

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

# STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

## LIVELLO 2 - INTEGRAZIONE

### Relazione illustrativa SISMICA

---

## Regione Veneto

### COMUNE di SUSEGANA (TV)

---



|                |                                                                                     |             |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Regione Veneto | Soggetto realizzatore                                                               | Data        |
|                |  | Giugno 2026 |

## **SOMMARIO**

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>PREMESSA .....</b>                    | <b>12</b> |
| <b>DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....</b> | <b>13</b> |
| <b>Esito misure sismiche .....</b>       | <b>13</b> |
| <b>LIVELLO 1 .....</b>                   | <b>14</b> |
| <b>LIVELLO 2 .....</b>                   | <b>15</b> |
| <b>CONCLUSIONI .....</b>                 | <b>18</b> |

## **PREMESSA**

L'ufficio tecnico del comune di Susegana (Treviso), nella persona del responsabile del servizio Geom. Eddy Dall'Anese, mi ha affidato l'incarico relativo alla redazione dell'Attestazione Sismica per 2 dei siti o aree oggetto della Variante 4 al PI; un ulteriore sito sarà dotato di Asseverazione Sismica a cura dell'Urbanista incaricato, visto che non comportano incremento di carico urbanistico.

Il comune di Susegana è classificato in zona 2, a seguito della OPCM3274/2003, entrata in vigore il 8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con pericolosità sismica di base medio-alta. Tale attribuzione è stata confermata dalla DGRV n. 244 del 9 marzo 2021. L'allegato 7 della OCDPC 780 del 20 maggio 2021 prevede per Susegana un valore di  $a_g$  pari a 0.239148.

Il comune di Susegana è dotato di Microzonazione Sismica di 1° LIVELLO (a cura del sottoscritto) approvata dal Genio Civile della Regione Veneto.

E' anche dotato di Microzonazione Sismica di Livello 2, con approfondimento di livello 3 – liquefazione (a cura del sottoscritto), che ha anche aggiornato alcuni aspetti del Livello 1.

Dei 3 siti oggetto di Attestazione Sismica:

- Le aree site in Via Cucco e Via Fornaci di Collalto, definite entrambe “territorio Agricolo...” (Art. 52 e Art. 54 NTO), non sono state classificate e zonate a livello 2 e 3 e pertanto, secondo quanto previsto dalla Circolare della Direzione Difesa del Suolo e della Costa, SOS Lavori e Servizi Tecnici protocollo regionale n. 71886 del 16/02/2022, devono essere accompagnate da una Microzonazione Sismica puntuale che puntualizzi la zonazione di livello 2 in tali aree e a un congruo intorno limitrofo. Per tali 2 siti sono state eseguite apposite misure sismiche MASW e HVSR per la valutazione della sismostratigrafia del sottosuolo, quindi sono stati applicati gli abachi nazionali per la valutazione dei fattori di amplificazione locale FA e FV ed infine è stato predisposto uno stralcio di cartografia definita di “livello 2” negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (in genere abbreviati con la sigla ICMS).
- Il terzo sito si avvarrà di apposita Asseverazione sismica come sopra specificato

Trattandosi di uno studio integrativo rispetto alla Microzonazione Sismica comunale di livello 1 e 2, in questa sede vengono tralasciate tutte le descrizioni di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica del territorio e sull'assetto geologico e geomorfologico del territorio, rimandando alle relazioni illustrative di tali studi.

## DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi geologico-geotecnici effettuati nel corso di numerosi anni, sia personalmente che gentilmente messi a disposizione da colleghi e dall'Amministrazione Comunale.

| <b>Tipo</b> | <b>Misura</b>    | <b>Stack</b>                  | <b>Numero</b> |
|-------------|------------------|-------------------------------|---------------|
| MASW (HS)   | 45 m             | 4 + 1                         | 2             |
|             | <b>Frequenza</b> | <b>Tempo di Registrazione</b> |               |
| HVSR        | 128 Hz           | 10 minuti                     | 2             |

Ulteriori dettagli riguardanti i parametri dell'acquisizione vengono riportati nel rapporto di elaborazione dell'indagine.

