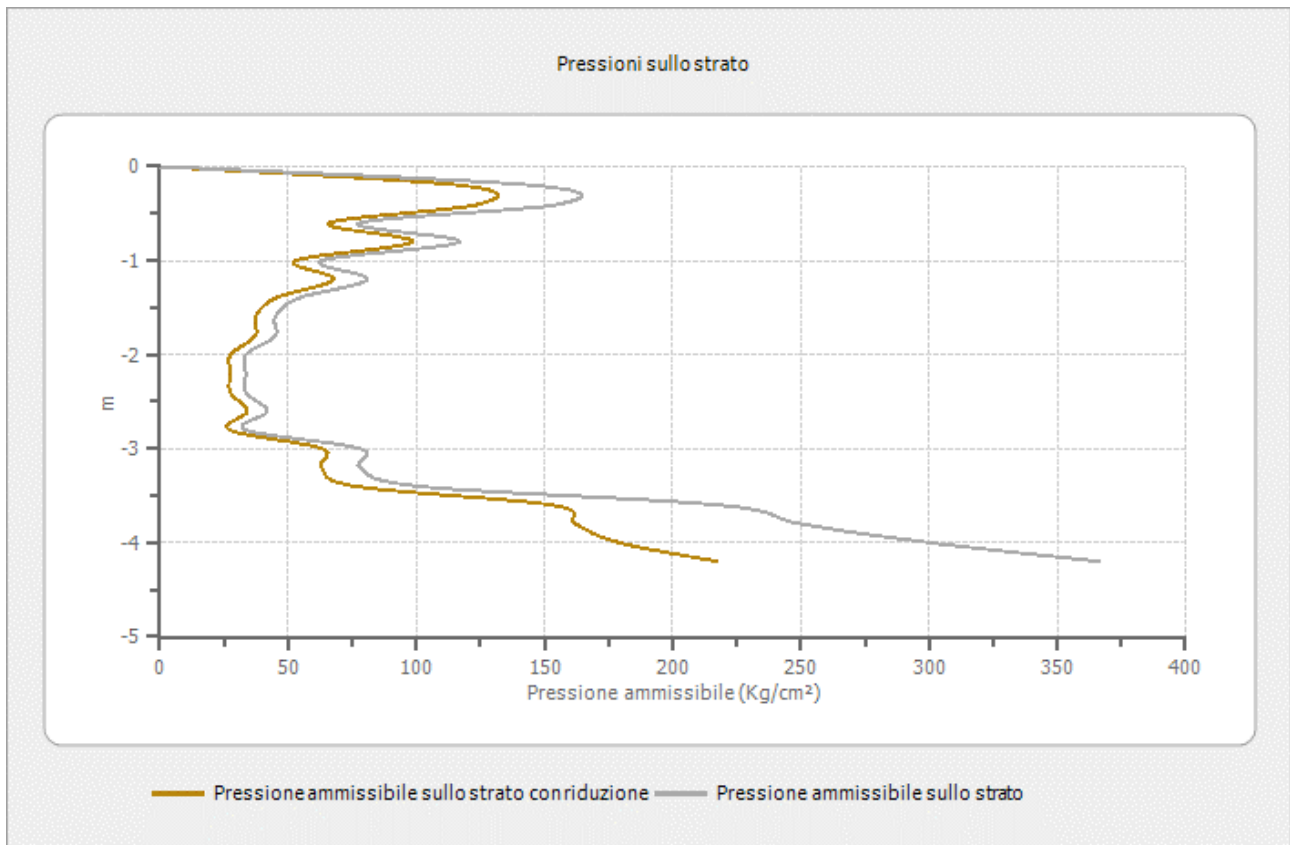
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	15	0.805	117.29	145.77	117.29	145.77
0.40	16	0.801	124.51	155.49	124.51	155.49
0.60	8	0.847	65.85	77.74	65.85	77.74
0.80	12	0.843	98.34	116.61	98.34	116.61
1.00	7	0.840	52.84	62.93	52.84	62.93
1.20	9	0.836	67.66	80.91	67.66	80.91
1.40	6	0.833	44.92	53.94	44.92	53.94
1.60	5	0.830	37.29	44.95	37.29	44.95
1.80	5	0.826	37.14	44.95	37.14	44.95
2.00	4	0.823	27.54	33.45	27.54	33.45
2.20	4	0.820	27.44	33.45	27.44	33.45
2.40	4	0.817	27.34	33.45	27.34	33.45
2.60	5	0.814	34.05	41.82	34.05	41.82
2.80	4	0.811	27.14	33.45	27.14	33.45
3.00	10	0.809	63.23	78.18	63.23	78.18
3.20	10	0.806	63.02	78.18	63.02	78.18
3.40	13	0.753	76.58	101.64	76.58	101.64
3.60	28	0.701	153.43	218.92	153.43	218.92
3.80	32	0.648	162.23	250.19	162.23	250.19
4.00	41	0.596	179.37	300.95	179.37	300.95
4.20	50	0.594	217.89	367.01	217.89	367.01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Località:

Scala 1:20





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



REGIONE CAMPANIA



COMUNE di
PORTICI
(Provincia di NAPOLI)



**ESECUZIONE DI INDAGINI GEOLOGICHE E REDAZIONE DELLE RELAZIONI
GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL'OTTENIMENTO DELLE AUTORIZZAZIONI PER LE
INSTALLAZIONI PREVISTE NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA MISSION
INNOVATION - PROGETTO SMART GRID - PRESSO IL CR ENEA DI PORTICI (NA) –
CIG Z0735A026B – CUP I62C21000380001**

COMMITTENZA: ENEA - C.R. Casaccia TERIN-ACP
SITO: ZONA P1 – PORTICI (NA)

