

## ALLEGATO 2: PROSPEZIONE SISMICA



Foto generali durante l'acquisizione sismica – Comune di Castel San Giorgio (SA)

**Località:** Via L.Guerasio, 121, Castel San Giorgio (SA)

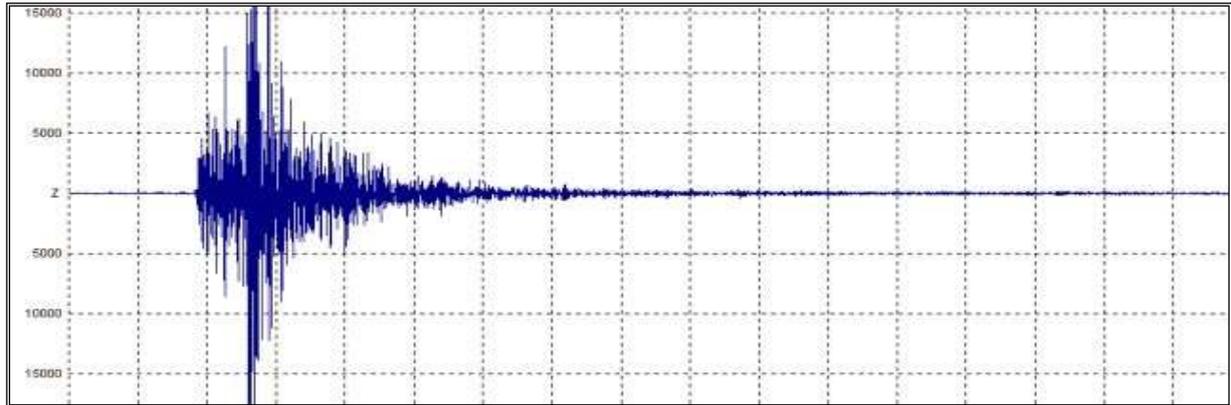
**Committente:** Comune di Castel San Giorgio

**Lavoro:** Abbattimento e Ricostruzione Caserma dei Carabinieri

**INDAGINE GEOFISICA TRAMITE TECNICA MASW**

## Sommario

TEORIA SULLE PROSPEZIONI SISMICHE MASW .....	3
ACQUISIZIONI GEOFISICHE ED ELABORAZIONE DATI MASW ...	9
RISULTATI .....	12



*Esempio di traccia sismica*

## TEORIA SULLE PROSPEZIONI SISMICHE MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh – MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – è un'efficiente metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 1), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 2);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (Fig.3) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_s$  dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento) (Figura 4).