### Esito misure sismiche

Le nuove misure sismiche acquisite hanno consentito di ottenere una serie di informazioni sul campo di velocità delle onde S nei primi 30 m di profondità e dei periodi propri di vibrazione dei terreni indagati, dai quali si sono potuti calcolare tramite gli appositi abachi, come si vedrà in seguito, i parametri di amplificazione sismica FA e FV.

Per le misure MASW (HS) viene riportata la  $V_{sh}$  ovvero la velocità della coltre al di sopra del substrato sismico (con  $V_s$  uguale o maggiore di 800 m/s), la profondità di tale substrato e la sua velocità ed infine il valore della  $V_{s30}$ . Come previsto anche dalle NTC 2018,  $V_{sh}$  e  $V_{s30}$  coincidono quando il substrato sismico è più profondo di 30 m. Viene altresì riportata anche la Frequenza di sito e il valore del rapporto H/V.

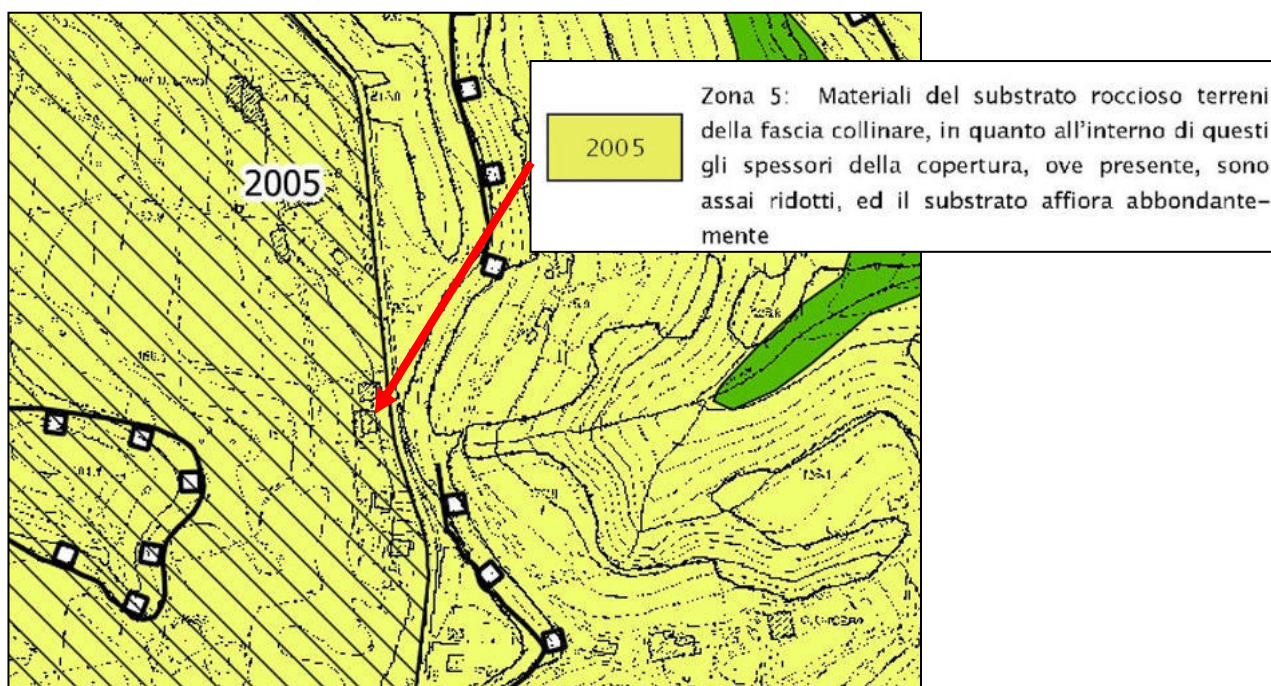
| <b>Denominazione</b> | <b>Località</b>         | <b><math>V_{sHb} = V_{s30}</math><br/>(m/s)</b> | <b>Fo Hz</b> | <b>H/V</b> |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|--------------|------------|
| HS – HVSR 1          | Via Cucco               | 538                                             | 5,37         | 5,65       |
| HS – HVSR 1          | Via Fornaci di Collalto | 423                                             | 4,27         | 2,89       |