ALLEGATO SISMICO



GEOSECURE S.R.L.
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL SERVICES



IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Carlo Cortese

DATA: APRILE 2022

Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE GENERALE	PAG. 02
2	INTRODUZIONE ALLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE	PAG. 03
	2.1 TOMOGRAFIA SISMICA	PAG. 03
	2.2 MASW	PAG. 06
3	RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO	PAG. 09
	3.1 TOMOGRAFIA SISMICA SS1	PAG. 09
	3.2 MASW M1	PAG. 13
4	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE	PAG. 17

1. INTRODUZIONE

In questo **ALLEGATO SISMICO** si descrivono i risultati provenienti dalla **campagna di indagini geofisiche** effettuata nel comune di **Portici (NA)**, dalla ditta “**GEOSECURE s.r.l.**”, nel mese di **Aprile 2022**, eseguita a servizio della pratica denominata “**ESECUZIONE DI INDAGINI GEOLOGICHE E REDAZIONE DELLE RELAZIONI GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL’OTTENIMENTO DELLE AUTORIZZAZIONI PER LE INSTALLAZIONI PREVISTE NELL’AMBITO DEL PROGRAMMA MISSION INNOVATION - PROGETTO SMART GRID - PRESSO IL CR ENEA DI PORTICI (NA) – CIG Z0735A026B – CUP I62C21000380001**” per conto di **ENEA - C.R. Casaccia TERIN-ACP**.

Nel dettaglio, la **campagna di indagini geofisiche** eseguite nell’area è consistita in:

- N° 01 PROSPEZIONE GEOFISICA SUPERFICIALE CON METODOLOGIA DI INDAGINE DENOMINATA “SISMICA A RIFRAZIONE” E “TOMOGRAFIA SISMICA” ESEGUITE MEDIANTE INSTALLAZIONE DI N° 01 STENDIMENTI SISMICI DENOMINATI **SS1** (di lunghezza pari a 34,50 MT);
- N° 01 PROSPEZIONE GEOFISICA SUPERFICIALE CON METODOLOGIA DI INDAGINE “MASW” **M1** (di lunghezza pari a 34,50 MT).

La corretta ubicazione delle indagini eseguite nell’area allo studio è riportata di seguito in **Figura 1**:



Fig. 1: ubicazione delle indagini geofisiche eseguite nel comune di Portici (NA).

2. INTRODUZIONE ALLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE

2.1 TOMOGRAFIA SISMICA

L'obiettivo delle prospezioni geofisiche effettuate con metodologia di indagine TOMOGRAFICA SISMICA è stato quello di investigare attraverso metodologie geofisiche specifiche il sottosuolo allo scopo di creare un profilo sismo-stratigrafico di riferimento per ciascuna prova effettuata.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FIGURE PROFESSIONALI UTILIZZATE DURANTE LE INDAGINI:

La strumentazione utilizzata nell'area è costituita da un sismografo multicanale **M.A.E. modello A 6000 S** (*Figura 2*), avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- *capacità di campionamento dei segnali tra 0,002 e 0,00005 sec;*
- *sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);*
- *filtri High Pass e Band Reject;*
- *"Automatic Gain Control";*
- *convertitore A/D a 24 bit;*
- *24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;*
- *massa battente pesante di 10 Kg.*



Fig. 2: sismografo multicanale M.A.E. modello A 6000 S.

Durante la fase di acquisizione dati la Ditta "GEOSECURE S.r.l." si è avvalsa delle seguenti figure professionali:

- **n. 1 geofisico prospettore;**
- **n. 2 assistenti al geofisico prospettore.**

Tutti gli strumenti di misura, impiegati in accordo con il calendario di taratura imposto al sistema di qualità in uso presso la Ditta "GEOSECURE S.r.l." sono tarati presso il laboratorio della "M.A.E. s.r.l." di Frosolone (IS).

PRINCIPI DI BASE:

La metodologia **sismica a rifrazione** utilizza la stima delle **velocità di propagazione** delle onde sismiche nel sottosuolo che sono generate quando il terreno è sottoposto a sollecitazioni artificiali o naturali (sisma).

La determinazione delle velocità viene ricavata misurando i **tempi di primo arrivo** delle onde sismiche generate in diversi punti sulla superficie topografica, considerando i seguenti *principi di base*:

- *le onde sismiche si propagano con velocità diverse in mezzi con caratteristiche meccaniche diverse*
- *quando il raggio sismico attraversa una discontinuità di velocità (passa da un mezzo più lento ad uno più veloce, o viceversa) cambia direzione come descritto dalla **Legge di Snell**.*

I CASI DI APPLICAZIONE DELLA SISMICA A RIFRAZIONE:

I metodi di interpretazione della **sismica a rifrazione di superficie** si basano sull'analisi delle **onde P** o in alternativa **onde S** e trovano numerosi campi di applicazione:

- **Studi di carattere geotecnico (individuazioni delle proprietà fisiche dei mezzi investigati);**
- **Studi di carattere geologico (successioni stratigrafiche, individuazione di faglie, strutture sepolte, ecc.);**
- **Determinazione della profondità del substrato roccioso;**
- **Studi per la pianificazione del territorio (microzonazione sismica);**
- **Studi in campo ambientale (discariche).**

La tabella di seguito riportata illustra i casi di applicazione per ogni metodologia d'indagine.

<u>Metodi di interpretazione</u>	<u>Caso di applicazione</u>
Delle intercette (o convenzionale)	Strati paralleli e sub-orizzontali
Reciproco generalizzato (GRM)	Morfologie degli strati articolate e con inclinazioni < 20°
Reciproco di Hawkins o Delay time	Morfologie degli strati articolate e con inclinazioni < 20°
Tomografico	Morfologie complesse

Considerate le caratteristiche geologiche dell'area di studio, i metodi d'indagine sismica utilizzati sono stati il **metodo delle intercette** (o metodo convenzionale) ed il **metodo tomografico**.