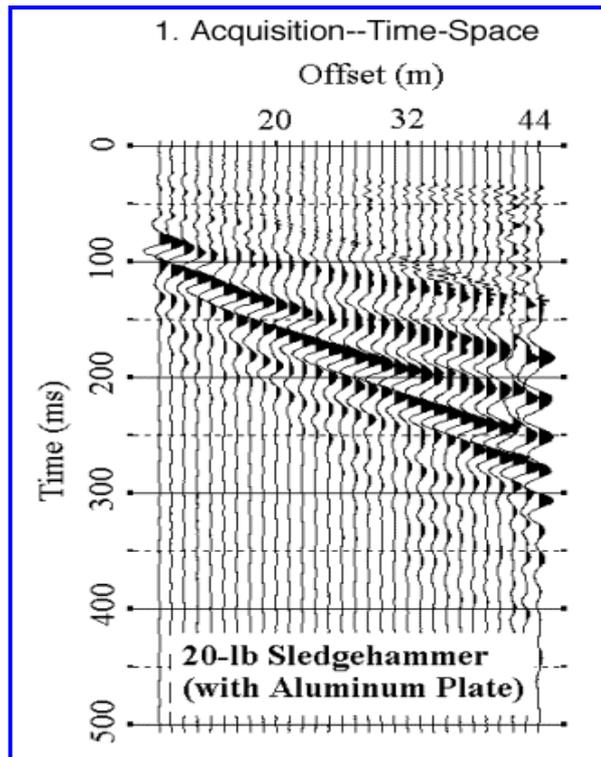


Fig. 1 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento

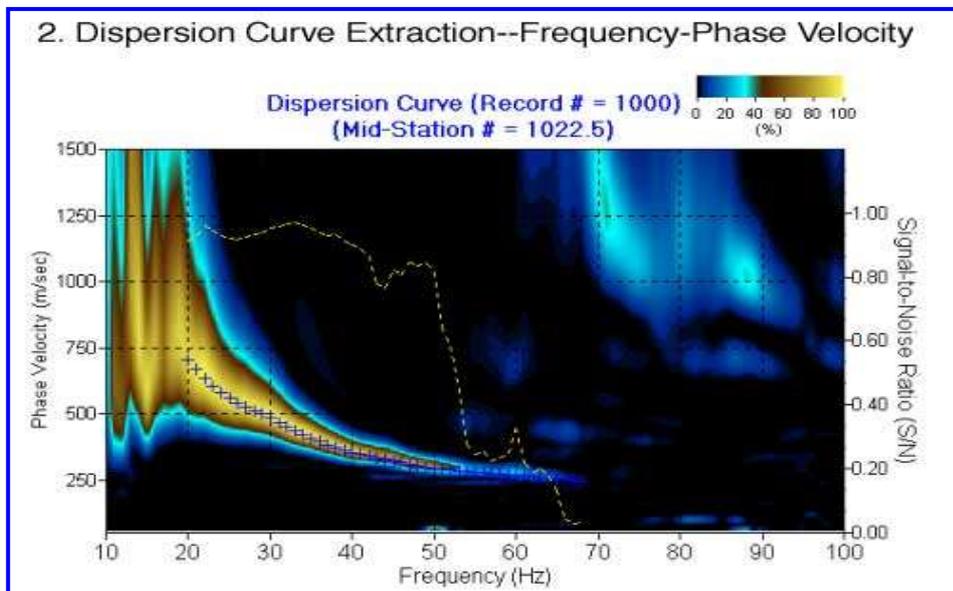
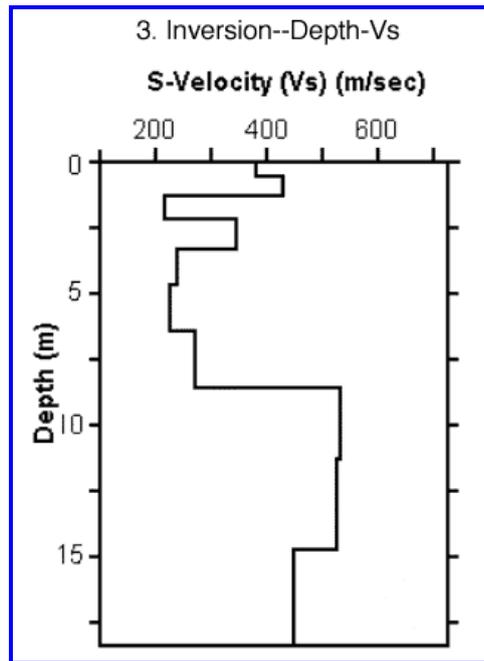
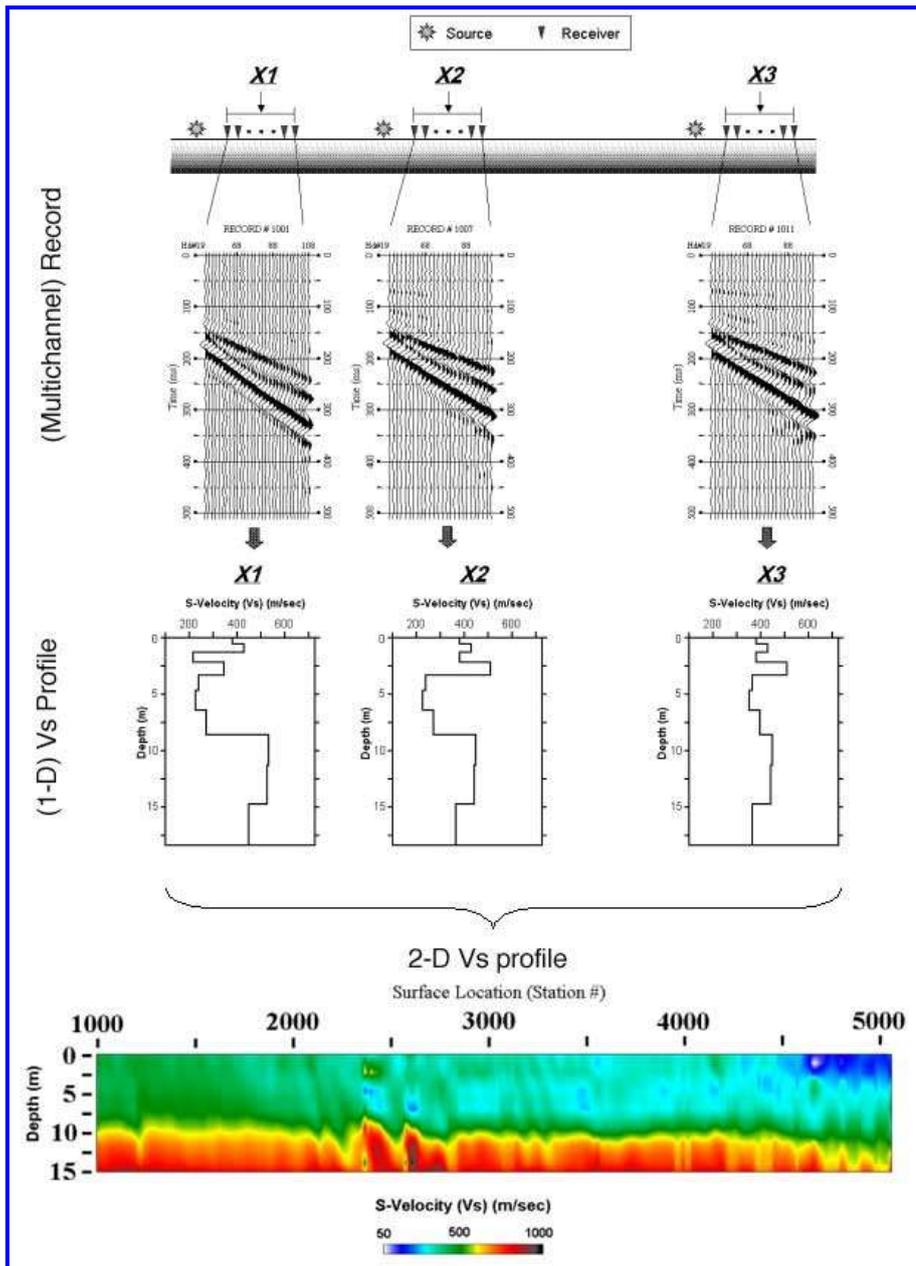


