

# HWF S.r.l.

## Impianto agro-fotovoltaico "Porto Torres 1" da 59.276,55 kWp (40.000 kW in immissione) ed opere connesse

Comuni di Porto Torres e Sassari (SS)

### Progetto Definitivo Impianto agro-fotovoltaico

C.07 Relazione Geofisica e Sismica



Professionisti incaricati: Geol. Domenico Praticò – Ordine dei Geologi Regione Sardegna n. 415

Geol. Mario Nonne – Ordine dei Geologi Regione Sardegna – Sez. A n. 424

Rev. 0

Dicembre 2021

**wood.**

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Normativa di riferimento</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Inquadramento del sito</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Prospezione sismica</b>	<b>7</b>
4.1	Cenni generali	7
4.2	Metodologia MASW	7
4.3	Metodologia HVSR	8
<b>5</b>	<b>Indagini geofisiche effettuate sul sito</b>	<b>10</b>
5.1	Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 1"	10
5.2	Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 2"	15
5.3	Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 3"	19
5.4	Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 4"	23
5.5	Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Stazione Elettrica"	27
5.6	Prova HVSR Area Stazione Elettrica	31
<b>6</b>	<b>Modellazione sismica</b>	<b>34</b>
6.1	La sismicità in sardegna	34
6.2	Caratterizzazione sismogenetica	37
6.3	Modellazione sismica del sito	39
6.3.1	Pericolosità sismica di base	39
6.3.2	Risposta sismica locale	42

## **Appendici**

### **Appendice 01 Report fotografico**

**Questo documento è di proprietà di HWF S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di HWF S.r.l.**

## 1 Introduzione

La presente relazione geofisica e sismica, relativa all'impianto agro-fotovoltaico da 59.276,55 kWp e relative opere connesse, che la Società intende realizzare nei Comuni di Porto Torres e Sassari (SS), è stata redatta su incarico ricevuto in data 07/10/2021 dalla Società HWF S.r.l.

Il presente studio è basato sia su una ricerca bibliografica che su indagini di campo ed ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

- il sopralluogo dell'area in esame;
- l'analisi geologica, geomorfologica, idrologica ed idrogeologica dell'area d'interesse e delle zone limitrofe;
- lo studio del terreno interessato dalle opere in progetto;
- raccolta dei dati ed elaborazione delle risultanze delle indagini geognostiche di tipo diretto, **svoltesi nel 2009 e nel 2011**, comprendente l'esecuzione di n. 7 fori di sondaggio a carotaggio continuo della profondità di 20 m dal p.c. (N. 3 indagini per la campagna del 2009 e N. 4 indagini per la campagna del 2011). Tali indagini sono state appaltate della Società Wood Sardegna S.r.l. per la relazione geologica e geotecnica allegata al progetto definitivo di un parco eolico da realizzarsi nel comune di Porto Torres. La Società Wood Sardegna ha formalmente autorizzato lo scrivente ad utilizzare i dati di tali indagini per il presente studio;
- l'esecuzione di prove di laboratorio geotecnico per la caratterizzazione geotecnica-geomeccanica dei terreni di fondazione su campioni prelevati durante le predette indagini geognostiche;
- una indagine sismica, svoltasi nell'**ottobre 2019**, con la realizzazione di n. 2 stendimenti MASW e HVSr. Tali indagini sono state appaltate della Società Wood Sardegna S.r.l. per la relazione geologica e geotecnica allegata al progetto definitivo di un parco eolico da realizzarsi nel comune di Porto Torres. La Società Wood Sardegna ha formalmente autorizzato lo scrivente ad utilizzare i dati di tali indagini per il presente studio;
- un'indagine geognostica di tipo diretta svolta a **Ottobre 2021**, comprendente l'esecuzione di n. 9 prove penetrometriche dinamiche continue medio leggere (DPM) e di n. 17 pozzetti geognostici;
- una indagine sismica, svoltasi nell'**ottobre 2021**, con la realizzazione di n. 5 stendimenti MASW e n. 1 HVSr.
- l'esame dei problemi geologico-tecnici connessi con le opere in progetto.

## 2 Normativa di riferimento

Di seguito si elencano le principali norme di riferimento seguite per la redazione della presente relazione:

- “DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (18A00716) (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8);
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici “Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”;
- Delib. G.R. 30 marzo 2004 n. 15/31 pubblicata nel B.U. Sardegna, 21 agosto 2004 n. 23 – disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- raccomandazioni sulle indagini A.G.I., 1977;
- Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni;
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).

### 3 Inquadramento del sito

Geograficamente il sito dell'impianto agro-fotovoltaico è inquadrabile nel F° 459 sez. IV "SASSARI", F° 441 Sez. III "PORTO TORRES", F° 440 Sez. II "POZZO SAN NICOLA" e F° 458 Sez. I "PALMADULA" in scala 1:25.000 (IGM) e nella Carta Tecnica Regionale nelle Sezioni 440160, 441130, 459010 e 458040 in scala 1:10.000.

Le aree dove si sviluppa l'impianto sono raggiungibili:

- da est, provenendo dal comune di Porto Torres, percorrendo la strada provinciale N° 34 Porto Torres - frazione di Pozzo San Nicola;
- da nord, percorrendo la nuova strada di collegamento Porto Torres – Stintino e proseguendo poi verso sud lungo la Strada Provinciale N. 57.

L'impianto agro-fotovoltaico si sviluppa sostanzialmente su N. 4 aree distinte:

- L'area N. 1 e l'area N. 2 (in località Biunisi, Margoneddu e Terra Bianca) presentano un profilo topografico pianeggiante o debolmente acclive, con forme degradanti dolcemente verso il mare;
- L'area N. 3 e l'area N. 4 (località Monte delle Case) presenta un profilo topografico leggermente collinare.
- L'area invece dove è prevista la realizzazione della Stazione di Utenza, compresa tra Monte Alvaro e Monte Rosè presenta un profilo topografico leggermente acclive verso sud.

Tutta l'area risulta scarsamente urbanizzata.

Dal punto di vista altimetrico, l'impianto agro-fotovoltaico si sviluppa ad una quota compresa tra 40 e 65 m. La Stazione di Utenza invece si trova ad una quota di circa 110-115 m s.l.m.

## 4 Prospezione sismica

### 4.1 Cenni generali

L'esecuzione di indagini sismiche ha lo scopo di ottenere informazioni di tipo geotecnico sul comportamento fisico-meccanico dei corpi geologici investigati, attraverso la determinazione dei relativi parametri, ed informazioni di tipo geologico sui caratteri strutturali e stratigrafici del volume del sottosuolo indagato.

Si tratta di uno dei metodi attualmente più utilizzati per l'esplorazione in profondità del sottosuolo e comporta il creare delle onde artificiali nel terreno. Le indagini geognostiche che utilizzano le metodologie sismiche sfruttano le proprietà dei terreni di farsi attraversare dalle onde sismiche a diversa velocità, che dipende da molti fattori, quali la natura mineralogica della roccia, il grado di cementazione e di fratturazione, la porosità, il contenuto in acqua o in gas, la possibile presenza di vuoti ecc.

La strumentazione utilizzata è costituita da un Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.) con convertitore A/D a 24 bit, 24 canali, range dinamico 144db e output dei dati in SEG-Y o SEG-2, l'intero sistema di acquisizione è conforme alle specifiche ASTM D5777-00 (2006) (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation).

L'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante l'utilizzo di una massa battente (mazza di 10 kg con starter) su piattello di battuta in alluminio. Per la ricezione delle onde di superficie di Rayleigh, durante l'indagine sismica, sono stati usati geofoni verticali a corto periodo (4,5 Hz).



**Figura 4.1 - Sistema di ricezione e elaborazione – sistema di battuta**

Le NTC 2018 prescrivono la stima della velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo. Tra le indagini indirette, di maggiore diffusione si annoverano le tecniche basate sull'analisi della dispersione delle onde di superficie (Rayleigh e Love). La dispersione rappresenta una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. In un mezzo stratificato le varie componenti (lunghezza d'onda, quindi frequenza  $v = v/f$ ) del segnale sismico si propagano ad una velocità diversa in funzione delle caratteristiche del mezzo. Le componenti a frequenza minore (lunghezza d'onda maggiore) penetrano più in profondità e sono quindi influenzate dagli strati più profondi rispetto a quelle a frequenza maggiore (lunghezza d'onda minore) che risentono delle proprietà fisiche dei livelli superficiali, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

### 4.2 Metodologia MASW

La tecnica MASW consente di misurare la velocità delle onde di taglio Vs sfruttando il carattere dispersivo delle onde di Rayleigh quando queste si propagano in un mezzo stratificato. La dispersione consiste nella variazione della velocità di fase a diverse frequenze, con l'aumento della lunghezza d'onda (abbassamento di frequenza) la profondità coinvolta dalla propagazione dell'onda è via via maggiore. È quindi possibile, impiegando onde di un certo intervallo di frequenza,

caratterizzare le proprietà acustiche dei terreni sino ad una certa profondità. Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

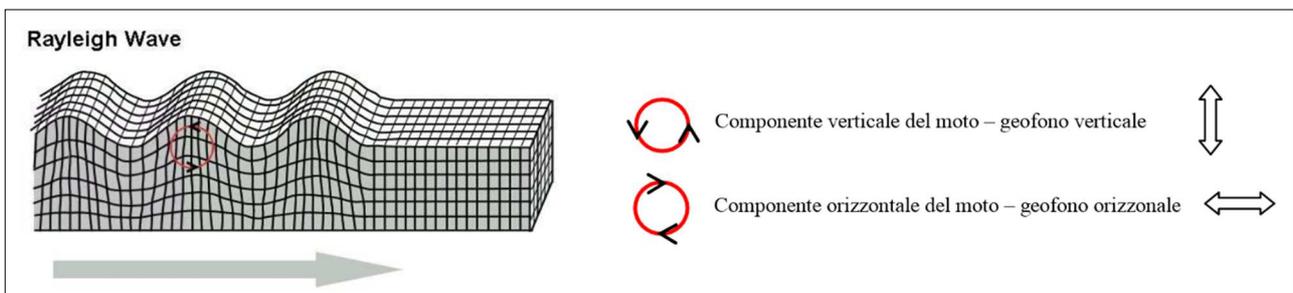
L'intero processo è composto da tre fasi consecutive:

- acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Il range di frequenza utilizzato si sviluppa comunemente tra i 5 Hz e i 60Hz, fornendo informazioni sino alla profondità massima di penetrazione, determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e la più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza solitamente con uno stendimento sismico costituito da 12/24 allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 m e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S. L'acquisizione delle onde di Rayleigh può essere fatta mediante geofoni verticali (come nel nostro caso), oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento (in entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello).



**Figura 4.1 – Rappresentazione onde superficiali**

### 4.3 Metodologia HVSR

Le misure HVSR forniscono una stima diretta della frequenza di risonanza (o del periodo proprio) delle formazioni definite coperture. La frequenza di risonanza del sedimento dipende dallo spessore  $H$  del sedimento e dalla velocità "media" ( $V_s$ ) delle onde S nel sedimento.

$$v_1 = \frac{\hat{V}_s}{4H} \begin{cases} \hat{V}_s = \frac{4H}{T_1} \\ H = \frac{\hat{V}_s T_1}{4} \end{cases}$$

Conoscendo lo spessore H del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità "media" delle Onde S. Alternativamente, conoscendo quest'ultima è possibile definire lo spessore H dello strato sedimentario.

Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione). La misura delle vibrazioni sismiche ambientali o rumore sismico ha acquisito una notevole importanza, evidenziata nelle NTC 2018.

L'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi: 1) Spettri di Fourier, 2) Rapporti spettrali, 3) Rapporti spettrali H/V. Quest'ultimo, che fornisce i risultati più attendibili è noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

La strumentazione utilizzata è costituita da un Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.) con convertitore A/D a 24 bit, 24 canali, range dinamico 144db e output dei dati in SEG-Y o SEG-2, l'intero sistema di acquisizione è conforme alle specifiche ASTM D5777-00 (2006) (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation) e da un geofono triassiale (uno verticale e due orizzontali e ortogonali tra di loro).

L'acquisizione dei dati HVSR, realizzabile attraverso dei geofoni triassiali a bassa frequenza, permette di determinare con accuratezza la frequenza caratteristica di risonanza del sito, parametro indispensabile per il corretto dimensionamento degli edifici antisismici. Il geofono triassiale utilizzato ha sensori con frequenza propria di 4.0 Hz.

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo  $V_{sequ}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

La prova risulta accurata se si verificano le seguenti condizioni:

- concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz);
- assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze;
- sorgenti di rumore uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

Se queste sono soddisfatte, la tecnica si esplica nelle seguenti fasi:

1. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.
2. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.
3. Le finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.
4. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.
5. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

La frequenza di tali rapporti spettrali rappresenta una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

## 5 Indagini geofisiche effettuate sul sito

Le indagini geofisiche eseguite sul sito sono dettagliatamente descritte di seguito. In totale sono state eseguite:

- N. 5 MASW, una in ogni area in cui è suddiviso l'impianto agro-fotovoltaico e una nell'area dove è prevista la realizzazione della Stazione Utente;
- N. 1 prova HVSR nell'area dove è prevista la realizzazione della Stazione Utente.

### 5.1 Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 1"

L'indagine ha visto l'esecuzione di uno stendimento posizionato in accordo con la committenza. L'analisi è stata eseguita adottando la seguente configurazione:

- N° geofoni: 24 con frequenza propria di risonanza 4,5 Hz;
- Distanza intergeofonica: 3,0 m per complessivi 69 m di stendimento;
- Offset di battuta: disposta a 3, 6 e 12 metri esternamente dal geofono 1;

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- Tempo di acquisizione: 1 s;
- Frequenza di campionamento: 1000 Hz;
- Periodo di campionamento: 1.0 ms.

I dati acquisiti sono stati elaborati attraverso le seguenti fasi:

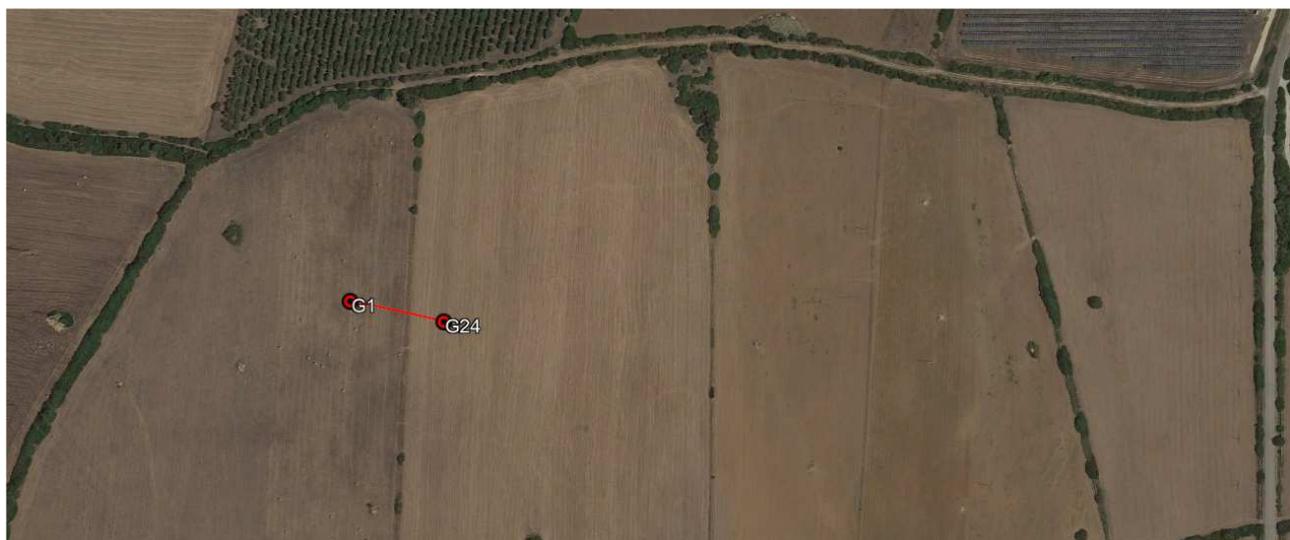
- 1) Calcolo dello spettro di velocità;
- 2) Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori;
- 3) Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito, acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa picking della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato modo;
- 4) Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Gli spettri di velocità risultano dominati dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

L'indagine è stata eseguita nell'area indicata dalla committenza su un campo sub pianeggiante e con direzione W-E.