## LIVELLO 1

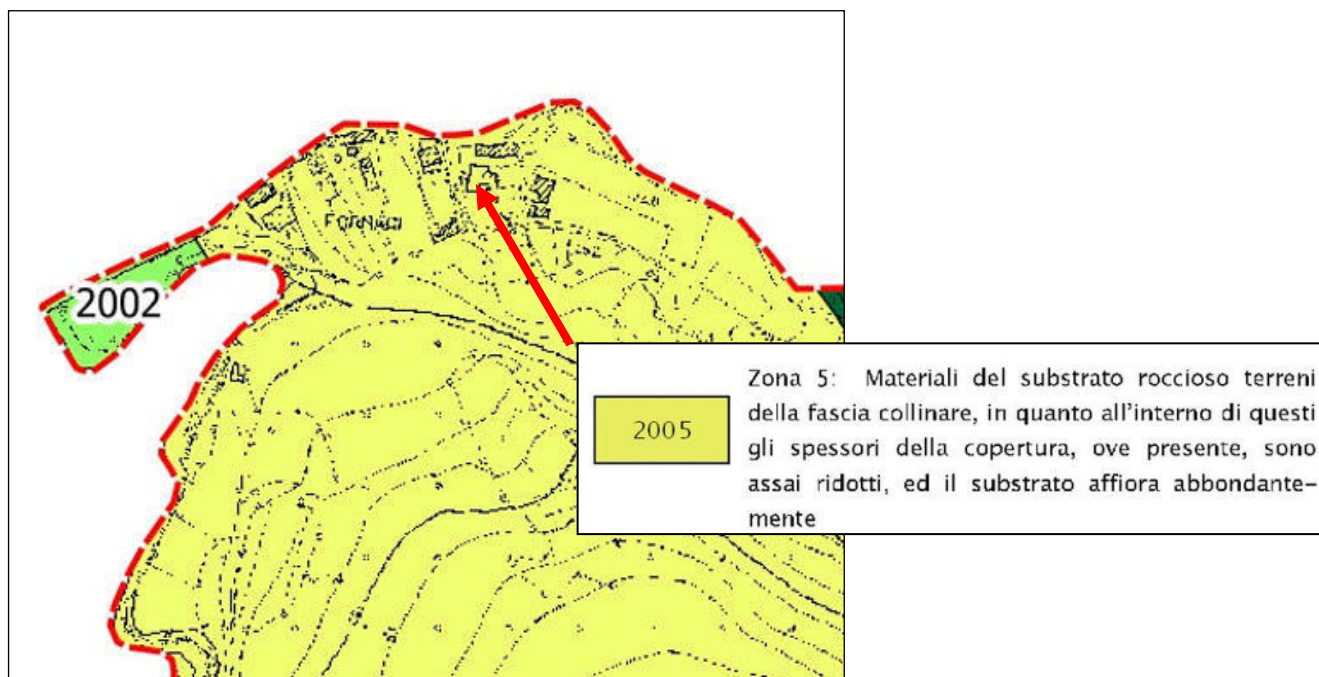
La base di partenza di questo studio, ampliamento del Livello 2 esistente, sono le cartografie della MS di Livello 1 che suddividono l'intero territorio comunale in zone omogenee in prospettiva sismica impostando per ciascuna zona un modello geologico-stratigrafico di riferimento con i relativi valori delle Vs. Il criterio utilizzato per la carta delle MOPS (Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) nella versione rivisitata con il livello 2, è stato prevalentemente basato sui dati geologici e geofisici specifici utili alla conoscenza dell'andamento delle velocità relative alle onde S (Vs) nei primi 30 m del sottosuolo. Questo ha portato a dividere il territorio comunale in 5 microzone (dalla 2001 alla 2005) che rappresentano, sostanzialmente, 4 il settore di fondovalle e di pianura e 1 fascia dei rilievi collinari. Inoltre sono state individuate delle fasce, caratterizzate da maggiore pendenza, segnalate come *Zone di Attenzione per instabilità di versante* oltre alla *Zona di Attenzione per Liquefazione*.

Di seguito lo stralcio della Carta MOPS con il relativo modello sismostratigrafico dell'area circostante il sito in esame.

### Istanza Via Cucco



## Istanza Via Fornaci di Collalto



Questi settori collinari sono impostati su rocce conglomeratiche caratterizzate da una coltre di copertura di natura colluviale con spessori di pochi metri e composizione prevalentemente limoso-sabbiosa e argillosa.