Operativamente, ciò che è stato eseguito in campagna è una disposizione lungo una retta di **trasduttori velocimetrici (geofoni)** lungo la sezione specifica che si desiderava investigare; quindi, in funzione della risoluzione e delle profondità ricercate, si sono adeguatamente disposti i punti di produzione dell'energia elastica; leggendo i tempi dei primi arrivi delle onde sismiche ai geofoni, si sono ricostruite le **dromocrone** che permettono di individuare le variazioni verticali di velocità e le velocità reali dei diversi sismostrati.

Secondo i tempi di primo arrivo delle onde longitudinali **P** e le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (**interspazio geofonico** e **offset di scoppio**) è stato possibile, inoltre, dimensionare gli spessori dei sismo-strati attraversati dalla radiazione elastica e quindi ottenere una **dettagliata perizia sismica** della porzione di sottosuolo sottoposta ad indagine.

Per ciò che concerne la campagna di indagine del lavoro in oggetto, sono stati sviluppati in situ:

- **n° 01 stendimento sismico – DENOMINATO SS1** - con l'utilizzo di n° **24 geofoni** distanziati tra di loro su linea retta con distanza intergeofonica pari a 1,50 metri (LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO = 34,50 MT);

2.2 MASW

INTRODUZIONE:

Il metodo **MASW** (**Multichannel Analysis or Surface Waves**) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della **misura delle onde superficiali** eseguita in corrispondenza di diversi sensori (**geofoni** nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle **onde di Rayleigh**, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde; in un mezzo stratificato le **onde di Rayleigh** sono dispersive (**fenomeno della dispersione**

geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (**Achenbach, IO., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980**) o detto in maniera equivalente **la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione**.

La **natura dispersiva** delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine **MASW** utilizzato è, inoltre, di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite **energizzazione** con mazza battente parallelamente all'*array*) e misurate da uno stendimento lineare di sensori (*geofoni*).

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel **range di frequenze** compreso tra **5-10Hz** e **70-100Hz**, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30,00-50,00 metri, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

METODOLOGIA UTILIZZATA:

Il metodo prevede lo svolgimento di **n° 4 fasi** successive e propedeutiche:

- 1) calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- 2) calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo **Roma (2001)**;
- 3) calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo **Lai-Rix (1998)**;
- 4) individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_{sv} , modificando opportunamente lo **spessore h** , le **velocità delle onde di taglio V_{sv}** e di **compressione V_p** (o in alternativa il **coefficiente di Poisson ν**), la **densità di massa ρ** degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'**affidabilità del profilo di velocità V_s** trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FIGURE PROFESSIONALI UTILIZZATE DURANTE LE INDAGINI:

Durante la fase di acquisizione dati la Ditta “**GEOSECURE S.r.l.**” si è avvalsa delle seguenti figure professionali:

- n. 1 geofisico prospettore;
- n. 2 assistenti al geofisico prospettore.

Tutti gli strumenti di misura, impiegati in accordo con il calendario di taratura imposto al sistema di qualità in uso presso la Ditta “**GEOSECURE S.r.l.**” sono tarati presso il laboratorio della “**M.A.E. s.r.l.**” di Frosolone (IS).

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata nella zona di indagine è stata costituita da:

- un sistema di energizzazione: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza

propria di 4.5 Hz, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente;

- *un sistema di acquisizione dati con memoria dinamica a 24 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, cavo sismico telemetrico di 130 m, MOM power con interfaccia USB 1.1 24 V, notebook PC Windows XP con software Pane I Acquisition a 24 canali; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione; la conversione A/D avviene già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing;*
- *un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.*

Nello specifico, la **strumentazione utilizzata nell'area** è costituita da un sismografo multicanale **M.A.E. modello A 6000 S (Figura 3)**, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- *capacità di campionamento dei segnali tra 0,002 e 0,00005 sec;*
- *sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (**time break**);*
- *filtri High Pass e Band Reject;*
- *"Automatic Gain Control";*
- *convertitore A/D a 24 bit;*
- *24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;*
- *massa battente pesante di 10 Kg.*



Fig. 3: sismografo multicanale M.A.E. modello A 6000 S.

3. RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO SS1

3.1 TOMOGRAFIA SISMICA

LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO 34,50 Mt - DISTANZA INTERGEOFONICA = 1,50 Mt

Il profilo sismico in oggetto è stato ubicato come mostrato, di seguito, in **Figura 4**:



Fig. 4: ubicazione del profilo sismico.

Il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza **battente di massa pari a 10.00 kg** effettuando scoppi specifici ubicati in punti ben precisi lungo ciascuno stendimento stesso:

- *due scoppi simmetrici (**off-shots**) esterni allo stendimento ad una distanza di 3,00 metri dal geofono più vicino;*
- *uno scoppio (**mid-shot**) al centro dello stendimento stesso.*
- *due scoppi intermedi allo stendimento, il primo tra il 6° e il 7° geofono e il secondo tra il 18° e 19° geofono.*

I sismogrammi sono stati acquisiti con campionatura pari a 15.000 campioni al secondo per un totale di 0.13 secondi di acquisizione.

Sono riportati le forme d'onda e i dati di picking che sono stati elaborati con il software “**Rayfract 3.36**” della **Intelligent Resources** (Copyright 1996-2019), relativi ai risultati dell'indagine sismica effettuata.