**Tabella 5.1 – Stendimento MASW Area 1 (coordinate WGS)**

STENDIMENTO MASW COORDINATE WGS		
Geofono 1	40°48'53.02"N	8°18'47.42"E
Geofono 24	40°48'52.54"N	8°18'50.29"E



**Figura 5.1 - Localizzazione MASW Area 1**

L'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata utilizzando un modello semplificato composto da 9 sismostrati con la presenza del basamento sismico dopo il 4 sismostrato.

**Tabella 5.2 – Vs equivalenti calcolate (MASW Area 1)**

Strati	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	1,7	525
B	1,9	519
C	2,5	598
D	2,9	795
E	2,7	859
F	3,7	878
G	4,2	1017
H	4,6	1395
I	-	1659

Nel calcolo della "Velocità equivalente"  $V_{seq}$  si è tenuto conto dei quattro sismostrati rilevati con velocità inferiori agli 800 m/sec. La  $V_{seq}$  rappresenta, dunque, la media ponderata della distribuzione delle velocità di taglio per una profondità H sotto il piano di fondazione e si ottiene applicando la seguente formula:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h_{(strato)}}{V_{s(strato)}}}$$

Dove:

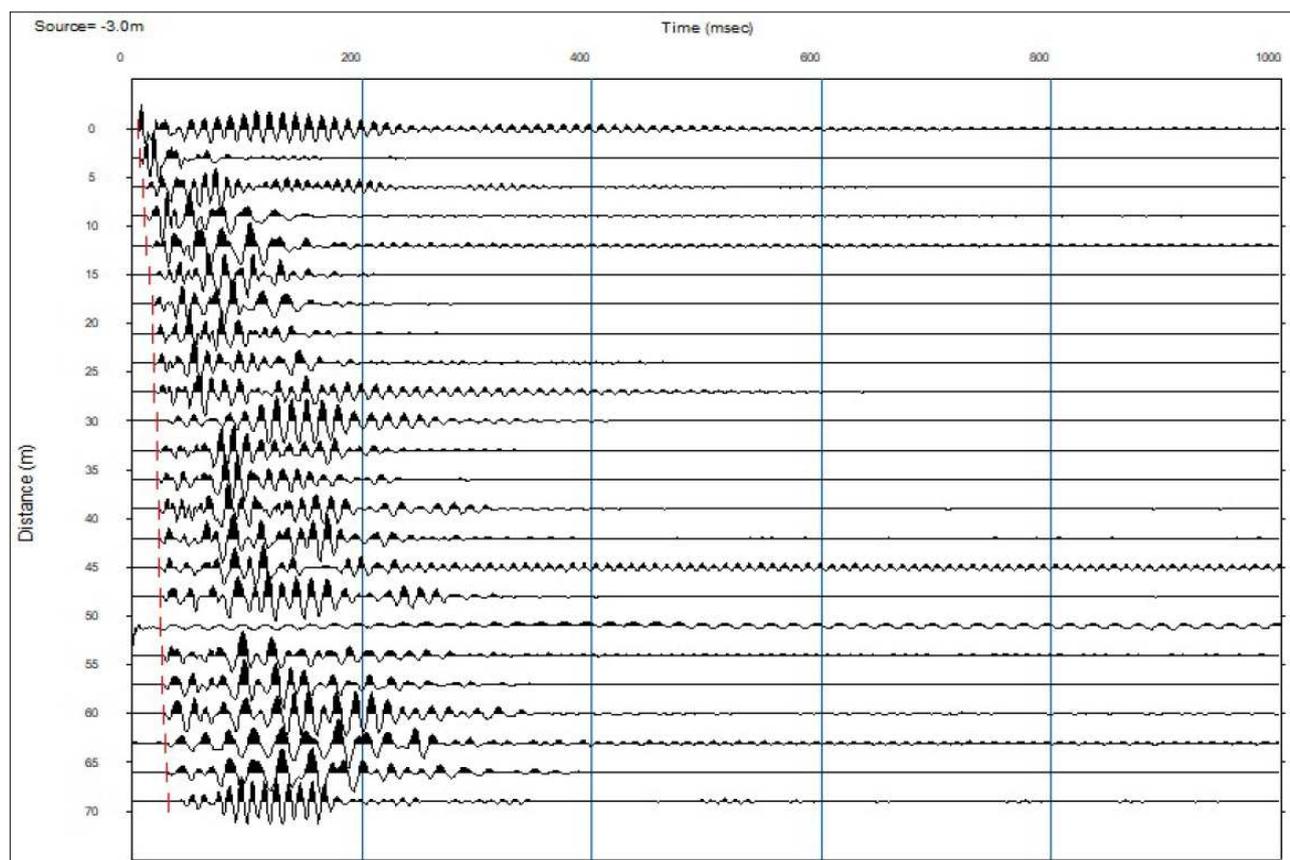
- N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h_{(strato)}$  e dalla velocità delle onde S  $V_{s(strato)}$ ;
- H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

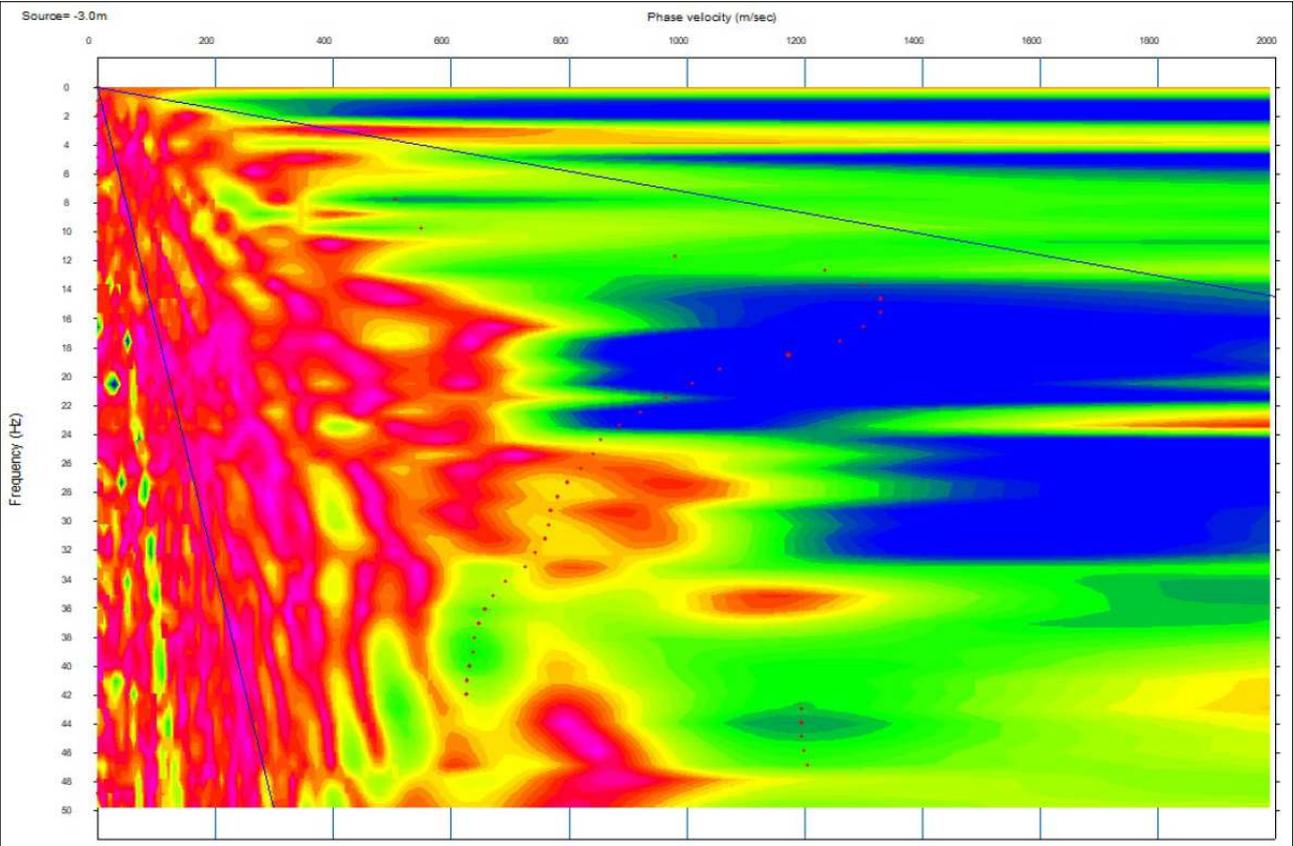
Il parametro  $V_{seq}$  consente di stabilire la classe di suolo come stabilito alle NTC del 2018.

**Tabella 5.3 – Classi di suolo definite dalle NTC del 2018**

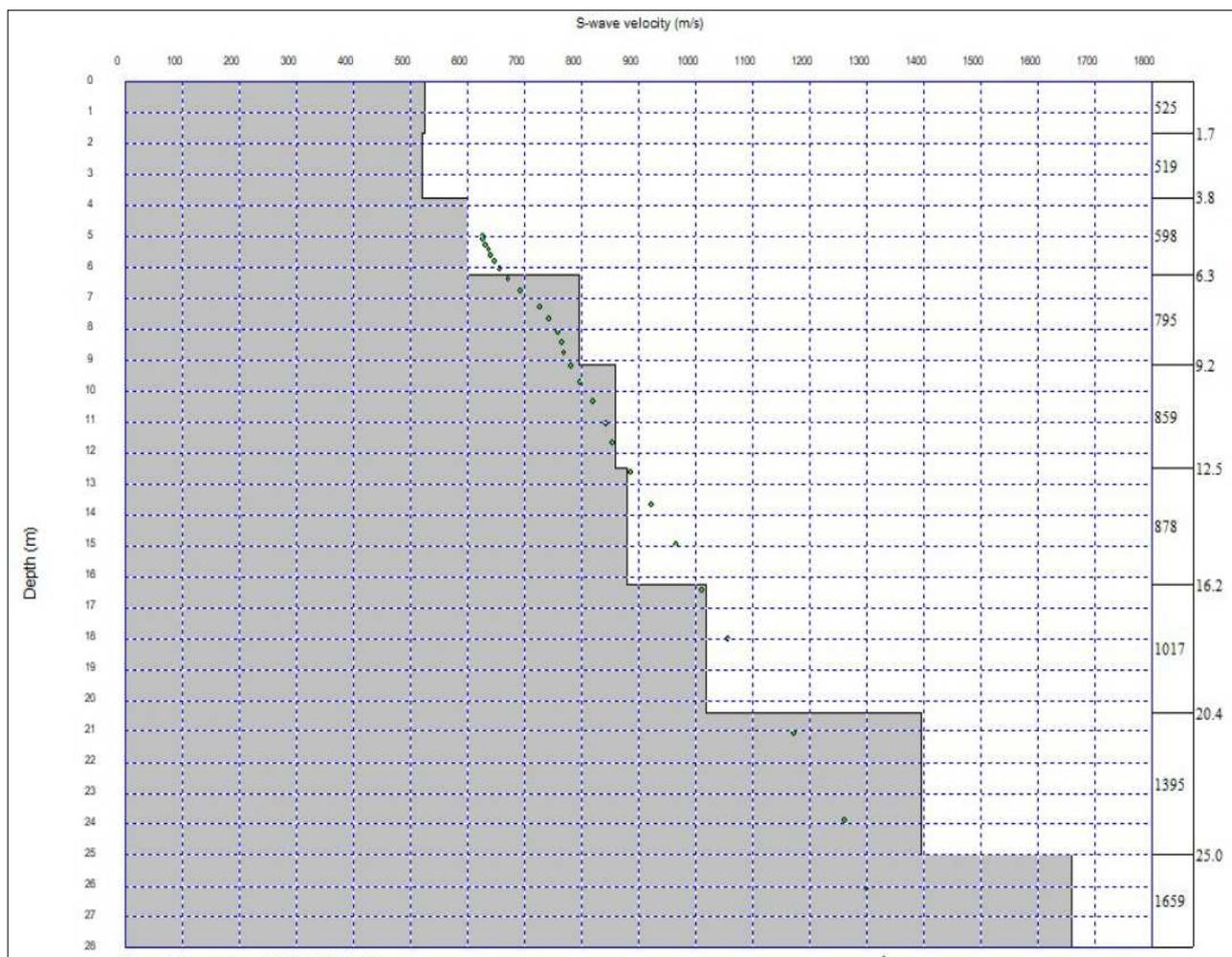
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni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



**Figura 5.2 – Sismogramma in acquisizione (Area 1)**



**Figura 5.3 – Curva di dispersione**



**Figura 5.4 – modello stratigrafico delle Vs**

Sulla base della stratigrafia ottenuta, dal piano campagna, la  $V_{seq}$  (NTC 2018) risultante è **di 611,11 m/sec**. Tali caratteristiche inquadrano il terreno di fondazione (NTC 2018) nella **categoria B**.

Resta sempre in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da attribuire in funzione delle scelte progettuali.

**Tabella 5.4 – Informazioni riassuntive della prova MASW eseguita**

Località	Area 1 - Impianto agro-fotovoltaico "Porto Torres 1" da 59.276,55 kWp (40.000 kW in immissione) ed opera connesse - Comuni di Porto Torres e Sassari (SS)
Nome Prova	MASW
Metodo indagine	MASW ZVF forza verticale
Strumentazione	Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.), 24 canali, 24 bits
Geometria stendimento	24 geofoni interasse 3,0 m - sorgente esterna a 3,0 m da G1

## 5.2 Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 2"

L'indagine ha visto l'esecuzione di uno stendimento posizionato in accordo con la committenza. L'analisi è stata eseguita adottando la seguente configurazione:

- N° geofoni: 24 con frequenza propria di risonanza 4,5 Hz;
- Distanza intergeofonica: 2,0 m per complessivi 46 m di stendimento;
- Offset di battuta: disposta a 2, 4 metri esternamente dal geofono 1;

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- Tempo di acquisizione: 1 s;
- Frequenza di campionamento: 1000 Hz;
- Periodo di campionamento: 1.0 ms.