## LIVELLO 2

Scopo del Livello 2 di approfondimento, secondo la DGRV 1572/2013, è di supplire le incertezze del Livello 1 con nuovi approfondimenti volti ad attribuire quantificazioni numeriche, tramite abachi e leggi empiriche a determinate aree soggette a modificazione locale del moto sismico in superficie e/o fenomeni di deformazione permanente. Tale obiettivo si raggiunge prendendo in considerazione alcuni fattori di amplificazione e di instabilità e quantificandoli, per quanto possibile, in forma numerica stimando i fattori di amplificazione e i fattori di sicurezza. In particolare, com'è stato fatto anche per la Microzonazione Sismica di livello 2 vigente, la quantificazione numerica degli effetti viene rappresentata dai fattori amplificativi FA (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di accelerazione) e FV (fattore di amplificazione a periodo proprio in termini di pseudo velocità), calcolati tramite procedura semplificata.

Inoltre il livello 2 vigente ha visto anche l'approfondimento di Livello 3 relativo alla liquefazione (non rilevabile per i siti oggetto di questa relazione).

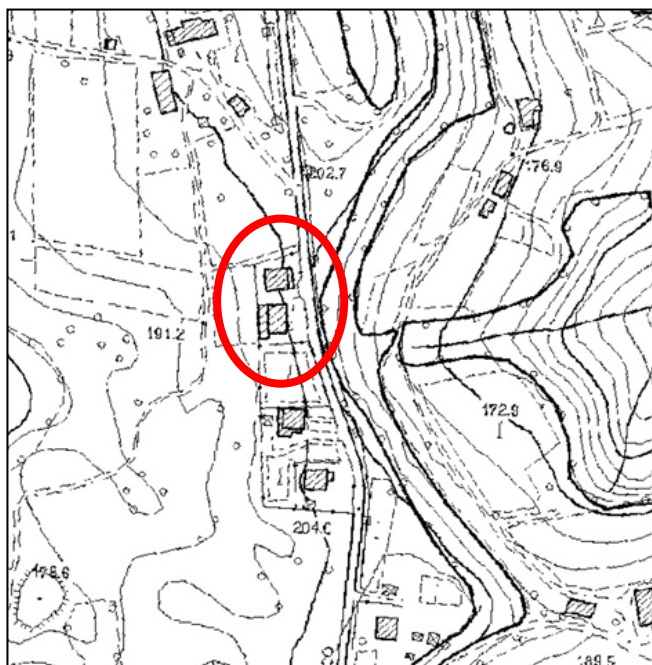
La Carta di Microzonazione Sismica costituisce il documento fondamentale del livello 2 di approfondimento.

Tale carta deve essere redatta ad una scala adeguata di rappresentazione (es.1:5.000 oppure superiore). La carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità nelle zone individuate nello studio di microzonazione di primo livello.

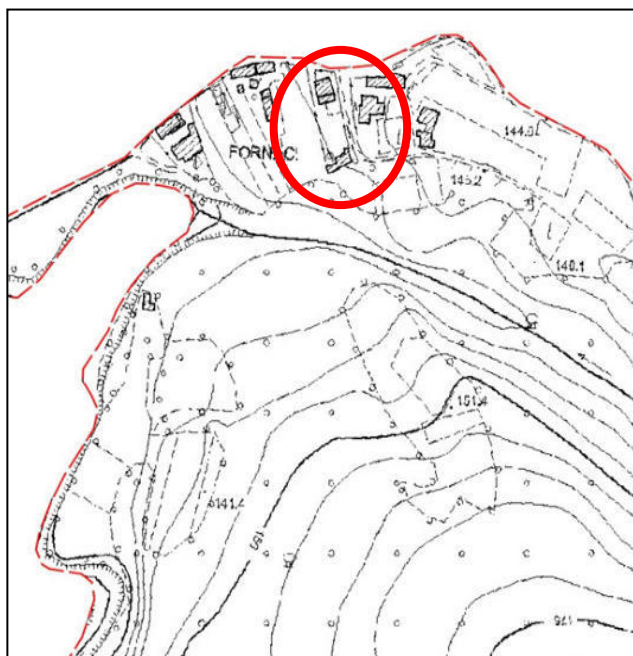
Per la valutazione degli effetti litologici si sono utilizzati gli abachi inseriti nel Volume “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica“ della Protezione Civile Nazionale.

Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica FA ed FV. Di seguito si riportano i due stralci della carta di microzonazione sismica del livello 2, Fa e FV, con indicato il contorno dell’area oggetto della variante urbanistica; non zonate nella carta tematica.

**Istanza 008**



**Istanza 008**



Per le nuove indagini sismiche sono stati applicati i medesimi abachi per la determinazione di FA e FV utilizzati per la Microzonazione Sismica vigente. I risultati sono riportati nella tabella seguente.

| Località                | Profondità Substrato (m) | Vsh = Vs30 (m/s) | Fa          | Fv          |
|-------------------------|--------------------------|------------------|-------------|-------------|
| Via Cucco               | 8 m                      | 538              | <b>1,22</b> | <b>1,01</b> |
| Via Fornaci di Collalto | 4,4 m                    | 423              | <b>1,05</b> | <b>1</b>    |

| Fattore di amplificazione |     | Tipo di terreno |      | $a_g$ (g) |      | Profilo di velocità      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|-----|-----------------|------|-----------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|
| FA                        |     | Argilla         |      | 0.26g     |      | Lineare pendenza massima |      |      |      |      |      |
|                           |     | $V_m$ (m/s)     |      |           |      |                          |      |      |      |      |      |
|                           |     | 150             | 200  | 250       | 300  | 350                      | 400  | 450  | 500  | 600  | 700  |
| H                         | 5   | 2.51            | 2.47 | 1.87      | 1.42 | 1.22                     | 1.10 | 1.05 | 1.02 | 1.01 | 1.00 |
|                           | 10  | -               | 2.73 | 2.58      | 2.18 | 1.82                     | 1.56 | 1.35 | 1.22 | 1.06 | 1.01 |
|                           | 15  | -               | 3.15 | 2.83      | 2.28 | 1.86                     | 1.58 | 1.41 | 1.27 | 1.10 | 1.03 |
|                           | 20  | -               | 3.32 | 3.06      | 2.55 | 2.04                     | 1.70 | 1.48 | 1.32 | 1.14 | 1.04 |
|                           | 25  | -               | 3.18 | 3.28      | 2.70 | 2.15                     | 1.81 | 1.58 | 1.40 | 1.18 | 1.06 |
|                           | 30  | -               | 3.17 | 3.33      | 2.81 | 2.27                     | 1.90 | 1.65 | 1.47 | 1.22 | 1.07 |
|                           | 35  | -               | -    | 3.21      | 2.87 | 2.32                     | 1.96 | 1.70 | 1.51 | 1.24 | 1.08 |
|                           | 40  | -               | -    | 3.22      | 2.83 | 2.34                     | 1.97 | 1.71 | 1.52 | 1.26 | 1.08 |
|                           | 50  | -               | -    | 3.01      | 2.74 | 2.28                     | 1.97 | 1.72 | 1.52 | 1.27 | 1.09 |
|                           | 60  | -               | -    | 2.92      | 2.67 | 2.19                     | 1.87 | 1.69 | 1.51 | 1.25 | 1.08 |
|                           | 70  | -               | -    | 2.74      | 2.57 | 2.14                     | 1.83 | 1.61 | 1.47 | 1.24 | 1.07 |
|                           | 80  | -               | -    | 2.64      | 2.46 | 2.08                     | 1.80 | 1.58 | 1.42 | 1.21 | 1.06 |
|                           | 90  | -               | -    | 2.48      | 2.36 | 2.02                     | 1.76 | 1.57 | 1.41 | 1.19 | 1.04 |
|                           | 100 | -               | -    | 2.28      | 2.28 | 1.96                     | 1.72 | 1.54 | 1.39 | 1.18 | 1.03 |
|                           | 110 | -               | -    | 2.20      | 2.19 | 1.91                     | 1.68 | 1.51 | 1.37 | 1.16 | 1.02 |
| 120                       | -   | -               | 2.19 | 2.10      | 1.85 | 1.65                     | 1.48 | 1.35 | 1.15 | 1.01 |      |
| 130                       | -   | -               | 2.09 | 2.01      | 1.80 | 1.61                     | 1.45 | 1.33 | 1.13 | 1.00 |      |
| 140                       | -   | -               | 1.99 | 2.00      | 1.75 | 1.57                     | 1.42 | 1.30 | 1.12 | 0.99 |      |
| 150                       | -   | -               | 1.90 | 1.93      | 1.69 | 1.54                     | 1.39 | 1.28 | 1.11 | 0.98 |      |