Fig. 2: Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.



**Fig. 3:** *Modello di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a  $1.1V_R$  ( $V_R$ =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa  $0.4\lambda$  ( $\lambda$ =lunghezza d'onda).*

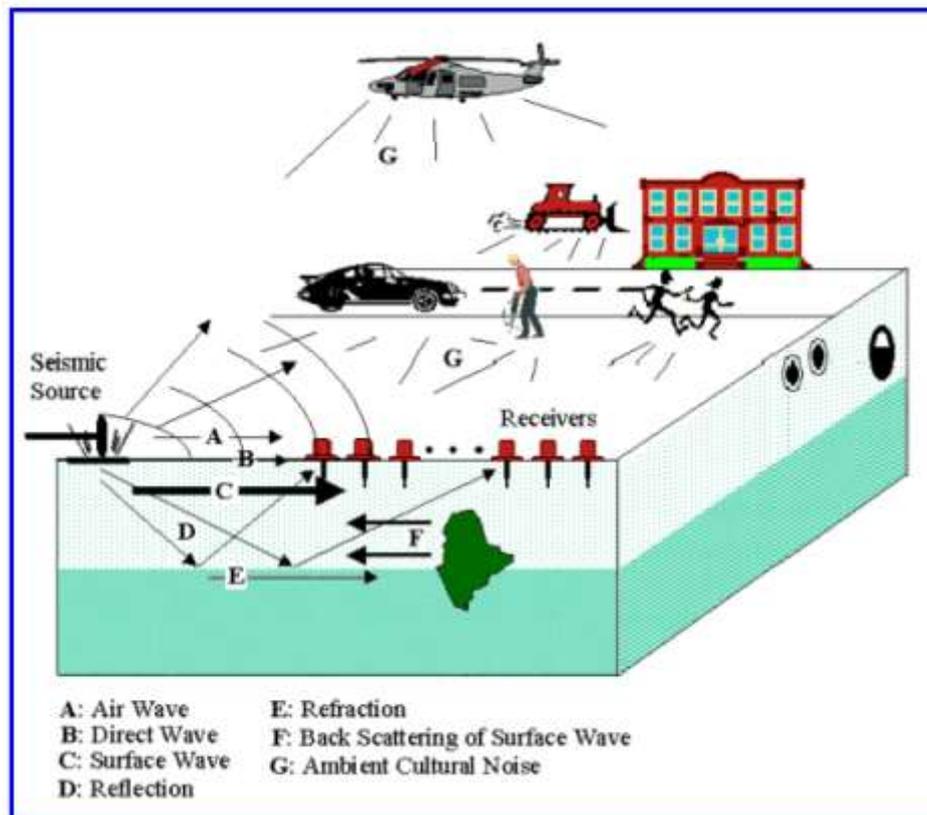
Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 5).