I dati acquisiti sono stati elaborati attraverso le seguenti fasi:

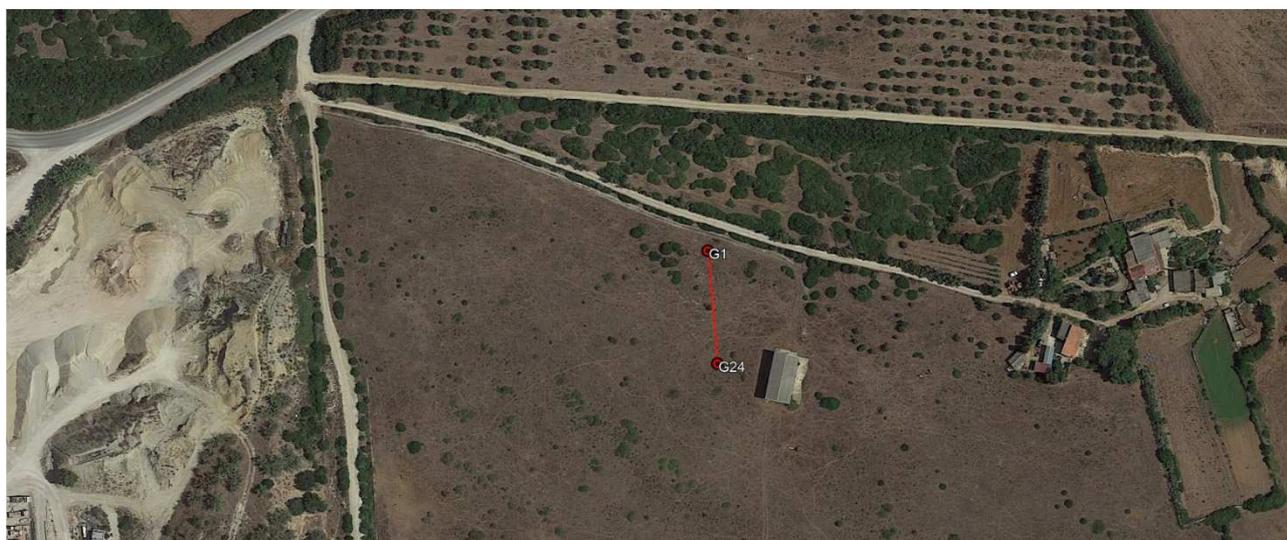
- 1) Calcolo dello spettro di velocità;
- 2) Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori;
- 3) Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito, acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa picking della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato modo;
- 4) Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Gli spettri di velocità risultano dominati dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

L'indagine è stata eseguita nell'area indicata dalla committenza su un campo sub pianeggiante e con direzione N-Sr.

**Tabella 5.5 – Stendimento MASW Area 2 (coordinate WGS)**

STENDIMENTO MASW COORDINATE WGS		
Geofono 1	40°48'18.40"N	8°19'45.64"E
Geofono 24	40°48'16.81"N	8°19'45.82"E



**Figura 5.5 - Localizzazione MASW Area 2**

L'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata utilizzando un modello semplificato composto da 9 sismostrati con la presenza del basamento sismico dopo il 3 sismostrato.

**Tabella 5.6 – Vs equivalenti calcolate (MASW Area 2)**

Strati	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	1,7	533
B	2,1	543
C	2,5	653
D	2,9	969
E	3,3	1062
F	3,7	940
G	4,2	787
H	4,6	813
I	-	998

Nel calcolo della "Velocità equivalente" Vseq si è tenuto conto dei tre sismostrati rilevati con velocità inferiori agli 800 m/sec. La Vseq rappresenta, dunque, la media ponderata della distribuzione delle velocità di taglio per una profondità H sotto il piano di fondazione e si ottiene applicando la seguente formula:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h_{(strato)}}{V_{s(strato)}}}$$

Dove:

- N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato);
- H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

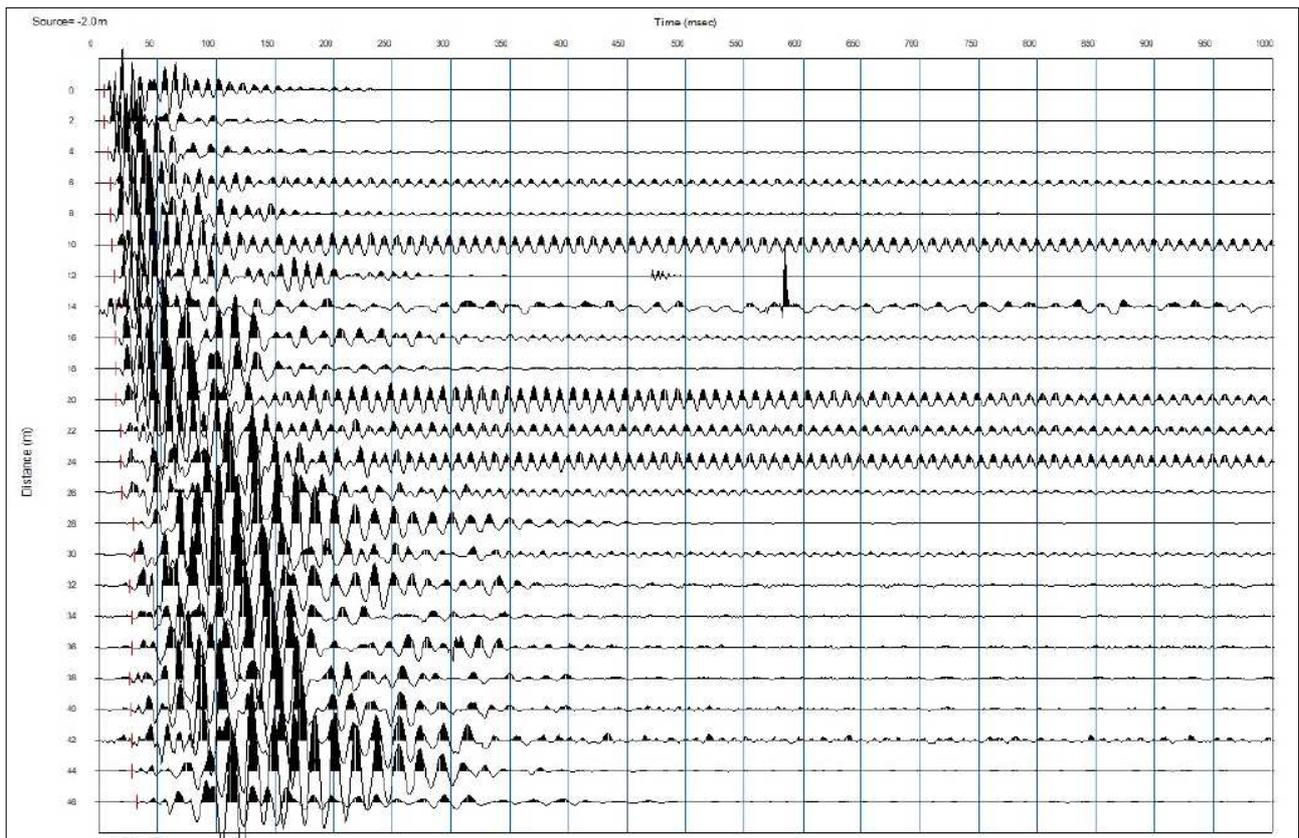
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vseq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il parametro Vseq consente di stabilire la classe di suolo come stabilito alle NTC del 2018.

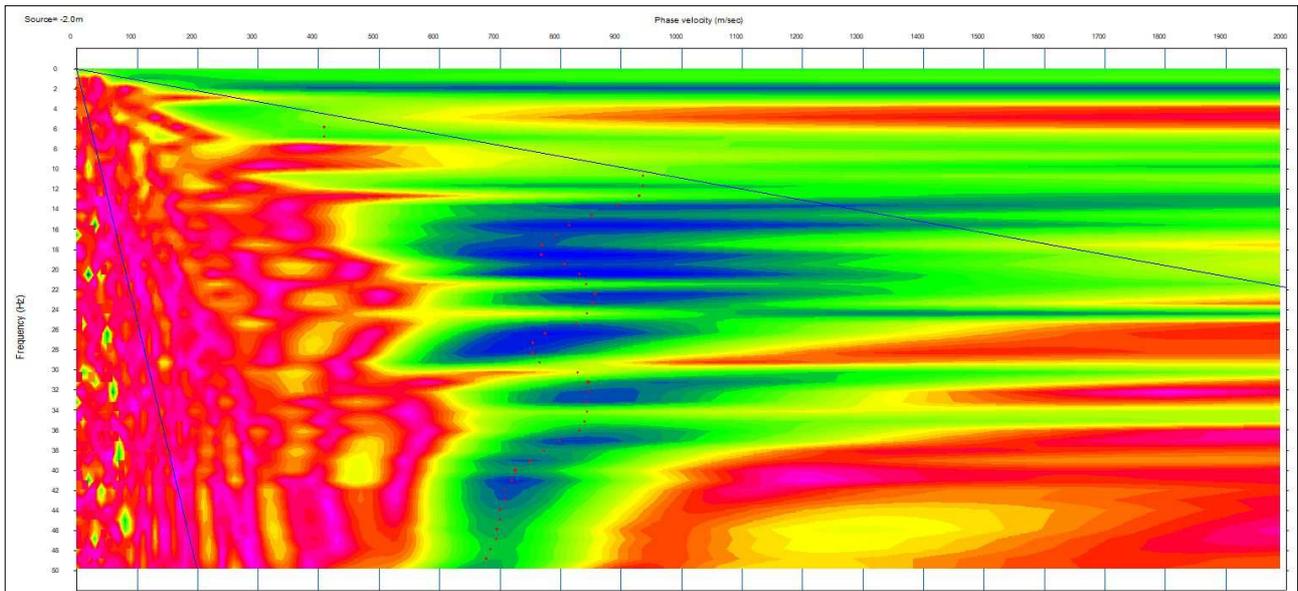
**Tabella 5.7 – Classi di suolo definite dalle NTC del 2018**

<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

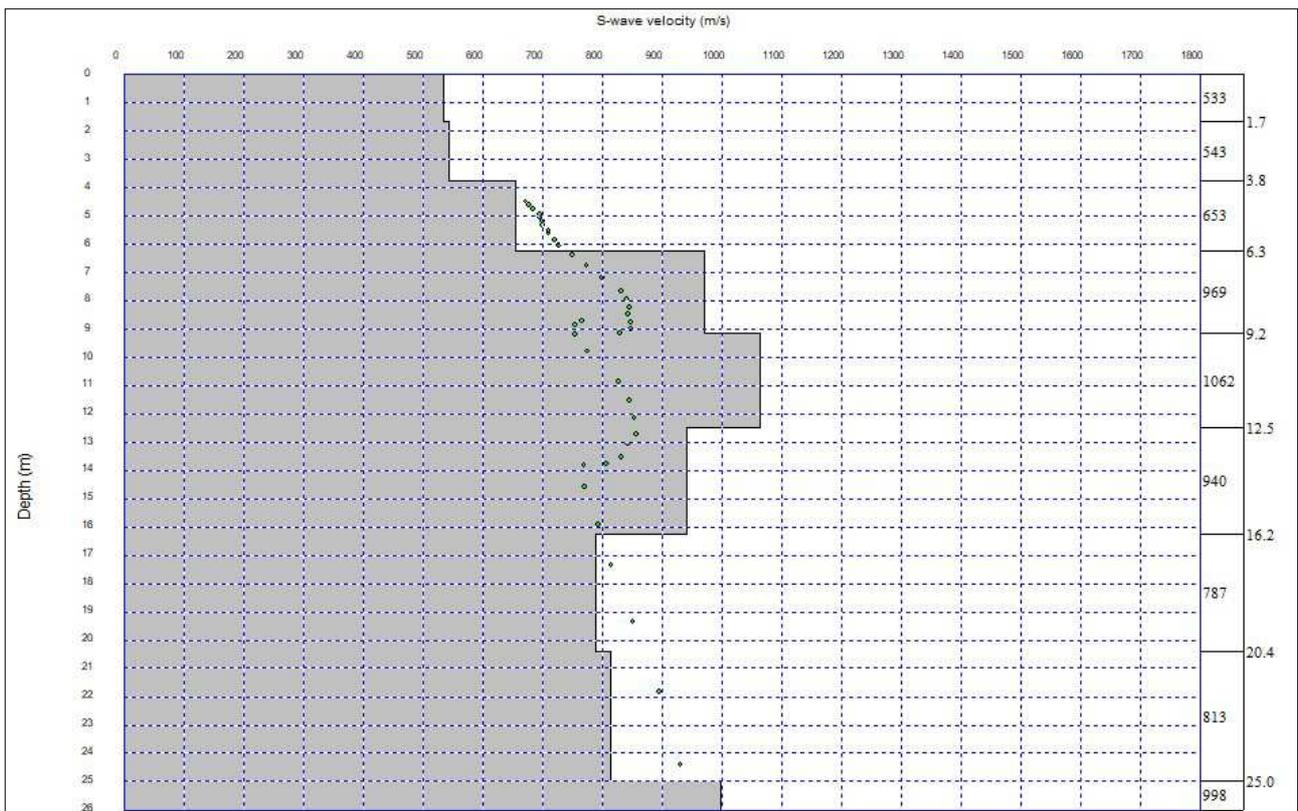
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	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.



**Figura 5.6 - Sismogramma in acquisizione (Area 2)**



**Figura 5.7 - Curva di dispersione**



**Figura 5.8- modello stratigrafico delle Vs**

Sulla base della stratigrafia ottenuta, dal piano campagna, la  $V_{seq}$  (NTC 2018) risultante è **di 578,76 m/sec**. Tali caratteristiche inquadrano il terreno di fondazione (NTC 2018) nella **categoria B**.

Resta sempre in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da attribuire in funzione delle

scelte progettuali.

**Tabella 5.8 – Informazioni riassuntive della prova MASW eseguita**

Località	Area 2 - Impianto agro-fotovoltaico "Porto Torres 1" da 59.276,55 kWp (40.000 kW in immissione) ed opera connesse - Comuni di Porto Torres e Sassari (SS)
Nome Prova	MASW
Metodo indagine	MASW ZVF forza verticale
Strumentazione	Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.), 24 canali, 24 bits
Geometria stendimento	24 geofoni interasse 2,0 m - sorgente esterna a 4,0 m da G1

### 5.3 Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 3"

L'indagine ha visto l'esecuzione di uno stendimento posizionato in accordo con la committenza. L'analisi è stata eseguita adottando la seguente configurazione:

- N° geofoni: 24 con frequenza propria di risonanza 4,5 Hz;
- Distanza intergeofonica: 2,0 m per complessivi 46 m di stendimento;
- Offset di battuta: disposta a 2 metri esternamente dal geofono 1;

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- Tempo di acquisizione: 1 s;
- Frequenza di campionamento: 1000 Hz;
- Periodo di campionamento: 1.0 ms.