| Fattore di amplificazione |     | Tipo di terreno |      | $a_g$ (g) |      | Profilo di velocità      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|-----|-----------------|------|-----------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|
| FV                        |     | Argilla         |      | 0,26g     |      | Lineare pendenza massima |      |      |      |      |      |
|                           |     | $V_{is}$ (m/s)  |      |           |      |                          |      |      |      |      |      |
|                           |     | 150             | 200  | 250       | 300  | 350                      | 400  | 450  | 500  | 600  | 700  |
| H                         | 5   | 1.09            | 1.05 | 1.03      | 1.01 | 1.01                     | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
|                           | 10  | -               | 1.21 | 1.08      | 1.05 | 1.04                     | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
|                           | 15  | -               | 1.91 | 1.27      | 1.14 | 1.07                     | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.00 |
|                           | 20  | -               | 2.60 | 1.77      | 1.26 | 1.16                     | 1.08 | 1.05 | 1.04 | 1.02 | 1.01 |
|                           | 25  | -               | 2.97 | 2.33      | 1.59 | 1.26                     | 1.17 | 1.11 | 1.08 | 1.03 | 1.01 |
|                           | 30  | -               | 3.46 | 2.63      | 1.97 | 1.43                     | 1.25 | 1.17 | 1.11 | 1.04 | 1.02 |
|                           | 35  | -               | -    | 2.94      | 2.18 | 1.65                     | 1.33 | 1.23 | 1.16 | 1.08 | 1.02 |
|                           | 40  | -               | -    | 3.26      | 2.40 | 1.80                     | 1.46 | 1.29 | 1.20 | 1.09 | 1.03 |
|                           | 50  | -               | -    | 3.83      | 2.82 | 2.11                     | 1.68 | 1.45 | 1.30 | 1.13 | 1.04 |
|                           | 60  | -               | -    | 3.91      | 3.20 | 2.40                     | 1.89 | 1.59 | 1.40 | 1.19 | 1.07 |
|                           | 70  | -               | -    | 3.72      | 3.29 | 2.57                     | 2.06 | 1.72 | 1.50 | 1.23 | 1.08 |
|                           | 80  | -               | -    | 3.54      | 3.22 | 2.60                     | 2.14 | 1.80 | 1.56 | 1.26 | 1.09 |
|                           | 90  | -               | -    | 3.68      | 3.07 | 2.55                     | 2.16 | 1.84 | 1.61 | 1.29 | 1.10 |
|                           | 100 | -               | -    | 3.68      | 2.99 | 2.45                     | 2.13 | 1.85 | 1.62 | 1.30 | 1.11 |
|                           | 110 | -               | -    | 3.68      | 3.08 | 2.39                     | 2.07 | 1.82 | 1.62 | 1.31 | 1.11 |
|                           | 120 | -               | -    | 3.63      | 3.10 | 2.42                     | 2.01 | 1.79 | 1.60 | 1.30 | 1.11 |
|                           | 130 | -               | -    | 3.56      | 3.08 | 2.45                     | 2.02 | 1.75 | 1.57 | 1.30 | 1.08 |
|                           | 140 | -               | -    | 3.45      | 3.09 | 2.45                     | 2.04 | 1.73 | 1.55 | 1.29 | 1.08 |
|                           | 150 | -               | -    | 3.39      | 3.05 | 2.47                     | 2.05 | 1.76 | 1.54 | 1.28 | 1.07 |

A questo punto è possibile estendere la Microzonazione Sismica di livello 2 a comprendere tutto il sito oggetto di variante urbanistica; viene proposta una sola carta (vedi in allegato) comprendente sia FA che FV, con riportati anche i valori FA e FV ricavati e la posizione delle indagini. Da notare che non ci sono elementi di instabilità prossimi agli edifici.