**Fig. 4:** Modello 2D di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

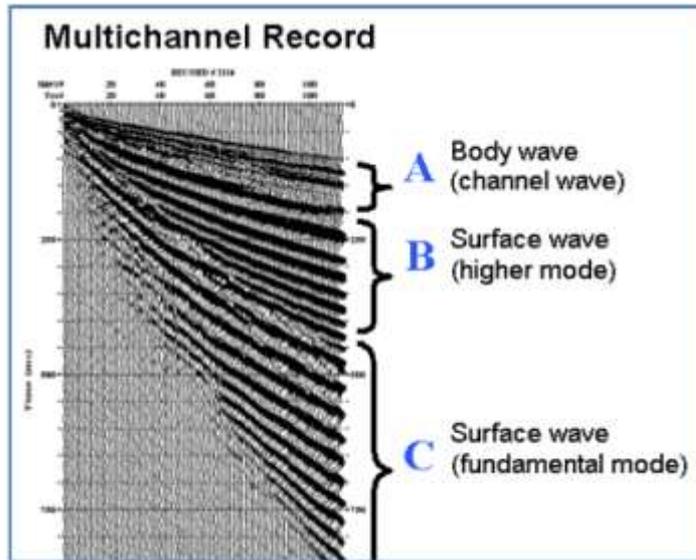
Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.



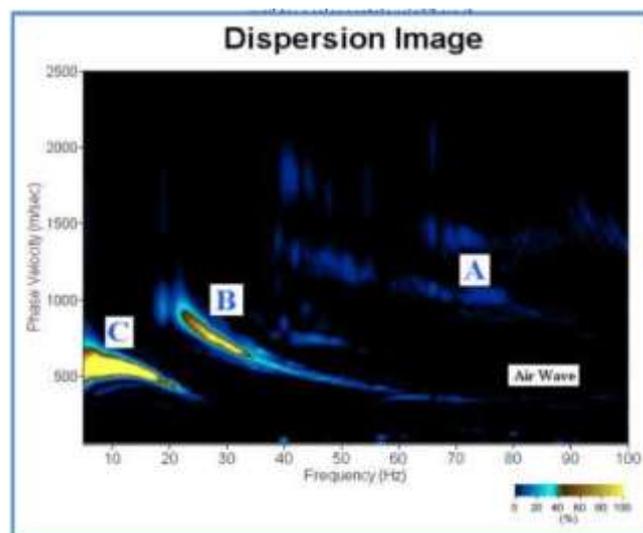
*Fig. 5: Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.*

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 6) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 7).



**Fig. 6:** Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.



**Fig.7:** Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 6.

## ACQUISIZIONI GEOFISICHE ED ELABORAZIONE DATI MASW

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area oggetto di indagine, è stata eseguita n.1 prospezione sismica tipo M.A.S.W. le cui caratteristiche sono riportate in Tab.1:

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Caratteristiche degli strumenti</i>	<i>Offset e spacing (m)</i>	<i>Località</i>
<i>Stendimento n.1</i>	SISMOGRAFO MAE A 6000 24 GEOFONI distanziati a 1,00m	1.00	Comune di Castel San Giorgio

*Tab. 1 – Riepilogo caratteristiche relative allo stendimento geofonico messo in opera*



*Foto generale che illustra lo stendimento geofonico eseguito presso la stazione di comando dei Carabinieri del Comune di Castel San Giorgio (SA)*