I dati acquisiti sono stati elaborati attraverso le seguenti fasi:

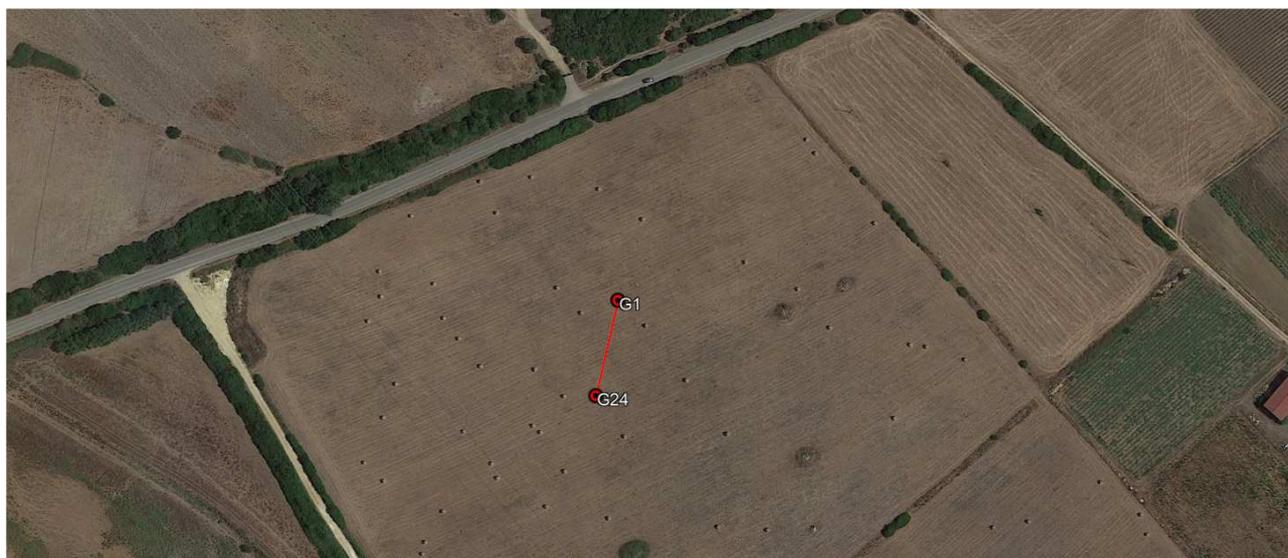
- 1) Calcolo dello spettro di velocità;
- 2) Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori;
- 3) Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito, acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa picking della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato modo;
- 4) Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Gli spettri di velocità risultano dominati dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

L'indagine è stata eseguita nell'area indicata dalla committenza su un campo che degrada in direzione ovest e con direzione NNE-SSW.

**Tabella 5.9 – Stendimento MASW Area 3 (coordinate WGS)**

STENDIMENTO MASW COORDINATE WGS		
Geofono 1	40°48'31.69"N	8°20'12.62"E
Geofono 24	40°48'30.24"N	8°20'12.18"E



**Figura 5.9 - Localizzazione MASW Area 3**

L'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata utilizzando un modello semplificato composto da 9 sismostrati con la presenza del basamento sismico dopo il 7 sismostrato.

**Tabella 5.10 – Vs equivalenti calcolate (MASW Area 3)**

Strati	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	1,7	266
B	2,1	160
C	2,5	181
D	2,4	330
E	3,8	562
F	3,7	726
G	4,2	764
H	4,6	928
I	-	1075

Nel calcolo della "Velocità equivalente"  $V_{seq}$  si è tenuto conto dei sette sismostrati rilevati con velocità inferiori agli 800 m/sec. La  $V_{seq}$  rappresenta, dunque, la media ponderata della distribuzione delle velocità di taglio per una profondità H sotto il piano di fondazione e si ottiene applicando la seguente formula:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h_{(strato)}}{V_{s_{(strato)}}}}$$

Dove:

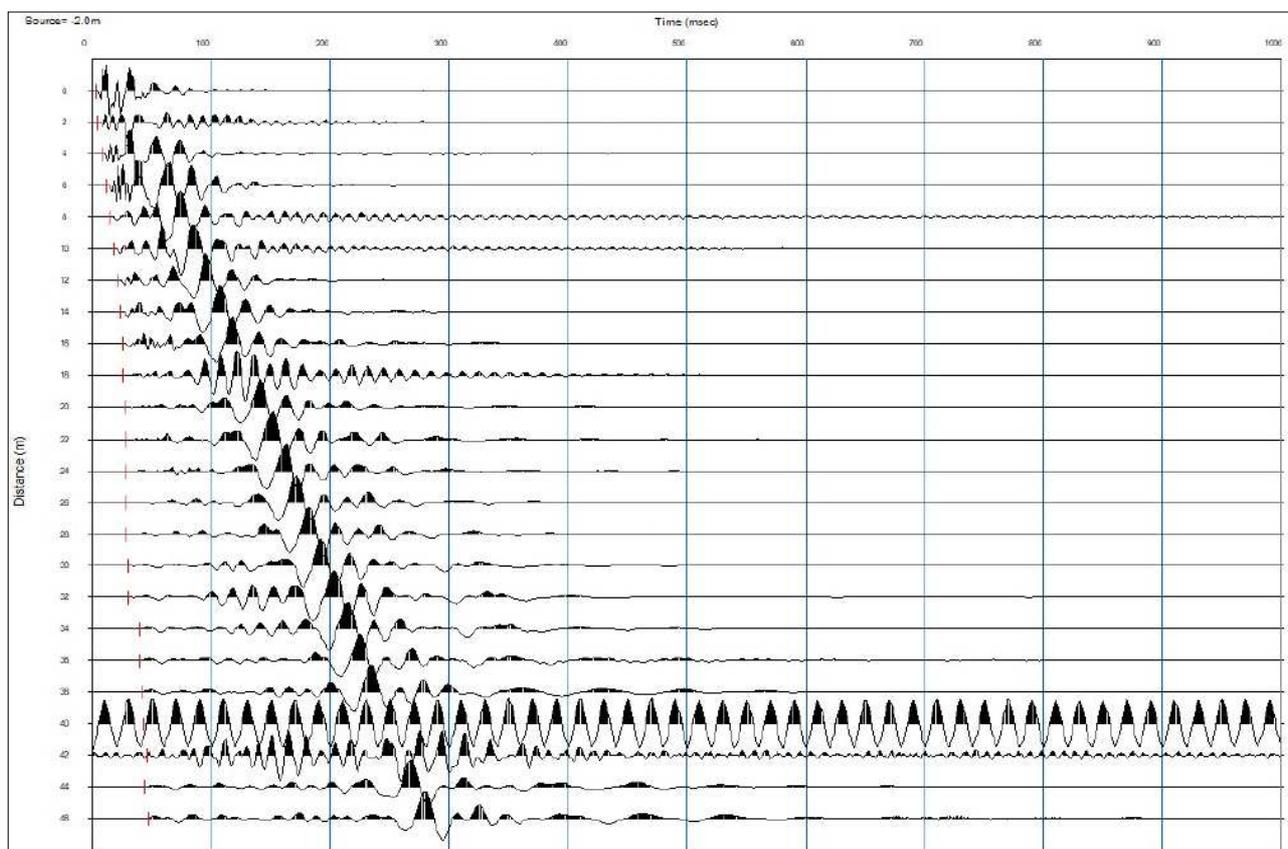
- N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h_{(strato)}$  e dalla velocità delle onde S  $V_{s_{(strato)}}$ ;
- H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

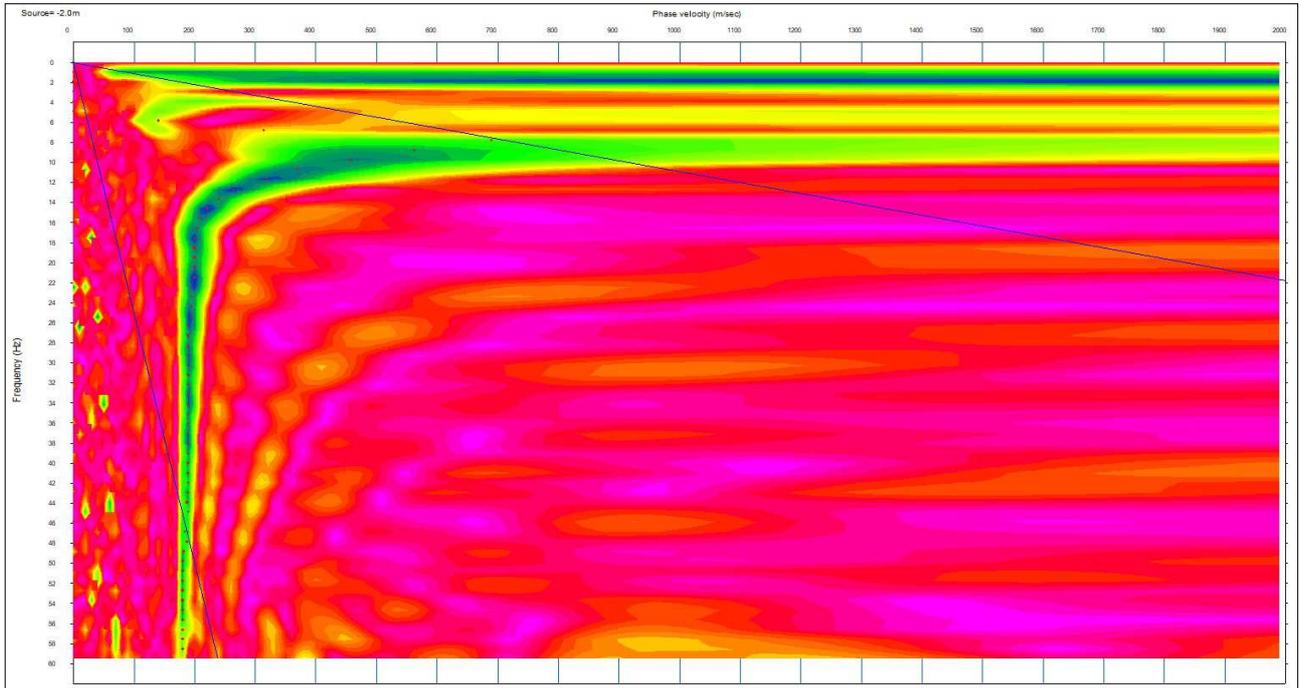
Il parametro  $V_{seq}$  consente di stabilire la classe di suolo come stabilito alle NTC del 2018.

**Tabella 5.11 – Classi di suolo definite dalle NTC del 2018**

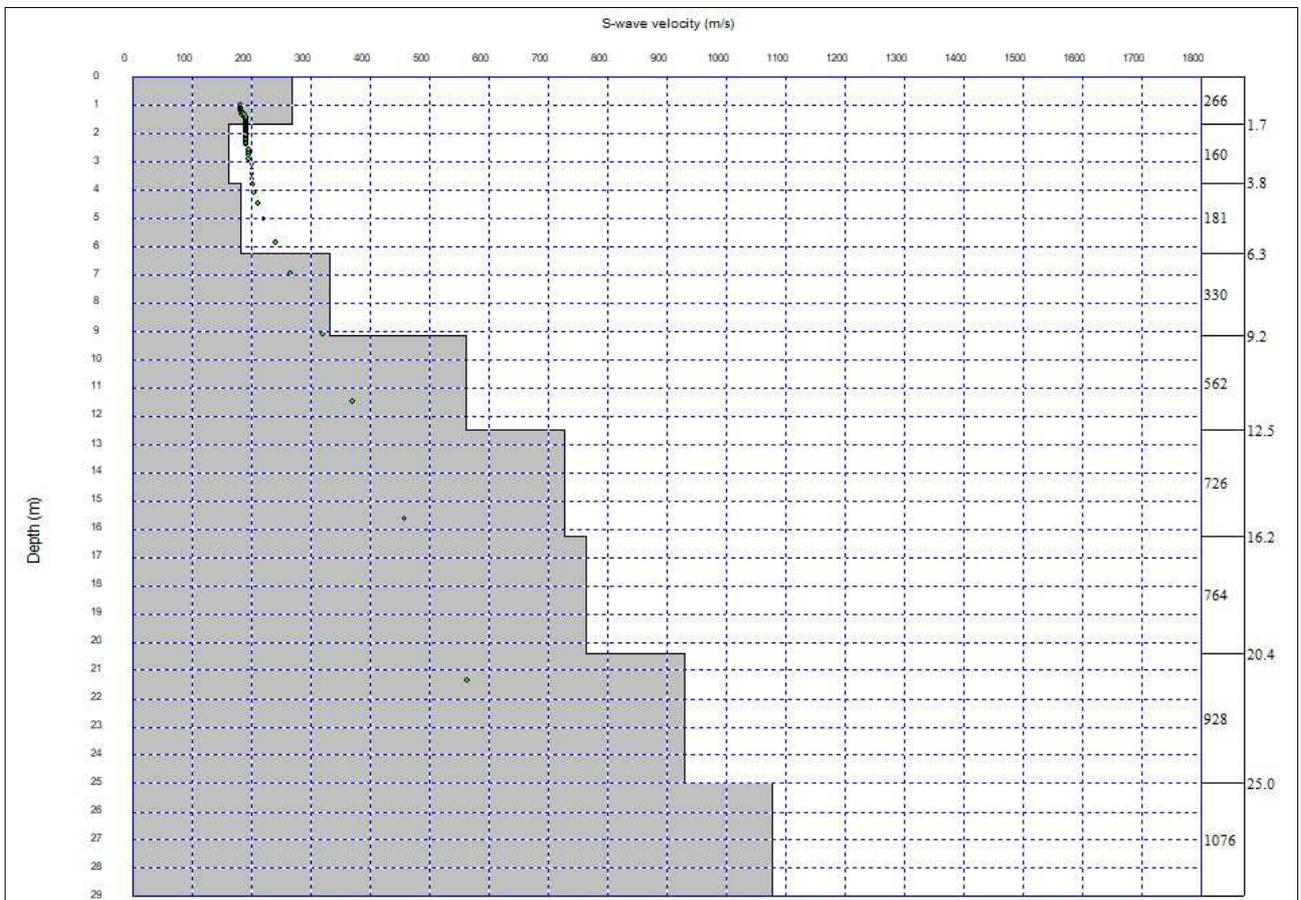
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni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



**Figura 5.10 – Sismogramma in acquisizione (Area 2)**



**Figura 5.11 – Curva di dispersione**



**Figura 5.12 – modello stratigrafico delle Vs**

Sulla base della stratigrafia ottenuta, dal piano campagna, la Vseq (NTC 2018) risultante è **di 352 m/sec**. Tali caratteristiche inquadrano il terreno di fondazione (NTC 2018) nella **categoria E**. Resta sempre in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da attribuire in funzione delle scelte progettuali.

**Tabella 5.12 – Informazioni riassuntive della prova MASW eseguita**

Località	Area 3 - Impianto agro-fotovoltaico "Porto Torres 1" da 59.276,55 kWp (40.000 kW in immissione) ed opera connesse - Comuni di Porto Torres e Sassari (SS)
Nome Prova	MASW
Metodo indagine	MASW ZVF forza verticale
Strumentazione	Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.), 24 canali, 24 bits
Geometria stendimento	24 geofoni interasse 2,0 m - sorgente esterna a 2,0 m da G1

## 5.4 Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Area 4"

L'indagine ha visto l'esecuzione di uno stendimento posizionato in accordo con la committenza. L'analisi è stata eseguita adottando la seguente configurazione:

- N° geofoni: 24 con frequenza propria di risonanza 4,5 Hz;
- Distanza intergeofonica: 2,0 m per complessivi 46 m di stendimento;
- Offset di battuta: disposta a 2 metri esternamente dal geofono 1 e 24;

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- Tempo di acquisizione: 1 s;
- Frequenza di campionamento: 1000 Hz;
- Periodo di campionamento: 1.0 ms.