## CONCLUSIONI

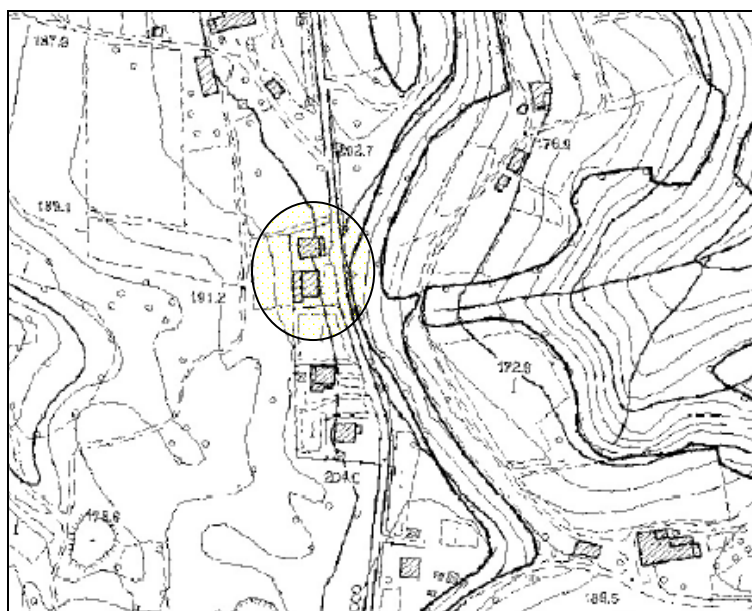
Il presente studio geologico-sismico ha lo scopo di estendere la Microzonazione sismica di livello 2 a comprendere per intero 2 siti oggetto di variante urbanistica, nello specifico la Variante 4 al PI del comune di Susegana. Come previsto dalle Linee Guida nazionali sono state implementate le indagini geofisiche del sottosuolo al fine di perfezionare il quadro di conoscenza dell'ambito di interesse e sono state valutate, con metodo semplificato, le amplificazioni locali di tipo litostratigrafico, applicando gli abachi nazionali. L'esito è stato poi applicato ad un ragionevole intorno da centro dell'oggetto di variante.

Da queste valutazioni è scaturita una Carta di Microzonazione Sismica circoscritta al settore ristretto di territorio in cui ricade il sito in oggetto.

Pieve di Soligo, 26 Giugno 2026

dott. geol. Dario Barazzuol  
Ordine Geologi del Veneto n. 618

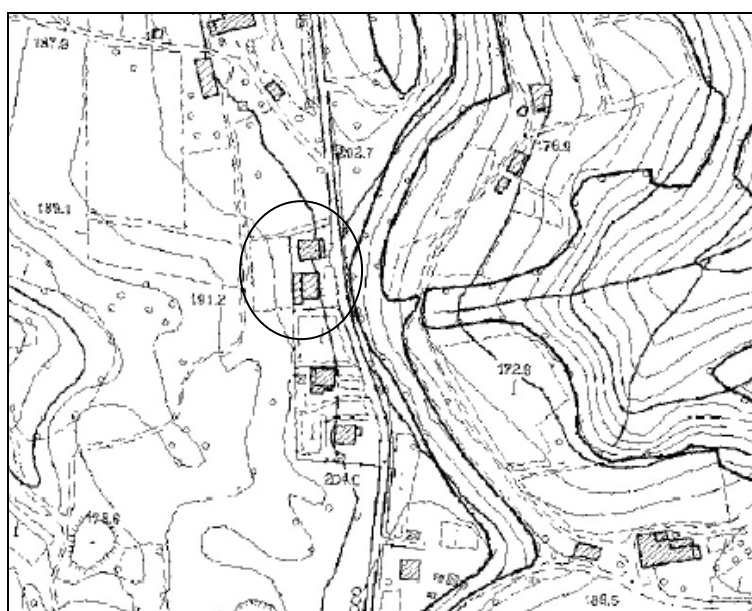
## CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA Fa e Fv