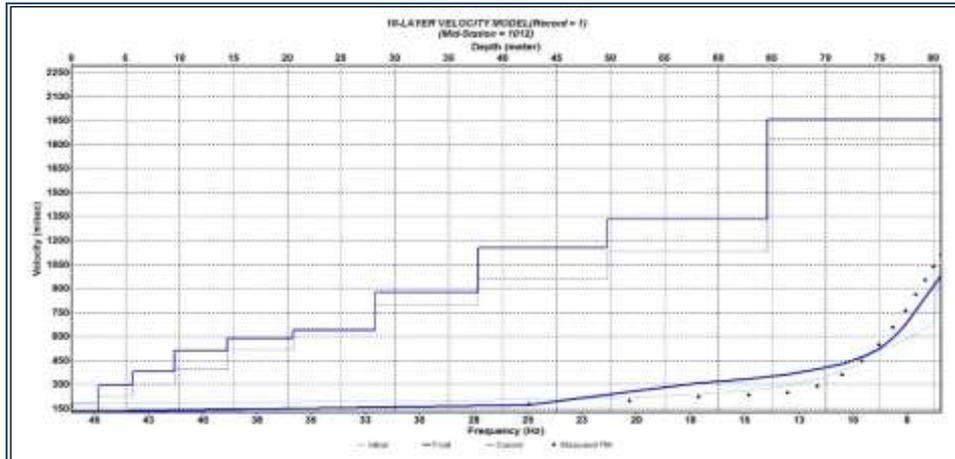
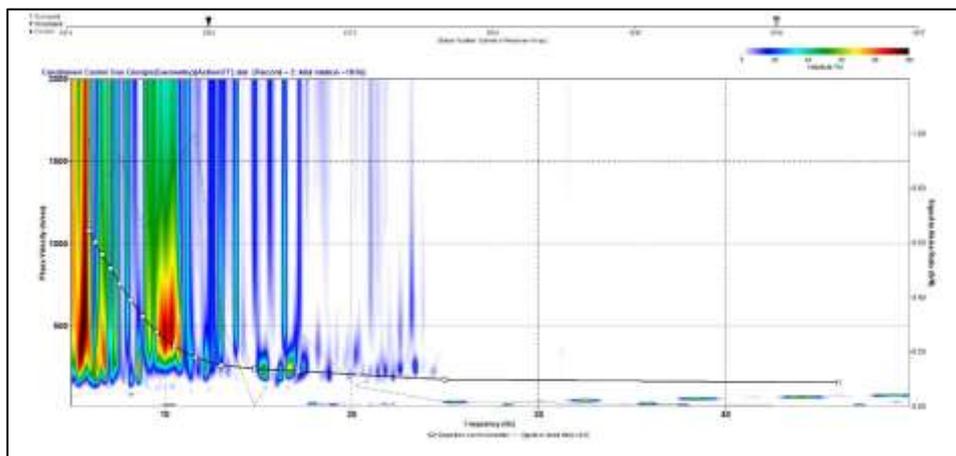
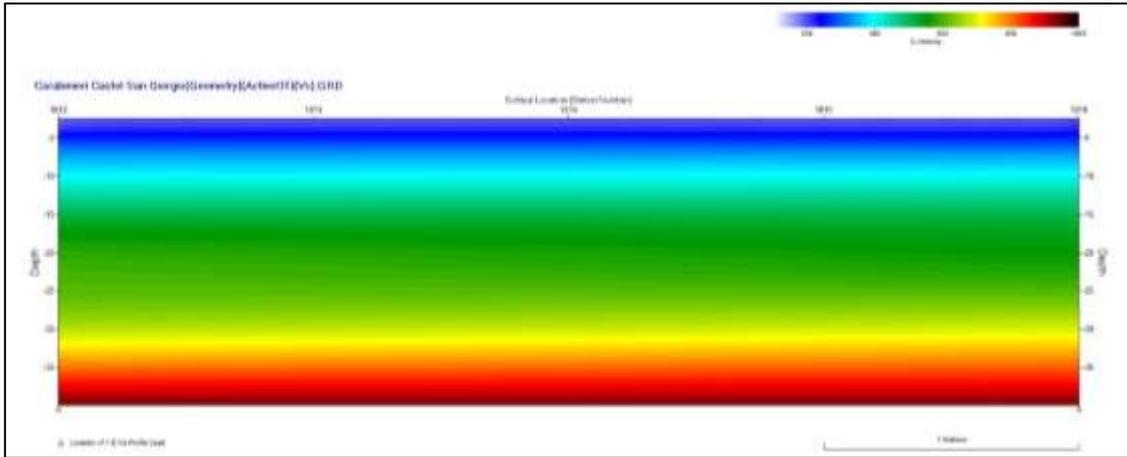


Diagramma profili-velocità e calcolo della Vs (m/s) eseguito presso Via L.Guerasio, 121, 84083  
Comune di Castel San Giorgio (SA)



Curva di dispersione



*Modello 2D di velocità delle onde di taglio (Vs)*

<i>Profondità</i>	<i>vs</i>
<i>3</i>	<i>170,20</i>
<i>6,2</i>	<i>234,12</i>
<i>10,2</i>	<i>292,12</i>
<i>15</i>	<i>421,25</i>
<i>21,1</i>	<i>490,11</i>
<i>28,7</i>	<i>586,62</i>
<i>30</i>	<i>635,11</i>

<b>CalcoloVs30</b>	<b>Categoria di suolo C</b>
<b>357,80</b>	

## RISULTATI

L'indagine sismica MASW effettuata, considerando la sismo-stratigrafia, ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **C** del D.M. 17 gennaio 2018 (Tab. 2, Tab. 3).

Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

con:

**$h_i$**  = spessore dell'*i*-esimo strato;

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

**$N$**  = numero di strati;

**$H$**  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Nel caso specifico:

<b>Vs equivalente [m/sec]</b>	<b>357.80</b>
<b>Categoria del suolo</b>	<b>C</b>

**Tabella - Categorie di sottosuolo secondo le “Norme Tecniche per le costruzioni”**

<b>Suolo</b>	<b>Descrizione geotecnica</b>	<b>Vs30(m/s)</b>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 &gt; 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri</i>	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360÷800 m/s ( ovvero <math>N_{stp,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>C_{u30} &gt; 250</math> KPa nei terreni a grana fine).</i>	360÷800
<b>C</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180÷360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{stp,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; C_{u30} &lt; 250</math> KPa nei terreni a grana fine).</i></b>	<b>180÷360</b>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 &lt; 180 m/s (ovvero <math>N_{stp,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>C_{u30} &lt; 70</math> KPa nei terreni a grana fine).</i>	<180
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 metri posti sul substrato di riferimento (con Vs &gt; 800 m/s).</i>	

**Tab. 2** - Classificazione dei suoli in base alla Vs

Il territorio comunale di Castel San Giorgio (SA), a seguito della riclassificazione sismica ai sensi del D.G.R. 5447/2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in Zona 2 - Media Sismicità.

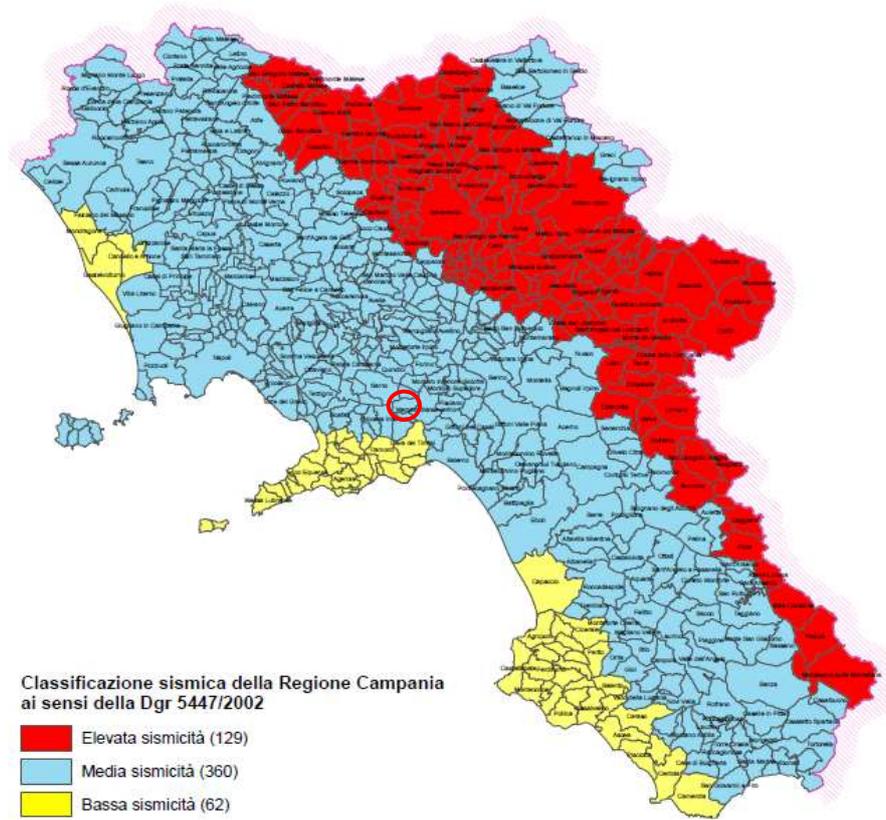


Fig. 8 – Classificazione sismica del 2002 dei comuni della regione Campania. Zona 1, valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2, valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3, valore di  $a_g=0.15g$ .