I dati acquisiti sono stati elaborati attraverso le seguenti fasi:

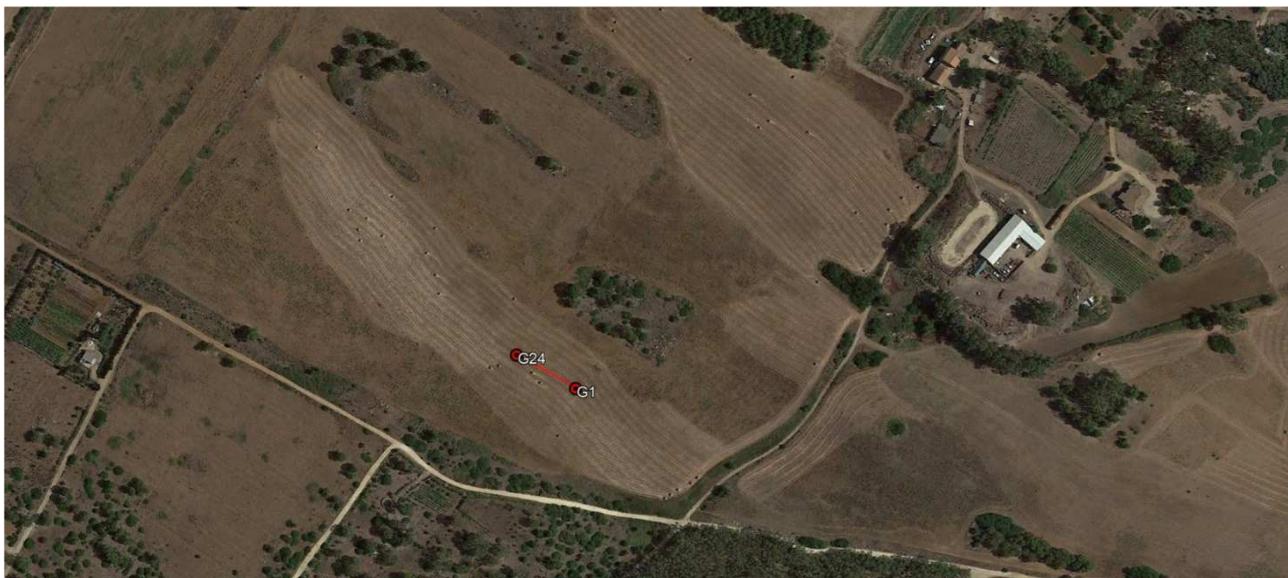
- 1) Calcolo dello spettro di velocità;
- 2) Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori;
- 3) Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito, acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa picking della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato modo;
- 4) Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Gli spettri di velocità risultano dominati dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

L'indagine è stata eseguita nell'area indicata dalla committenza su un campo che degrada in direzione ovest e con direzione ESE-WNW.

**Tabella 5.13 – Stendimento MASW Area 4 (coordinate WGS)**

STENDIMENTO MASW COORDINATE WGS		
Geofono 1	40°48'10.90"N	8°21'13.58"E
Geofono 24	40°48'11.64"N	8°21'11.88"E



**Figura 5.13 – Localizzazione MASW Area 4**

L'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata utilizzando un modello semplificato composto da 9 sismostrati con la presenza del basamento sismico dopo il 6 sismostrato.

**Tabella 5.14 – Vs equivalenti calcolate (MASW Area 4)**

Strati	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	1,8	482
B	2,3	146
C	2,8	286
D	3,2	438
E	3,6	616
F	4,2	764
G	4,6	874
H	5,2	1058
I	-	1272

Nel calcolo della "Velocità equivalente" Vseq si è tenuto conto dei sei sismostrati rilevati con velocità inferiori agli 800 m/sec. La Vseq rappresenta, dunque, la media ponderata della distribuzione delle velocità di taglio per una profondità H sotto il piano di fondazione e si ottiene applicando la seguente formula:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h_{(strato)}}{V_{s(strato)}}}$$

Dove:

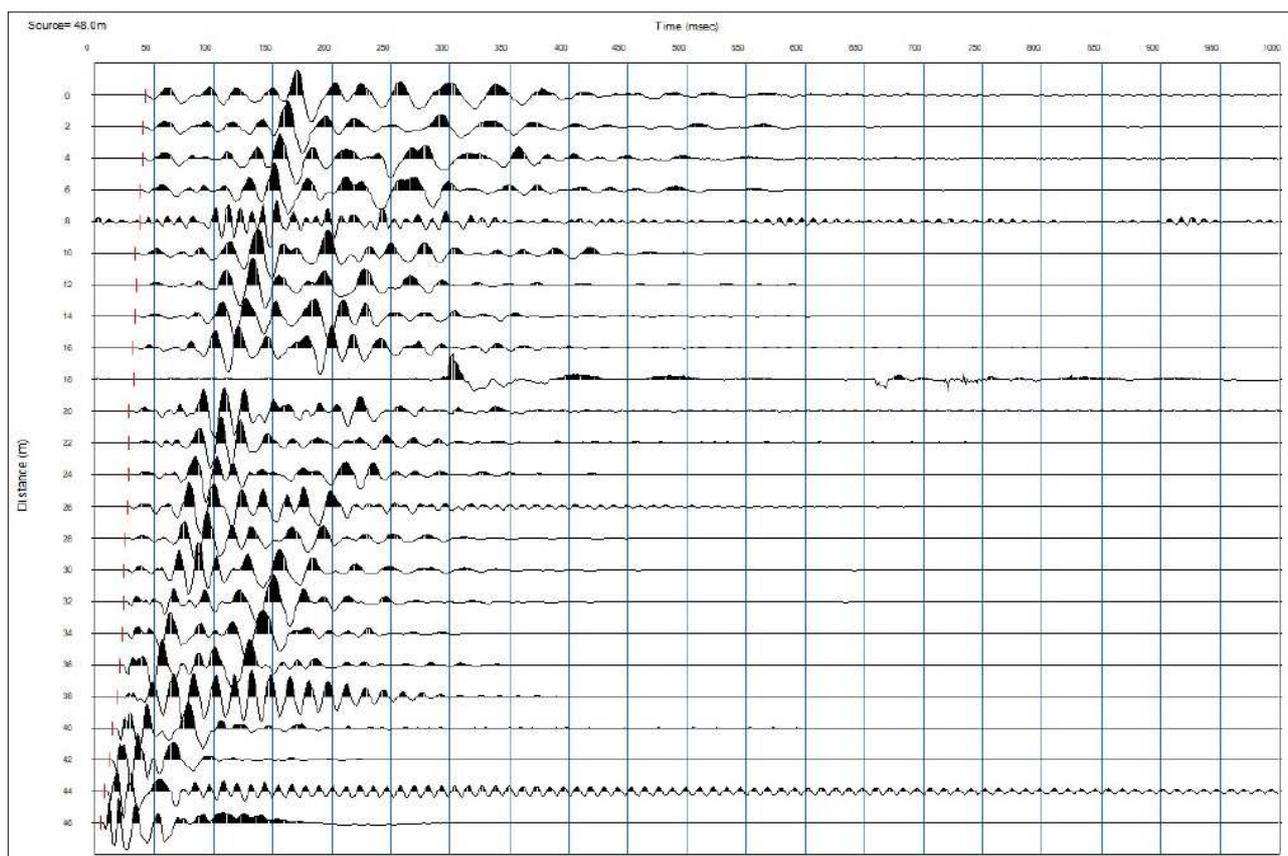
- N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato);
- H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il parametro  $V_{seq}$  consente di stabilire la classe di suolo come stabilito alle NTC del 2018.

**Tabella 5.15 – Classi di suolo definite dalle NTC del 2018**

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



**Figura 5.14 – Sismogramma in acquisizione (Area 4)**

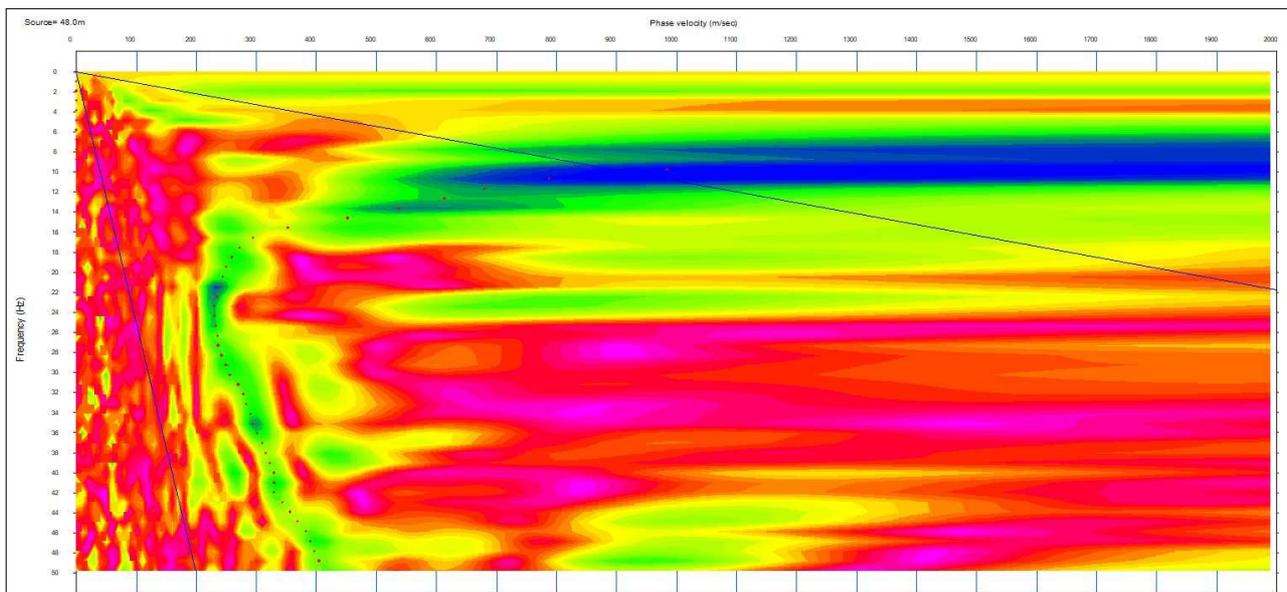


Figura 5.15 – Curva di dispersione

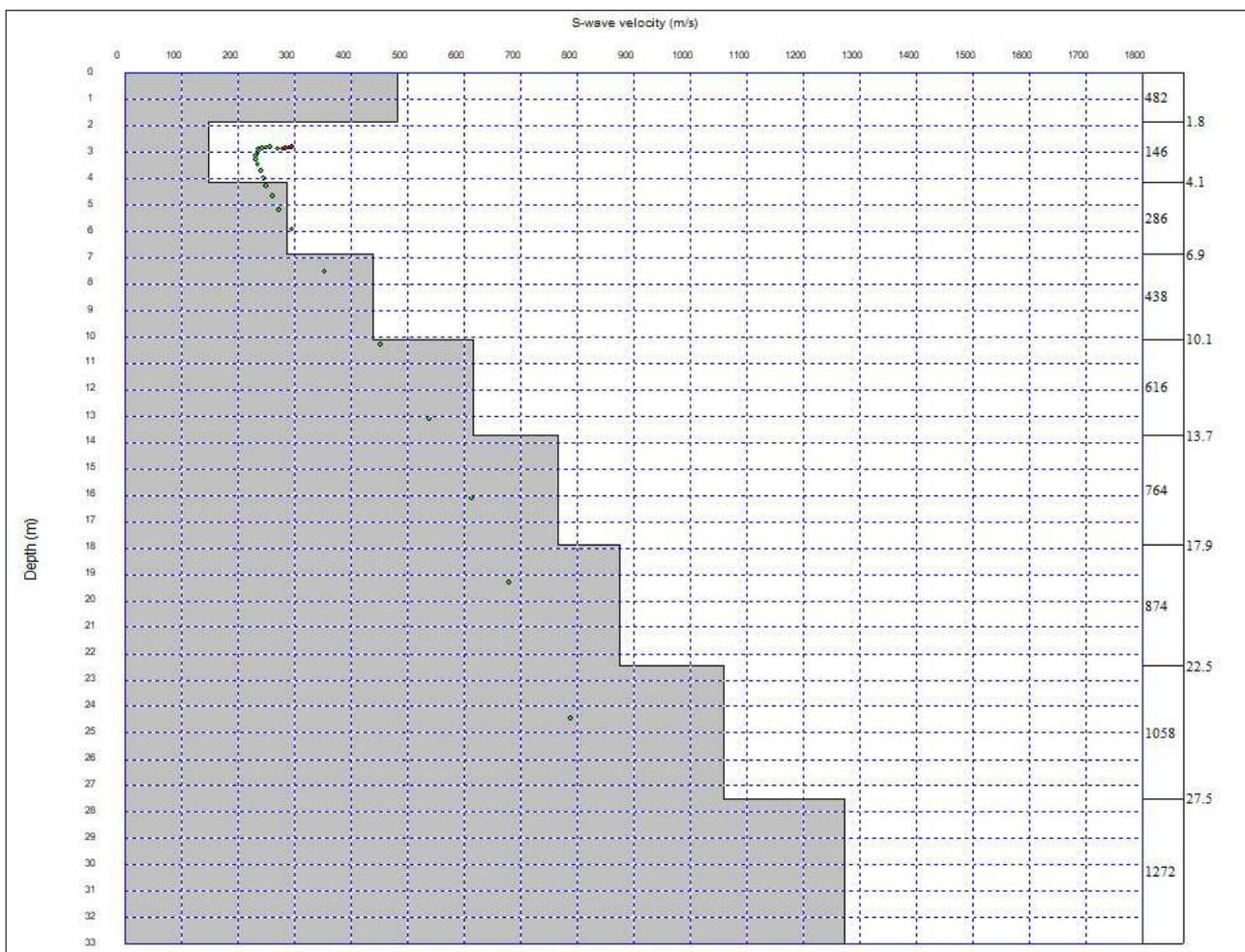


Figura 5.16 – Modello stratigrafico delle Vs

Sulla base della stratigrafia ottenuta, dal piano campagna, la Vseq (NTC 2018) risultante è **di 373,50 m/sec**. Tali caratteristiche inquadrano il terreno di fondazione (NTC 2018) nella **categoria B**.

Resta sempre in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da attribuire in funzione delle scelte progettuali.

**Tabella 5.16 – Informazioni riassuntive della prova MASW eseguita**

Località	Area 4 - Impianto agro-fotovoltaico "Porto Torres 1" da 59.276,55 kWp (40.000 kW in immissione) ed opera connesse - Comuni di Porto Torres e Sassari (SS)
Nome Prova	MASW
Metodo indagine	MASW ZVF forza verticale
Strumentazione	Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.), 24 canali, 24 bits
Geometria stendimento	24 geofoni interasse 2,0 m - sorgente esterna a 2,0 m da G24

## 5.5 Stendimento MASW Campo fotovoltaico "Stazione Elettrica"

Sulla base del progetto e su indicazione della committenza è stato posizionato lo stendimento sismico. L'analisi è stata eseguita adottando la seguente configurazione:

- N° geofoni: 24 con frequenza propria di risonanza 4,5 Hz;
- Distanza intergeofonica: 2,0 m per complessivi 46 m di stendimento;
- Offset di battuta: n° 1 battuta disposta a 2 m dal primo geofono.

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- Tempo di acquisizione: 1 s;
- Frequenza di campionamento: 1000 Hz;
- Periodo di campionamento: 1.0 ms.

I dati acquisiti sono stati elaborati attraverso le seguenti fasi:

- 1) Calcolo dello spettro di velocità;
- 2) Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali superiori;
- 3) Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa picking della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato modo;
- 4) Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Gli spettri di velocità risultano dominati dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

**Tabella 5.17 – Stendimento MASW Area Stazione Elettrica (coordinate WGS)**

STENDIMENTO MASW COORDINATE WGS		
Geofono 1	40°47'28.04"N	8°19'35.58"E
Geofono 24	40°47'27.49"N	8°19'37.41"E



**Figura 5.17 - Localizzazione MASW Area Stazione Elettrica**

L'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata utilizzando un modello semplificato composto da 5 sismostrati con velocità sempre superiori agli 800 m/sec.