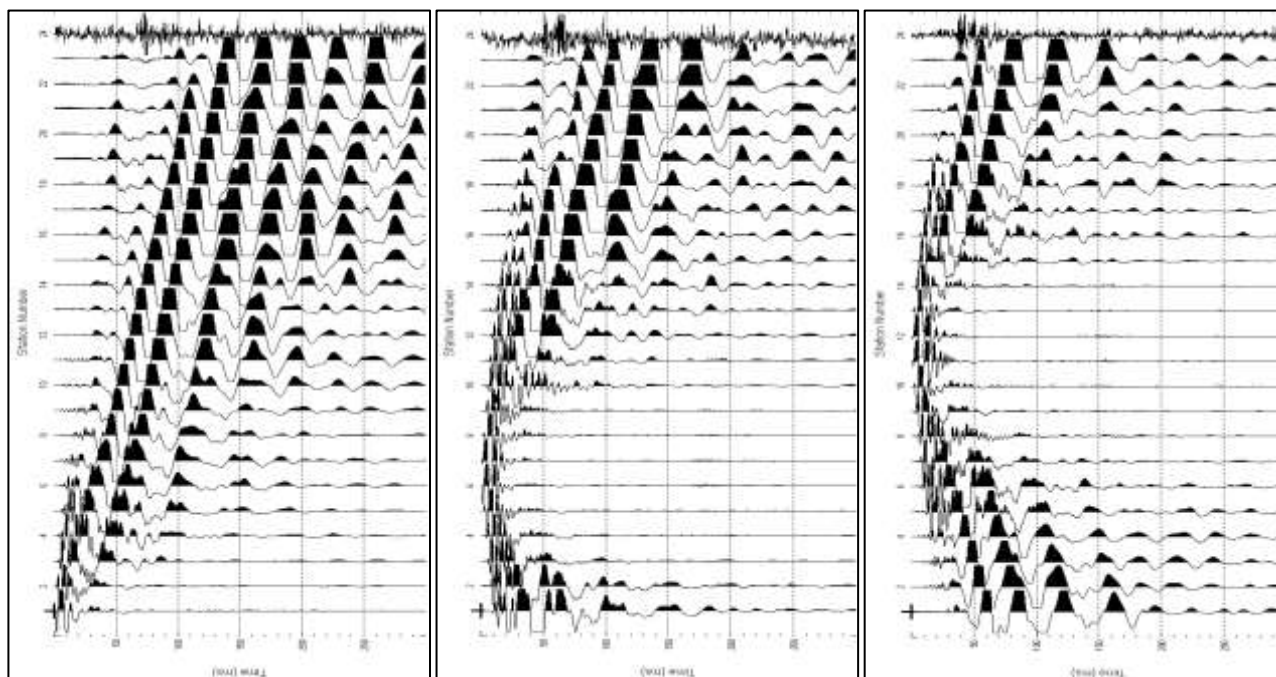


Fig. 5: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3. – SS1

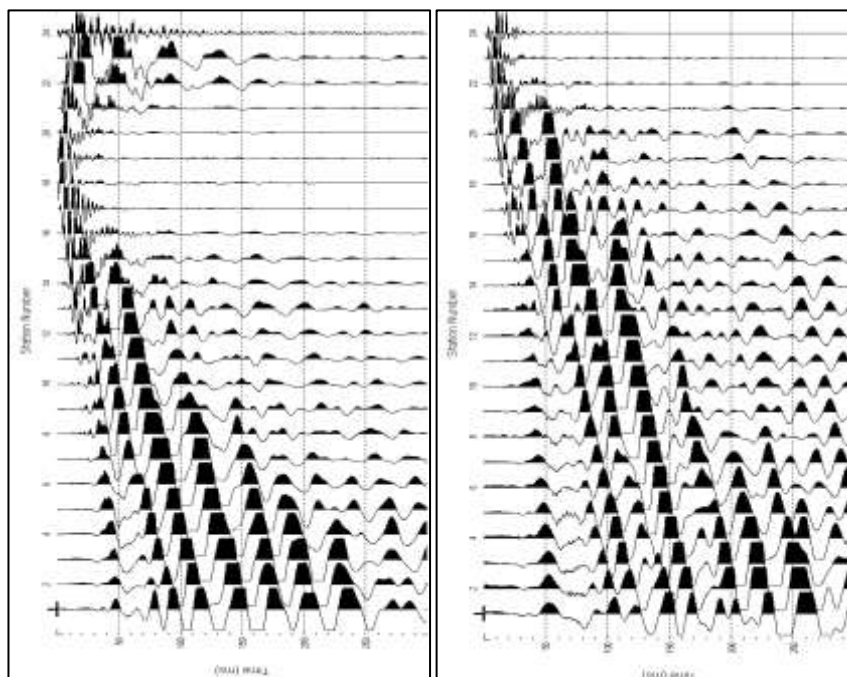


Fig. 6: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS1

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-1.50	9.00	18.00	27.00	36.00
	msec	msec	msec	msec	msec
0.00	3.59	9.102	18.461	27.435	33.332
1.50	4.702	6.923	16.666	25.64	32.691
3.00	6.538	5	14.871	24.358	31.537
4.50	7.692	3.846	12.935	23.204	30.496
6.00	9.205	2.308	11.541	21.409	29.101
7.50	11.282	1.154	10.269	19.256	27.948
9.00	12.435	1.026	8.333	17.82	26.794
10.50	14.23	2.436	6.538	16.625	24.999
12.00	15.512	3.805	4.743	15.23	23.845
13.50	17.307	4.943	3.384	13.717	22.05
15.00	18.461	7.179	2.436	11.923	20.768
16.50	19.768	9.087	1.026	10.128	18.991
18.00	21.409	10.469	2.051	8.333	17.82
19.50	23.045	12.435	3.461	7.436	16.025
21.00	24.999	13.76	4.872	6.025	14.717
22.50	26.394	14.923	5.84	4.743	13.076
24.00	27.589	16.666	7.179	2.936	11.369
25.50	28.742	18.461	8.974	1.941	9.487
27.00	29.683	20.256	10.128	1.241	8.333
28.50	30.896	21.409	11.282	2.295	6.838
30.00	32.178	23.004	13.076	3.959	5.897
31.50	32.691	23.958	14.23	5.059	4.872
33.00	33.332	24.899	16.025	6.554	3.692
34.50	33.973	25.948	18.461	8.333	3.051

Fig. 7: tabella dei primi arrivi.