**Tabella 5.18 – Vs equivalenti calcolate (MASW Area Stazione Elettrica)**

Strati	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	2,1	810
B	3,1	819
C	4,2	1095
D	5,3	1379
E	-	1450

Nel calcolo della "Velocità equivalente"  $V_{seq}$  si è tenuto conto di tutti gli strati rilevati. La  $V_{seq}$  rappresenta, dunque, la media ponderata della distribuzione delle velocità di taglio per una profondità H sotto il piano di fondazione e si ottiene applicando la seguente formula:

$$V_{S_{eq}} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h_{(strato)}}{V_{S_{(strato)}}}}$$

Dove:

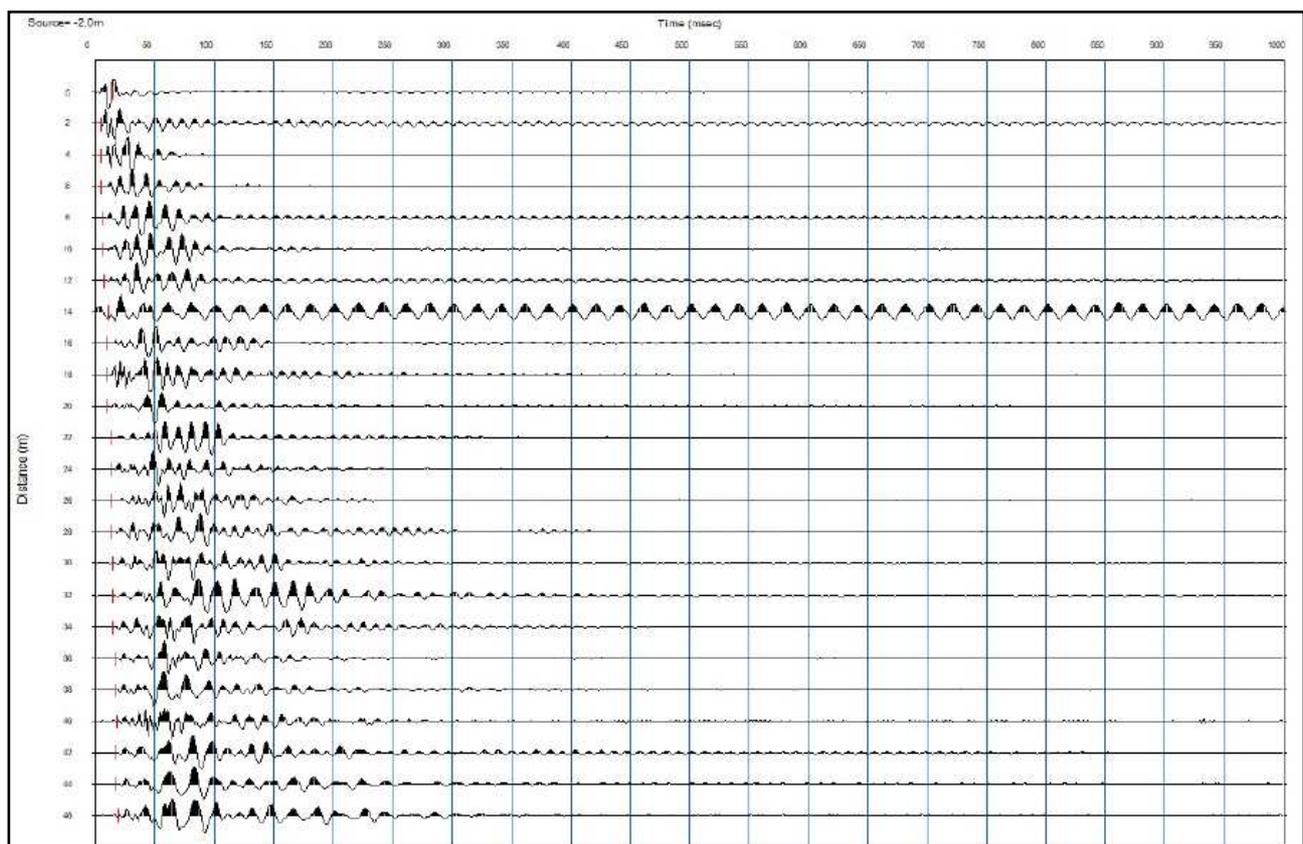
- N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h_{(strato)}$  e dalla velocità delle onde S  $V_{S_{(strato)}}$ ;
- H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il parametro  $V_{seq}$  consente di stabilire la classe di suolo come stabilito alle NTC del 2018.

**Tabella 5.19 – Classi di suolo definite dalle NTC del 2018**

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



**Figura 5.18 – Dromocrone registrate**

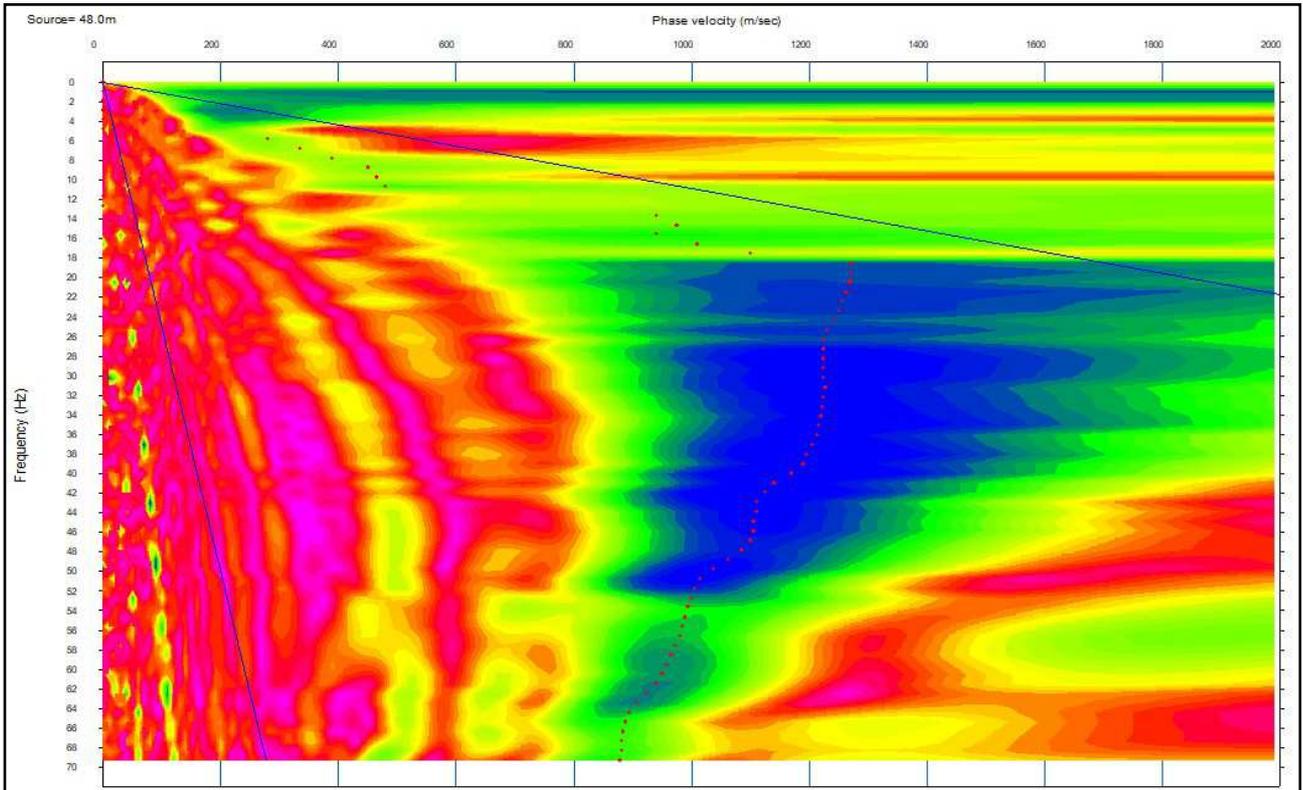


Figura 5.19 – Curva di dispersione

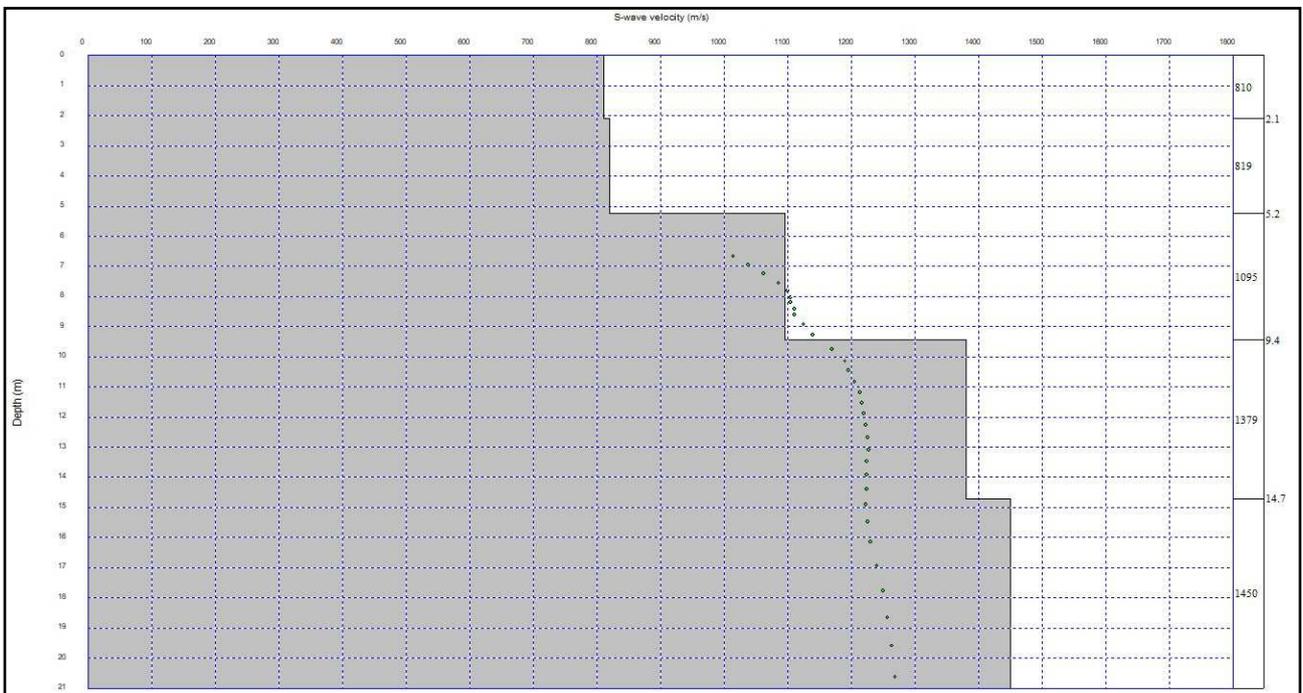


Figura 5.20 – modello stratigrafico delle Vs

Sulla base della stratigrafia ottenuta, dal piano campagna, la Vseq, risultano **superiori a 800 m/s**. Tali caratteristiche classificano il terreno di fondazione alla **categoria A**.

Resta sempre in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da attribuire in funzione delle scelte progettuali.

**Tabella 5.20 – Informazioni riassuntive della prova MASW eseguita**

Località	Area Stazione elettrica - Impianto agro-fotovoltaico "Porto Torres 1" da 59.276,55 kWp (40.000 kW in immissione) ed opera connesse - Comuni di Porto Torres e Sassari (SS)
Nome Prova	MASW
Metodo indagine	MASW ZVF forza verticale
Strumentazione	Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.), 24 canali, 24 bits
Geometria stendimento	24 geofoni interasse 2,0 m - sorgente esterna a 2,0 m da G1

## 5.6 Prova HVSR Area Stazione Elettrica

La prova è stata eseguita in un settore prossimo allo stendimento MASW.

**Tabella 5.21 – Prova HVSR Area Stazione Elettrica (coordinate WGS)**

HVSR COORDINATE WGS	
40°47'28.08"N	8°19'36.38"E

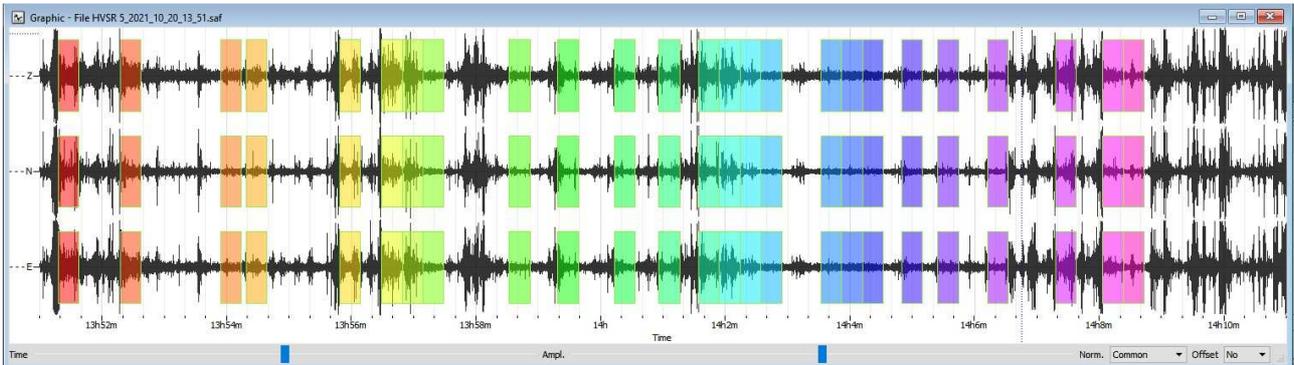


**Figura 5.21 – Localizzazione HVSR**

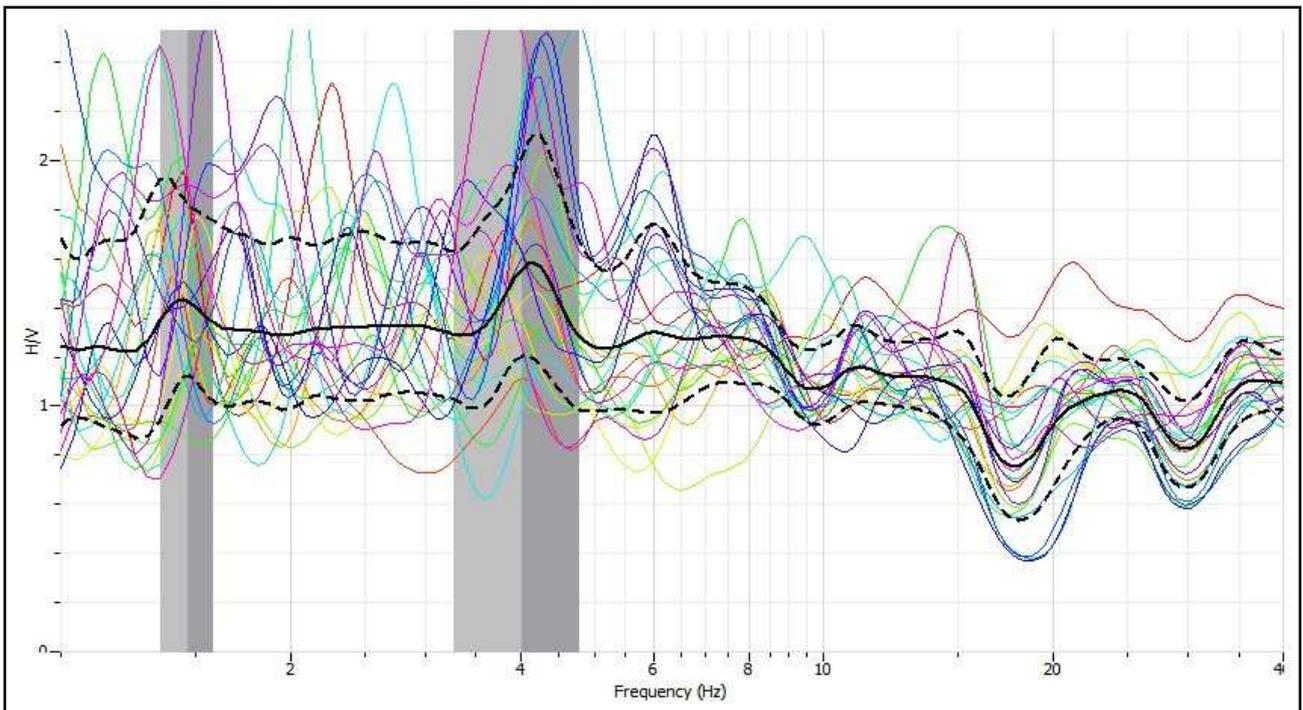
L'analisi HVSR è durata 30 minuti e il geofono triassiale è stato posizionato direttamente al contatto con il suolo in posto, l'acquisizione è stata in minima parte disturbata dal traffico veicolare anche se posizionata in vicinanza di strutture.

Nel complesso sono stati utilizzati microtremori per 8 minuti e 20 secondi, un lasso di tempo che ha permesso l'utilizzo di frequenze sufficientemente basse tali da poter raggiungere una adeguata profondità d'indagine.

Le condizioni meteo erano buone, con vento debole e assenza di pioggia.



**Figura 5.22 – Distribuzione frequenze misurate**



**Figura 5.23 - Grafico del rapporto spettrale H/V**

Peak editor

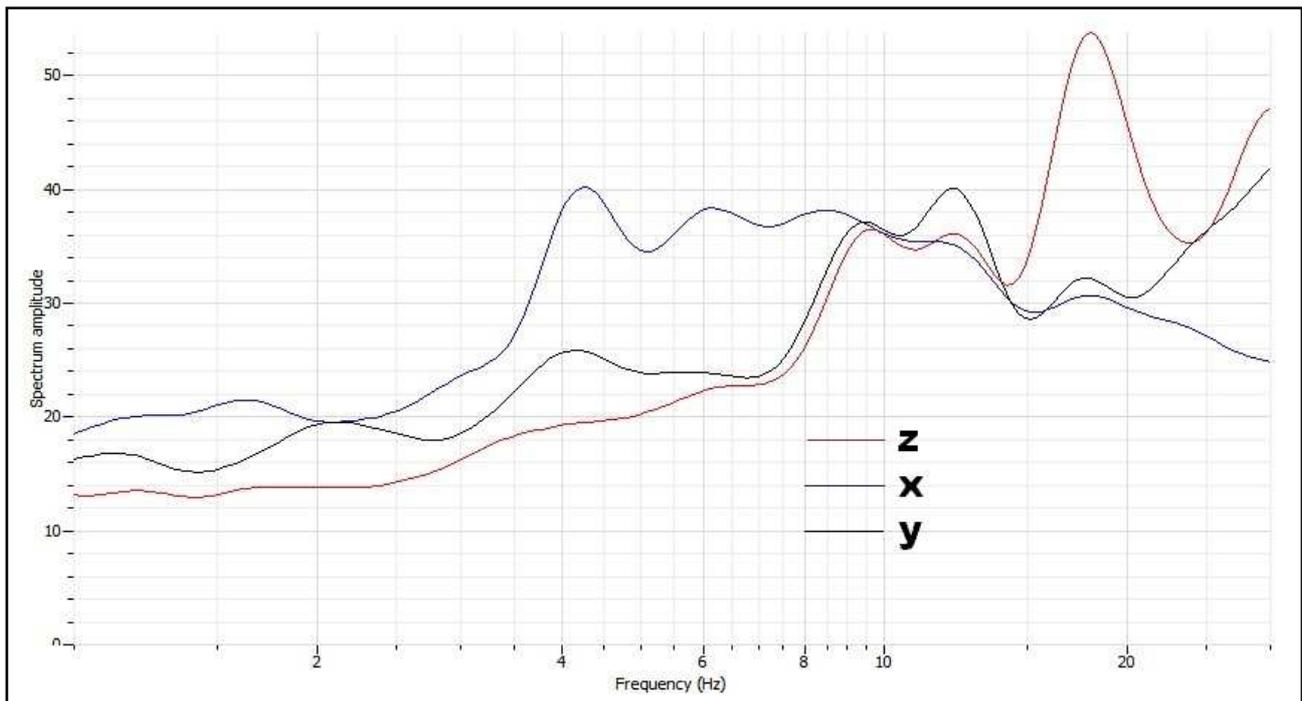
Station	Type	Frequency (Hz)	f-stddev (Hz)	f+stddev (Hz)
1 ---	H/V	4,02594	3,27414	4,77773
2 ---	H/V	1,46868	1,349	1,58836

**Figura 5.24 -Estrapolazione dei dati dal Grafico del rapporto spettrale H/V**

Dall'analisi del grafico nel rapporto H/V, si evidenziano due picchi con rapporti H/V bassi, ad indicare differenze sismostratigrafiche, rispettivamente così individuati:

- rapporto H/V 1,441 per frequenza di 1,469;
- rapporto H/V 1,608 per frequenza di 4,026.

Si sono sovrapposti anche gli spettri di frequenza delle tre componenti (due orizzontali e una verticale) a conferma che i picchi siano legati a fattori naturali e non siano di origine antropica. Questa condizione è confermata da ampiezze di frequenza della componente verticale (Z) più basse per i picchi segnalati, mentre per frequenze superiori a 16 Hz si notano dei disturbi di origine antropica.



**Figura 5.25 – Grafico frequenze ampiezza delle tre componenti**

Questi picchi sono legati con probabilità a interfacce delle formazioni mesozoiche con fattore di rigidità diverso e crescente con la profondità. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici superficiali.

L'applicazione della formula con approccio semi-quantitativo per il calcolo della profondità  $h = V_s/4f$  mostra come i risultati con una  $V_s$  pari a 1320 m/s il primo picco corrisponda al livello stratigrafico di contrasto a 82 m di profondità, con un basso contrasto del rapporto H/V e che l'altro picco sia legato a livelli molto profondi.

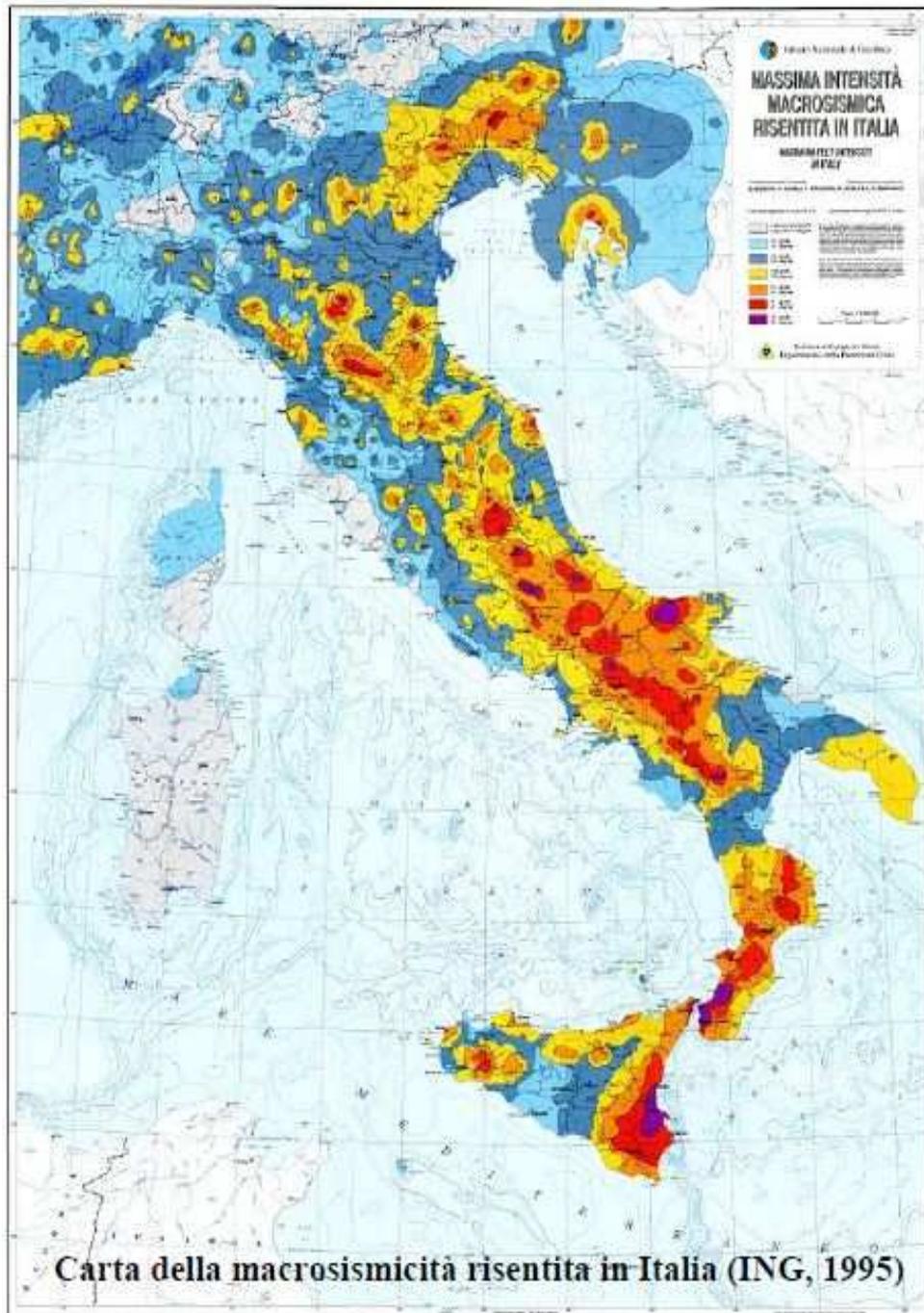
Poiché a parità di velocità media delle onde S, a frequenze di risonanza minori corrispondono spessori maggiori, è possibile (in prima approssimazione e a fini esplorativi) definire un abaco più generale per:

1. stimare la profondità del contrasto di impedenza responsabile degli effetti osservati;
2. valutare qualitativamente l'entità di questo contrasto;
3. utilizzando questo strumento, le frequenze di risonanza possono approssimativamente essere convertite in spessori, permettendo una identificazione preliminare delle interfacce risonanti.

Questo tipo di indagine non sostituisce una analisi di dettaglio ma ha il solo scopo (sotto stretto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo.



Anche la carta della “Massima intensità macrosismica risentita in Italia” del 1995 viene indicata parte della Gallura settentrionale come soggetta ad eventi sismici passati del VI grado M.C.S.



**Figura 6.2 - Carta della macrosismicità in Italia (INGV,, 1995)**

Gli studi basati sulla sismicità storica della Sardegna, per quanto parziali e incompleti, individuano quantomeno nell'Isola settori soggetti a possibili eventi tellurici di una certa consistenza, ma in tempi più recenti sia con l'emanazione dell'O.P.C.M. 3274, e ora con il D.M. 14 gennaio 2008 la Sardegna viene nella sua totalità classificata in zona 4, pur non essendo stato effettuato uno studio specifico sul picco di accelerazione PGA atteso. Nella figura seguente si riportano gli epicentri degli eventi sismici registrati dagli anni 70 ad oggi entro un raggio di 300 km dal centro Sardegna.



Figura 6.3 - Carta della classificazione sismica in Italia (2010)

Di seguito si riportano gli eventi documentati dal 1970 ad oggi.

**1977** – il 18 settembre del 1977, alle 11.45 viene percepita una scossa di terremoto classificata del 7° grado della scala Mercalli nella Sardegna meridionale, in particolare a Cagliari, ma la scossa viene ben percepita anche ad Oristano. Le cronache riferiscono che la scossa crea panico tra la popolazione, molte persone si riversano nelle strade e cinque malati di cuore finiscono all'ospedale per crisi cardiaca, i centralini dei vigili del fuoco e delle forze dell'ordine vengono intasati. L'epicentro viene individuato al largo dell'Isola di Sant'Antioco ed è legato all'attività di un vulcano sottomarino che si trova a 3000 metri di profondità, battezzato con il nome "Quirino".

**2000** – il 26 Aprile 2000 alle 15.30 vengono percepite delle scosse sismiche nella Sardegna nord occidentale. Si tratta di due scosse in mare aperto con epicentro al largo di Posada, 20 miglia a est, di magnitudo 4.0 e 4.5.

**2004** – tra il 12 e il 18 dicembre 2004, una sequenza sismica di moderata energia (con massima magnitudo pari a 4.5) ha interessato un'area posta al largo della costa nord-orientale sarda, di fronte ai comuni di Siniscola, San Teodoro e Olbia.

**2006** – il 23 marzo 2006 alle 23,45 una scossa di terremoto è stata registrata a Cagliari e nei centri sud-occidentali dell'Isola, avvertita nella notte a Cagliari e nei centri limitrofi. La Rete Sismica Nazionale, INGV, ha registrato un sisma di magnitudo 3,4 sulla scala Richter. L'epicentro è stato localizzato al largo di Capo Spartivento. I comuni interessati sono stati Pula, Villa San Pietro, Domus de maria, Sarroch, Teulada, Capoterra, Santadi, Sant'Anna Arresi, Piscinas, Nuxis, Cagliari, Masainas, Villaperuccio, Giba, Elmas, Quartu S.Elena, Quartucciu, Selargius, Narcao, Assemini.

**2009** – il 5 febbraio 2009 è stata avvertita una scossa sismica dalla popolazione sulla costa nord occidentale della Sardegna. L'epicentro è stato localizzato nel Mar Tirreno centrale, circa a 50 km ad Ovest rispetto al comune di Olbia. Dalle verifiche effettuate dalla Sala Situazione Italia del Dipartimento della Protezione Civile non risultano danni a persone o cose. Secondo i rilievi l'evento sismico è stato registrato alle ore 16.02, con una magnitudo di 4.3 e si colloca ad una profondità di circa 30 km.