Nella **Figura 8** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi**.

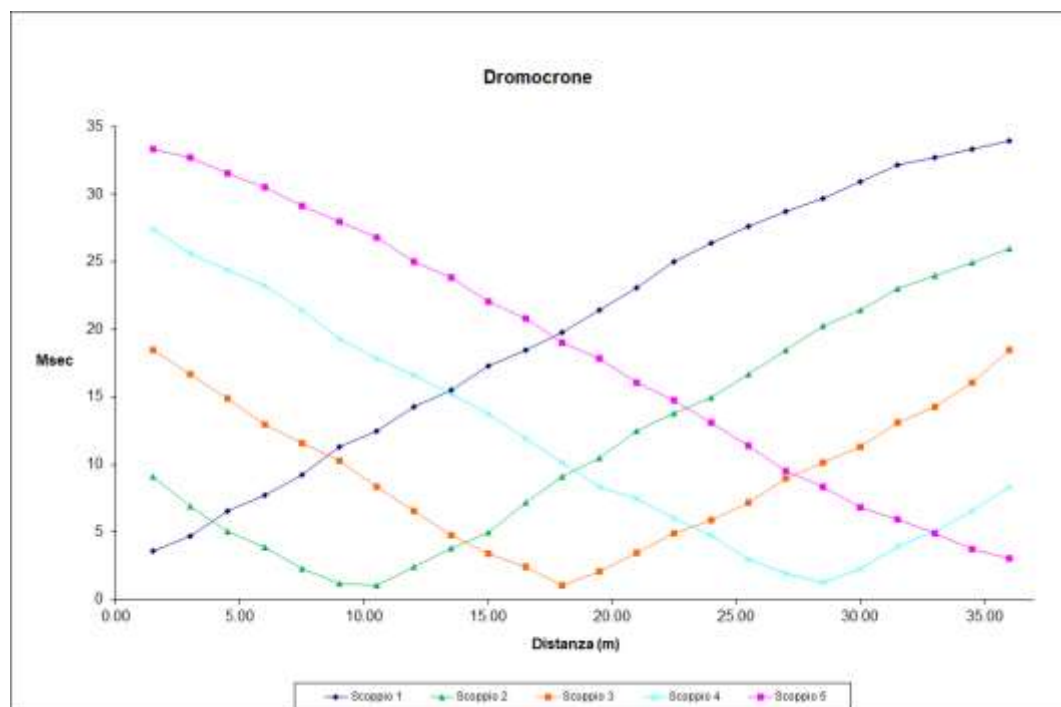


Fig. 8: dromocrone dei primi arrivi.

Nella figura seguente viene riportata la tomografia sismica relativa al sito di indagine, calcolata tramite software **Rayfract 3.36** con restituzione grafica ottenuta tramite software **Surfer 9.0**.

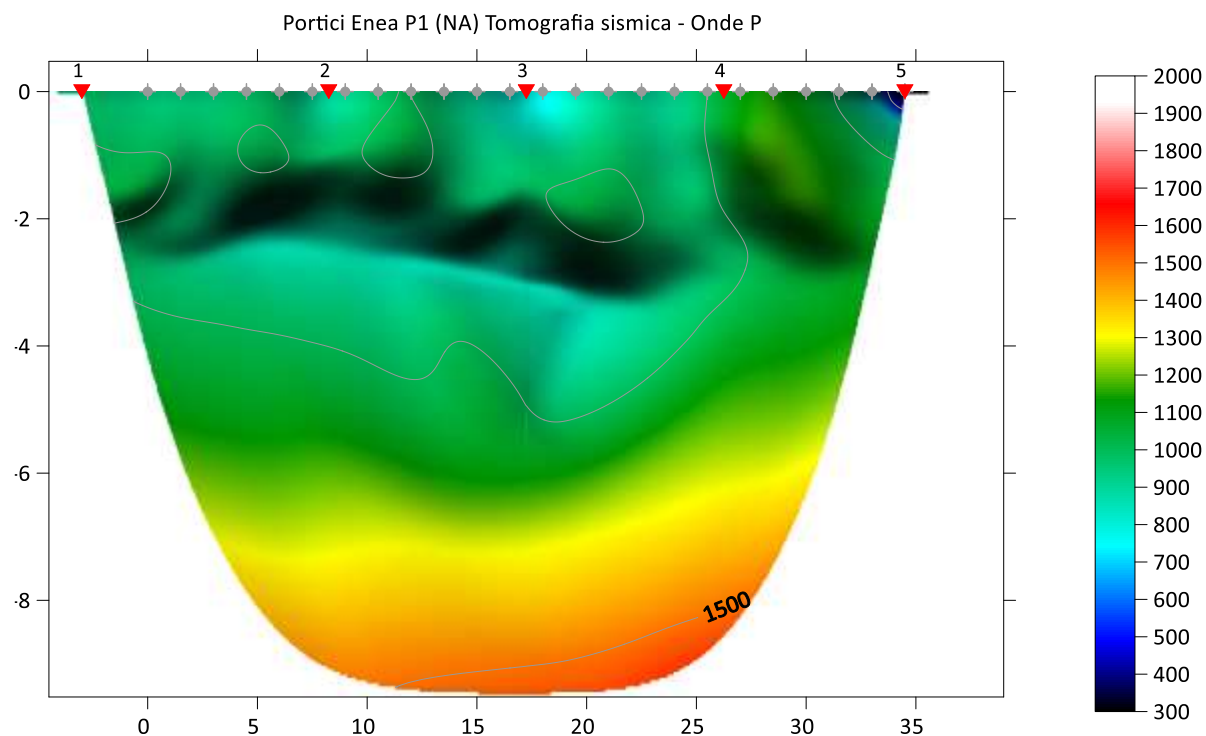


Fig. 9: tomografia sismica. SS1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



FOTO 1A: postazione di energizzazione SS1.

2.1 MASW

ELABORAZIONE DEI DATI M1:

Per ciò che riguarda l'**elaborazione dei dati** è stato utilizzato il software **EasyMasw** per ottenere il **grafico di dispersione** e per l'**elaborazione del profilo di Vs**.

I sismogrammi sono stati acquisiti con campionatura pari a 1.000 campioni al secondo per un totale di 2 secondi di acquisizione.

La **distanza intergeofonica** è stata stabilita in 1,50 metri, mentre lo **scoppio di energizzazione** è stato effettuato a 3,00 metri dal primo geofono.

Di seguito si riportano i seguenti elaborati grafici riferiti alla stessa eseguita:

In **Fig. 10** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 11** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;

In **Fig. 12** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

In **Fig. 13** è riportato il grafico mostrante il profilo di velocità;

In **Fig. 14** è riportato l'andamento di Vs con la profondità;

In **Fig. 15** è riportato il Calcolo di V_{seq} . M1;

In **Fig. 16** è riportata la Tabella di calcolo di V_{seq} . M1.

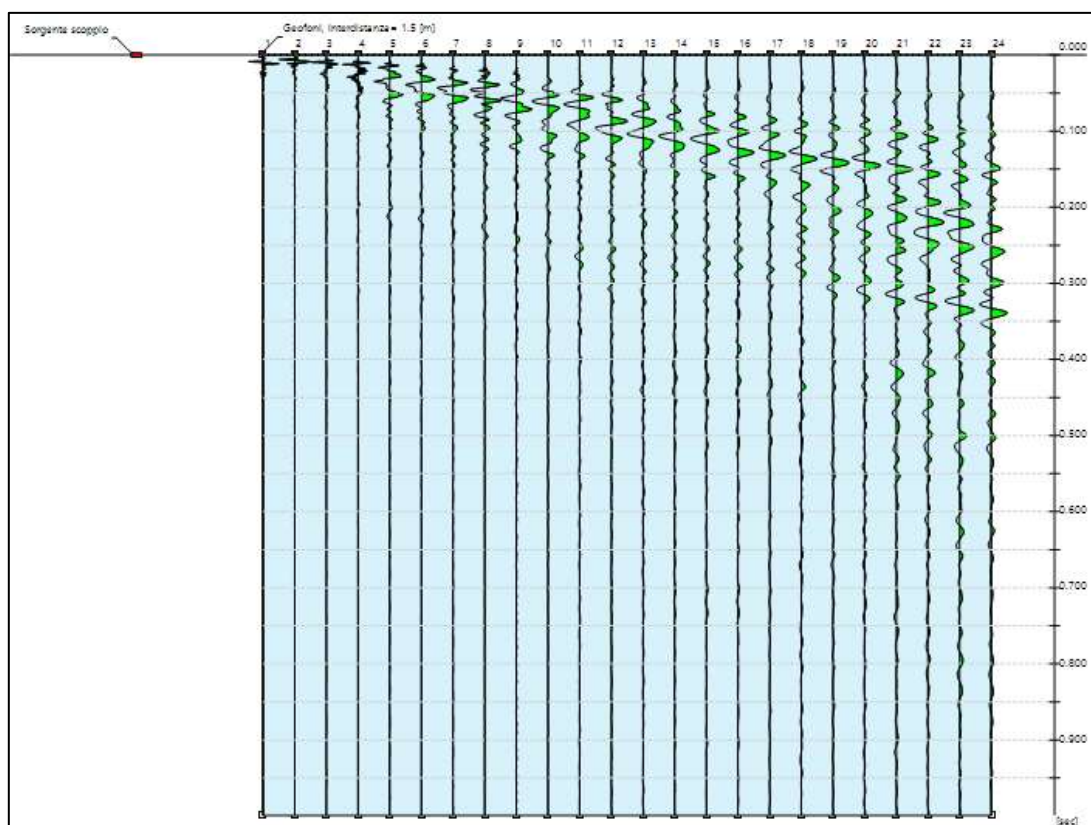


Fig.10: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M1

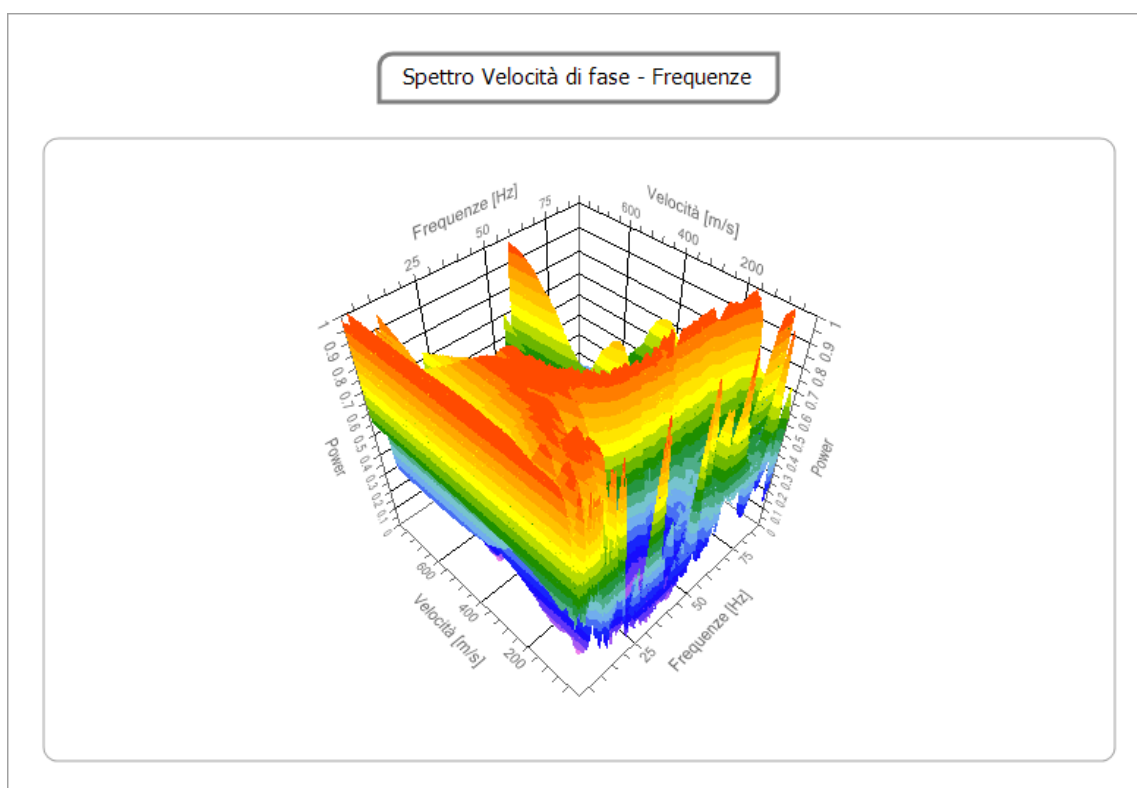


Fig. 11: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M1

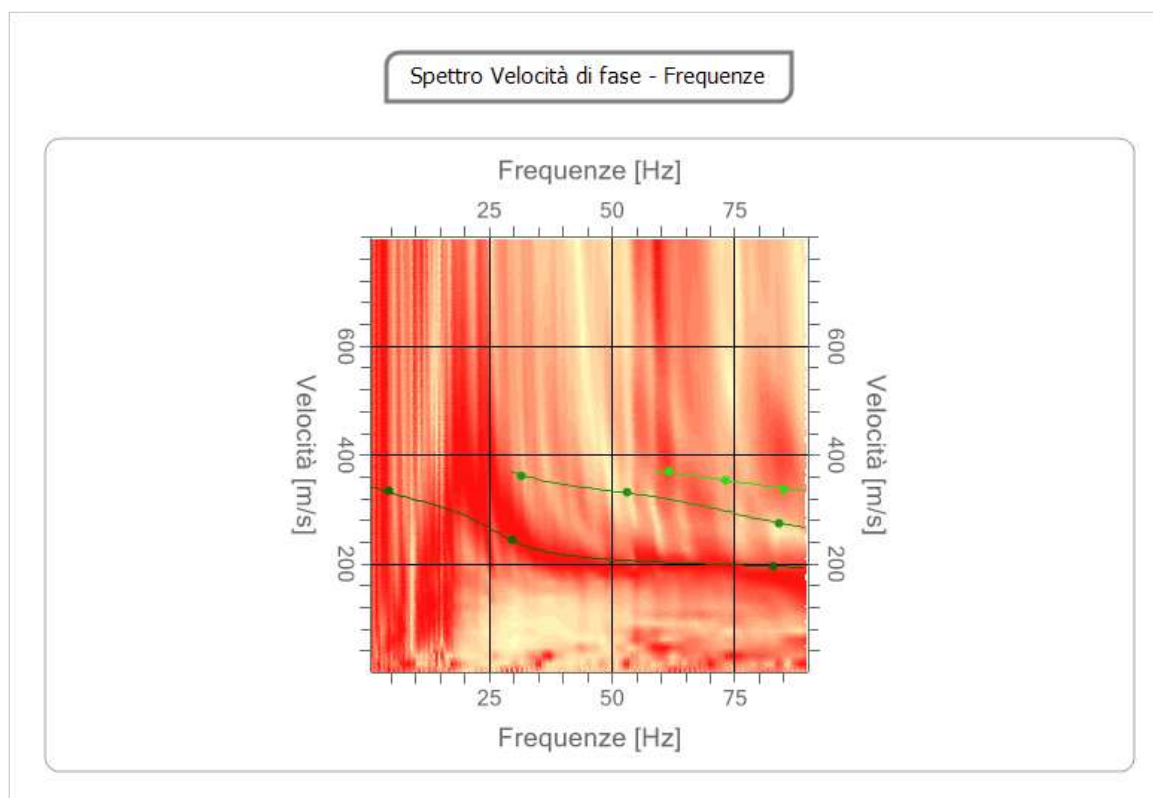


Fig. 12: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M1

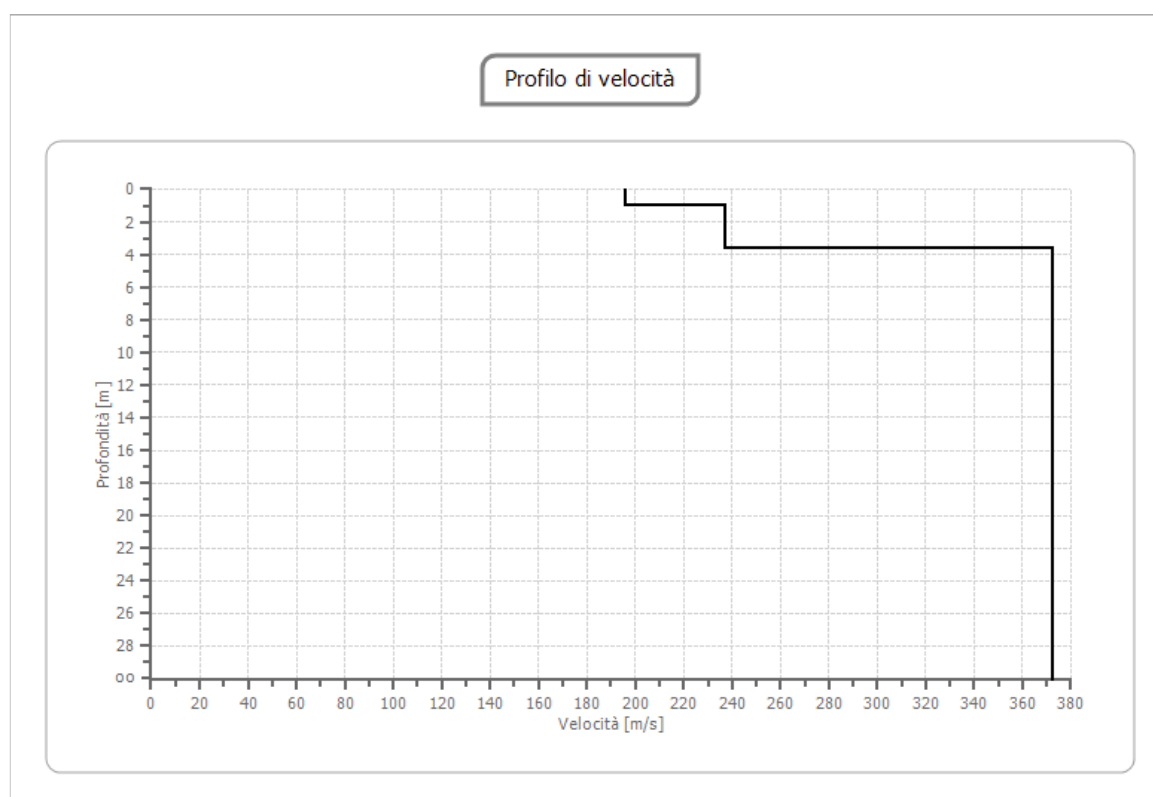


Fig. 13: profilo di velocità - profondità acquisito M1

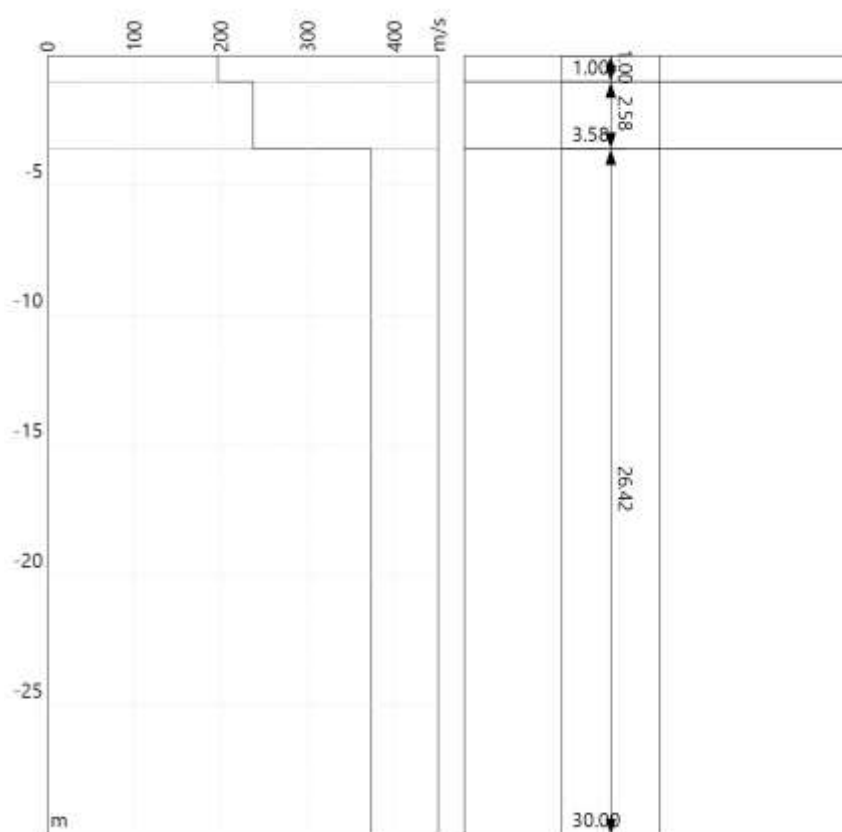


Fig. 14: andamento di Vs con la profondità - M1

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	345.02
Categoria del suolo	C

Fig. 15: Calcolo di Vseq. M1

N.	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	195.7
2	3.58	2.58	236.9
3	30.00	26.42	372.4

Fig. 16: Tabella di calcolo di Vseq. M1



FOTO 1B: panoramica dello stendimento M1

4.CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE

Riguardo alla **classificazione sismica dei suoli di fondazione** *in situ* prevista dalla Normativa in vigore (**D.M. 17 Gennaio 2018, Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni**), vengono identificate

n° **5 classi** (denominate rispettivamente **A, B, C, D** e **E**) ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori 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 fra 360 m/s e 800 m/s.
C	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.</u>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30m.

Per **V_sequivalente** s'intende la media pesata delle velocità delle onde **S** negli strati fino alla profondità alla quale si incontra il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s).

Per il suolo di fondazione della zona di studio il parametro **V_s** equivalente è caratterizzato dalle seguenti velocità rilevate:

- Vs Equivalente $M1$ pari a **345 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria C.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica **MASW** il valore di $V_{s_{eq}}$ valido è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo C**: tale sottosuolo è definito come *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s”*.

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Carlo Cortese