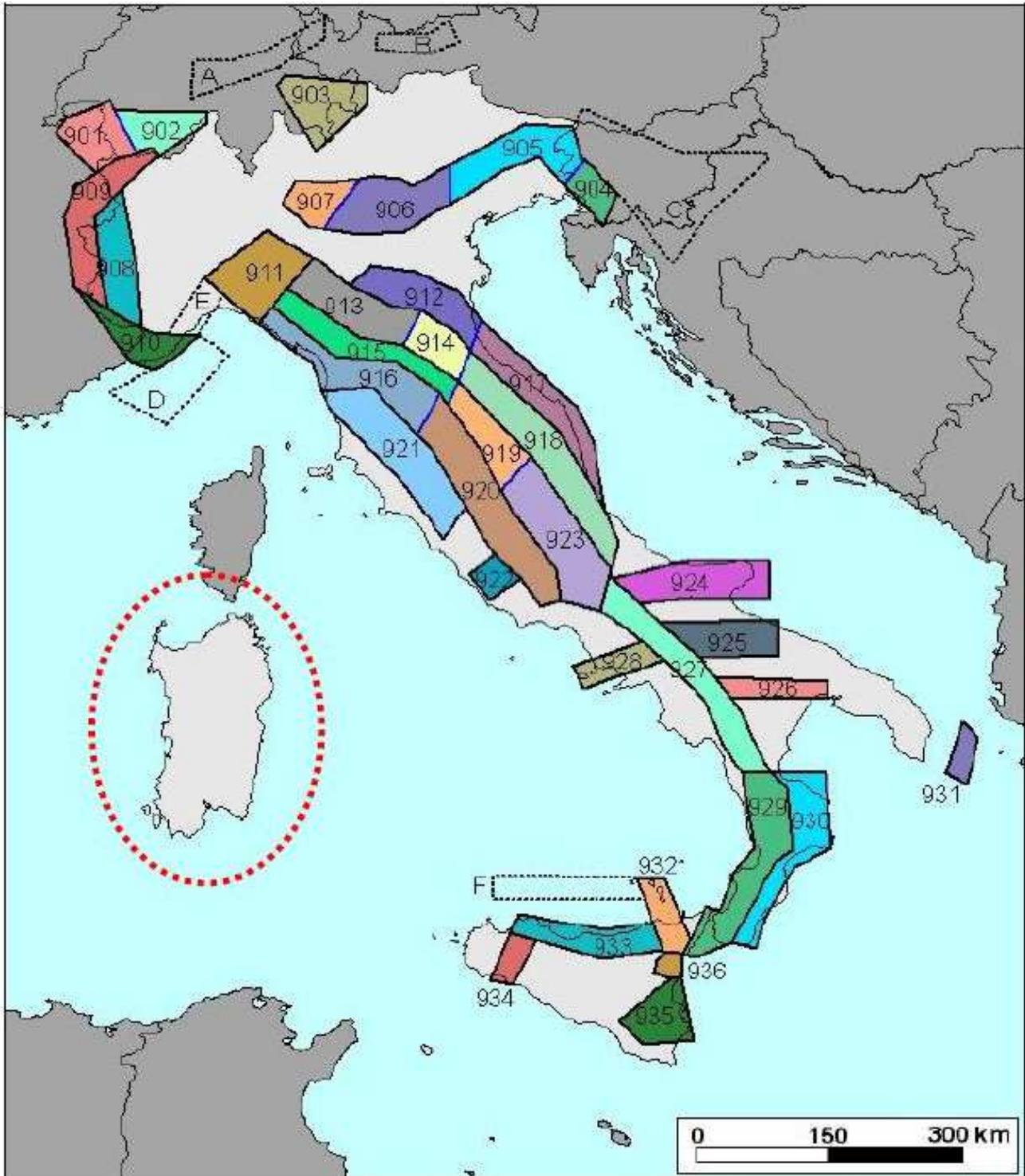
**2010** – il 10 novembre 2010 è stata avvertita una scossa di terremoto di magnitudo 4.1 nelle città di Sassari e Porto Torres intorno alle 19. L'epicentro è stato localizzato a circa 200 chilometri dalla costa, fra Porto Torres e la Francia occidentale. La scossa è stata segnalata dal "Bureau central sismologique francais" ma non dall'Istituto nazionale di geofisica, essendo avvenuta in acque territoriali francesi. Secondo l'istituto il sisma si è verificato alle 19.23 al largo in mare a sud est di Tolone. L'onda sismica ha poi raggiunto anche la costa nord della Sardegna, facendosi sentire in particolare a Sassari e Porto Torres dove, a parte l'allarme della popolazione, non ha avuto nessuna ripercussione su persone o cose.

**2011** - alle 19,21 del 7 luglio del 2011, a 100 chilometri a ovest di Ajaccio si era verificato un terremoto di magnitudo 5,3 che è stato avvertito anche nella Sardegna settentrionale. Non sono stati segnalati problemi alle persone o alle cose.

**2012** – Un terremoto di magnitudo 4,6 è stato registrato alle ore 04,37 italiane del 4 marzo 2012, in mare, al largo della costa occidentale della Corsica a 88 chilometri al largo di Ajaccio. Il terremoto è stato rilevato a una profondità di due chilometri ed è stato avvertito distintamente anche in Sardegna. Le verifiche effettuate dalla sala situazione Italia del Dipartimento della Protezione civile hanno confermato che non ci sono stati danni. La scossa è stata avvertita anche in Corsica e a Marsiglia e nel sud della Francia.

## 6.2 Caratterizzazione sismogenetica

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall'INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale. Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che la regione interessata dai tracciati in progetto non è caratterizzata da nessuna area sorgente di particolare rilievo.



**Figura 6.4 - Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall'INGV**

## 6.3 Modellazione sismica del sito

A seguito della pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n°42 del 20.2.2018 del D.M. 17 gennaio 2018 recante “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC – 2018), che ha sostituito il D.M. 14 gennaio 2008 (NTC – 2008), si progetta solamente con il metodo degli stati limite (§ 2.6 NTC – 2018). Il ricorso alla modellazione sismica, intesa come Risposta Sismica Locale (RSL), è quindi sempre prevista ed inderogabile (ad eccezione delle sole opere di tipo 1 – costruzioni temporanee e provvisorie o in fase di costruzione quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni – per cui le verifiche sismiche si possono omettere).

Nella RSL (§ 3.2.2. NTC – 2018), per quanto riguarda l’approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua contestualmente in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della “generica” velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (m/s) (in luogo della “precedente”  $V_{S,30}$ ), definita dall’espressione:

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

dove H è ora la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s; per depositi, tuttavia, con profondità H del substrato superiore a 30 m, la  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$  ottenuto ponendo H=30 m nell’espressione generale.

### 6.3.1 Pericolosità sismica di base

La “pericolosità sismica di base” costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere.

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

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- **ag** accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in g/10);
- **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 (espresso in s).

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell’opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento. Allo stato attuale infatti, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno). Il reticolo di riferimento delle NTC 2018, suddivide l’intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno ( $Tr$ ) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti i tre parametri  $ag$ ,  $F_0$  e  $Tc$  per la definizione dell’azione sismica di progetto ricavati riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock ( $ag$ ) non sono più valutate genericamente sulla base dell’appartenenza del comune in cui realizzare l’opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell’effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l’opera. Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell’azione sismica di progetto ( $ag$ ,  $F_0$ ,  $Tc^*$ ) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Le NTC 2018 definiscono l’azione sismica considerando un periodo di ritorno ( $Tr$ ) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (PVR) nel periodo di riferimento dell’opera ( $Vr$ ). La probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in un determinato sito si verifichi un evento sismico

di entità almeno pari ad un valore prefissato, è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” PVR .

Il periodo di riferimento dell’opera (Vr) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (Vn), intesa come il numero di anni nel quale l’opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d’uso (Cu), funzione della Classe d’uso della costruzione.

- Vita Nominale (VN) di 50 anni;
  - Classe d’uso IV, funzioni pubbliche o strategiche importanti..., corrispondente ad un Coefficiente d’uso (Cu ) pari a 2,0;
- da cui si ottiene un periodo di riferimento per l’opera Vr pari a 200 anni.

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (Pvr) nel periodo di riferimento dell’opera (Vr) sono funzione dell’importanza dell’opera e dello stato limite considerato.

Data l’importanza dell’opera ed in accordo al paragrafo 7.1 delle NTC 2018, sono stati considerati due stati limite.

**Tabella 6.1 - Probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale al bedrock in funzione dello stato limite considerato (Tabella 3.2.1 delle NTC 2018). In rosso sono evidenziati gli stati limite considerati.**

Stati Limite	P <sub>V<sub>R</sub></sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V <sub>R</sub>	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Da tali assunzioni sono stati calcolati i valori dei periodi di ritorno (Tr) per i due stati limite considerati mediante la formula:

$$T_r = \frac{|V_r|}{\ln(1 - P_{V_r})}$$

da cui si ottengono i seguenti periodi di ritorno (TR):

- TR pari a 101 anni, per lo Stato Limite di Danno (**SLD**);
- TR pari a 949 anni, per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**).

Calcolati i periodi di ritorno per i due stati limite sono stati definiti, in accordo alle NTC 2018, i valori di accelerazione orizzontale massima (ag) attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale validi per il territorio interessato dal progetto.

Località:

LON: 8,403 LAT: 40,838

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo (Le coordinate espresse in questo file sono in ED50):

	LON	LAT	DISTANZA
	(°)	(°)	(km)
Punto 1	8,100	41,320	59,309
Punto 2	9,850	41,320	132,598

Punto 3	8,100	38,850	222,563
Punto 4	9,850	38,850	253,223

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 60 [anni]

ag: 0,025 g

Fo: 2,685

Tc\*: 0,299 [s]

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 101 [anni]

ag: 0,031 g

Fo: 2,730

Tc\*: 0,307 [s]

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 949 [anni]

ag: 0,060 g

Fo: 2,976

Tc\*: 0,371 [s]

#### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 1950 [anni]

ag: 0,071 g

Fo: 3,061

Tc\*: 0,393 [s]

Quindi i valori di accelerazione orizzontale massima attesi al bedrock (Ag) con superficie topografica orizzontale definiti per l'analisi dell'azione sismica nell'area in progetto risulta essere quelli indicati nella tabella successiva.

**Tabella 6.2 – Valori di accelerazione orizzontale massima, attesi al bedrock**

STATO LIMITE	Ag (g)
SLD (Tr 101 anni)	0,031
SLV (Tr 949 anni)	0,060

### 6.3.2 Risposta sismica locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale (RSL) si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. *In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .* I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo\*, di cui al § 6.2.2. I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Le norme di riferimento (NTC 2018) definiscono la risposta sismica locale (S) di un sito attraverso la stima di due parametri:

- Categoria di Sottosuolo;
- Condizione Topografica.

#### 6.3.2.1 Categorie di suolo di fondazione

Il sottosuolo nelle NTC 2018 è suddiviso in cinque classi di riferimento, in funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. I diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico con variazioni dell'accelerazione di picco e del contenuto in frequenza.

Le categorie di sottosuolo per le aree di interesse sono state desunte con specifiche prove MASW. Le analisi condotte rispettivamente sulle aree di sedime dei campi fotovoltaici (da "Area 1" a "Area 4") e per la Stazione Utente, hanno indicato un valore di  $V_{seq}$  (NTC 2018) compreso tra **352 e > 800 m/s**.

**Tabella 6.3 - Risultati analisi geofisica campagna d'indagini anno 2021**

N. indagine	Categoria sismica	$V_{seq}$ (NTC 2018)
MASW 1	B	611.11
MASW 2	B	578.76
MASW 3	E	352
MASW 4	B	373
MASW 5	A	>800

Tali caratteristiche permettono di classificare i siti (NTC 2018) secondo la seguente tabella:

**Tabella 6.4 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II NTC 2018)**

<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

<b>C</b>	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.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	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 le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2, la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico  $S_s$ , il coefficiente topografico  $ST$  e il coefficiente  $CC$  che modifica il valore del periodo  $T_c$ .

### 6.3.2.2 Amplificazione stratigrafica

Definita la categoria del sottosuolo è possibile calcolare i coefficienti:

- S<sub>s</sub>** coefficiente di amplificazione stratigrafica necessario per calcolare l'accelerazione di picco al suolo  $a_g$  (o PGA);
- CC** coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo necessario per il calcolo del periodo  $T_c$  e quindi la velocità orizzontale massima attesa al suolo  $V_g$  (o PGV).

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_s$  e  $CC$  valgono 1.

**Tabella 6.5 - Definizione dei parametri sismici  $S_s$  e  $CC$  in accordo alla Tabella 3.2.IV, NTC 2018**

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

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti  $S_s$  e  $CC$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

### 6.3.2.3 Amplificazione topografica

La classificazione del territorio in categorie avviene semplificando le caratteristiche della superficie topografica (pendenza media e morfologia) e considerando l'ubicazione del sito (base, sommità, ecc), rispetto a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali (creste o dorsali allungate), con altezze maggiori di 30 metri.

Le NTC 2018 assegnano a ciascuna Categoria Topografica un Coefficiente di amplificazione topografica (ST). Questo coefficiente, insieme al coefficiente di amplificazione stratigrafica (SS), precedentemente descritto, è necessario per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

La superficie topografica da considerare varierà in funzione del settore preso in considerazione sulla base della tabella di riferimento seguente.

**Tabella 6.6 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (Tab. 3.2.V delle NTC 2018)**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Sulla base della cartografia delle pendenze, tutti i siti indagati ricadono in una classe di pendenza non superiore a  $14^\circ$ ; si considereranno quindi tutti i settori in categoria T1.

Il coefficiente di amplificazione topografica ST e il coefficiente di amplificazione stratigrafica SS sono necessari per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA). La stima dell'accelerazione di picco in superficie  $a_{gs}$  (PGA) per il sito in esame si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo rigido  $a_g$ :

$$A_{gs} = a_g * S$$

Il coefficiente S, che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche è calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s * S_t$$

in cui  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed  $S_t$  è il coefficiente di amplificazione topografica. Nella tabella che segue sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima attesi al suolo  $a_{gs}$ .

Per la **stazione elettrica** ricadente in categoria **di sottosuolo A:**

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss:	1,000
Cc:	1,000
St:	1,000
Kh:	0,005
Kv:	0,003
Amax:	0,249
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,000
Cc:	1,000
St:	1,000

Kh: 0,006  
 Kv: 0,003  
 Amax: 0,308  
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,000  
 Cc: 1,000  
 St: 1,000  
 Kh: 0,012  
 Kv: 0,006  
 Amax: 0,587  
 Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,000  
 Cc: 1,000  
 St: 1,000  
 Kh: 0,014  
 Kv: 0,007  
 Amax: 0,693  
 Beta: 0,200

per I campi **fotovoltaici "Area 1", "Area 2" e "Area 4" e porzione di "Area 3"** ricadenti in categoria di **sottosuolo B:**

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200  
 Cc: 1,400  
 St: 1,000  
 Kh: 0,006  
 Kv: 0,003  
 Amax: 0,299  
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200  
 Cc: 1,390  
 St: 1,000  
 Kh: 0,008

	Kv:	0,004
	Amax:	0,370
	Beta:	0,200
SLV:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,340
	St:	1,000
	Kh:	0,014
	Kv:	0,007
	Amax:	0,705
	Beta:	0,200
SLC:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,330
	St:	1,000
	Kh:	0,017
	Kv:	0,008
	Amax:	0,832
	Beta:	0,200

Per la porzione di campo **fotovoltaico "Area 3"** ricadente in categoria di **sottosuolo E:**

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:		
	Ss:	1,600
	Cc:	1,860
	St:	1,000
	Kh:	0,008
	Kv:	0,004
	Amax:	0,398
	Beta:	0,200
SLD:		
	Ss:	1,600
	Cc:	1,840
	St:	1,000
	Kh:	0,010

Kv: 0,005  
Amax: 0,493  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,600  
Cc: 1,710  
St: 1,000  
Kh: 0,019  
Kv: 0,010  
Amax: 0,940  
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,600  
Cc: 1,670  
St: 1,000  
Kh: 0,023  
Kv: 0,011  
Amax: 1,110  
Beta: 0,200

Sassari, Dicembre 2021

I Professionisti

Dott. Geol. Domenico Praticò



Dott. Geol. Mario Nonne



**Appendice 01**

**Report fotografico**

Campo fotovoltaico "Area 1"



Campo fotovoltaico "Area 2"



Campo fotovoltaico "Area 3"



Campo fotovoltaico "Area 4"



Area Stazione Elettrica