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



FA = 1.1 - 1.2

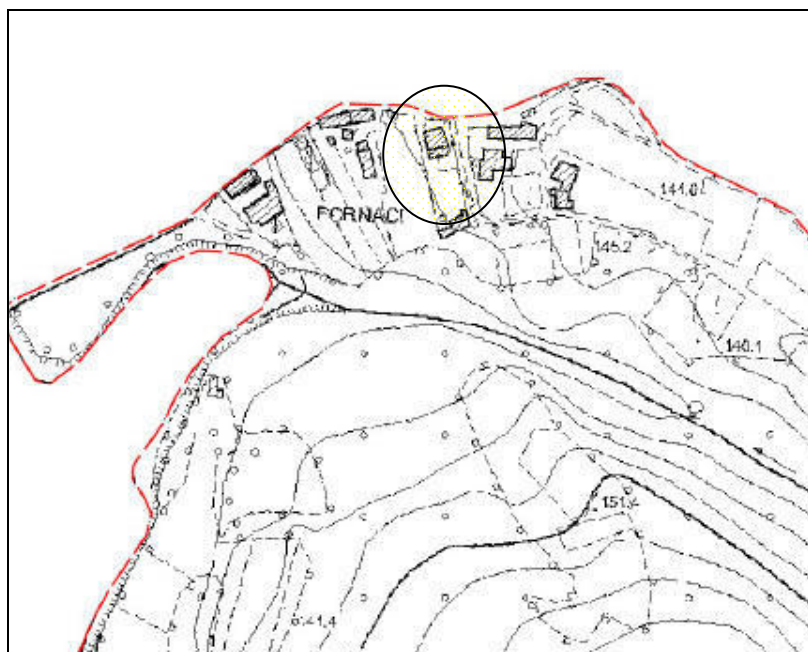


Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



FV = 1.1 - 1.2

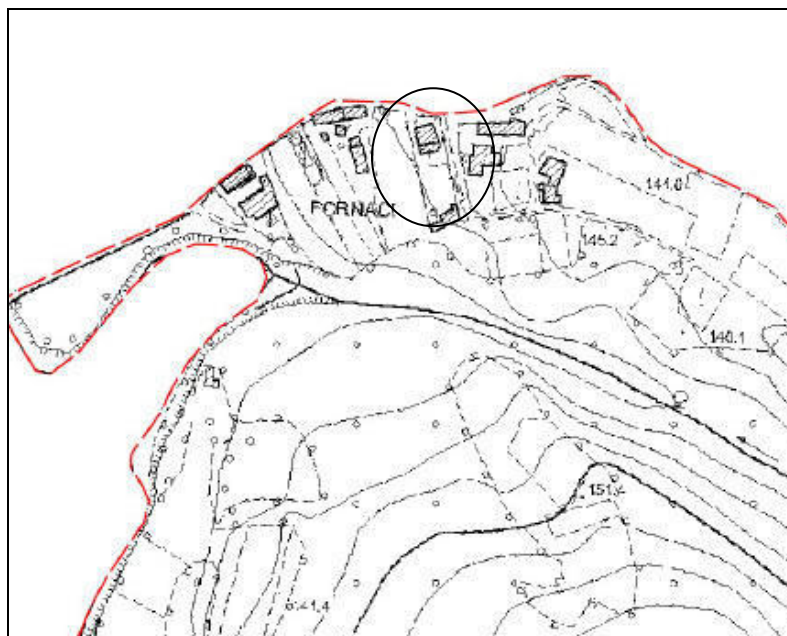
## CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA Fa e Fv



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



FA = 1.1 - 1.2



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



FV = 1.1 - 1.2

# ALLEGATO

## ESTRATTI

**Tavole di Microzonazione Sismica di Primo, Secondo e Terzo Livello con evidenziate le aree oggetto di modifica.**

### Microzonazione sismica livello 1

*Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), rivista nel Livello 2*

## Legenda

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

**2001** Zona 1: Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaioso e sabbiosa. Geomorfologicamente appartiene al *megafan* del Piave. Le velocità sismiche evidenziate dalle prove lineari sono sempre piuttosto elevate i cui valori di  $V_s$  risultano compresi tra 400 m/s e 600 m/s.

**2002** Zona 2: Materiali fluvio-glaciali a tessitura prevalentemente sabbiosa. Terreni delle alluvioni fluvio-glaciali a tessitura sabbioso ghiaiosa con percentuali variabili di limo. Lo scheletro può divenire localmente abbondante. In genere poggiamo direttamente sul substrato terziario.

**2003** Zona 3: Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limoso argillosa, terreni a granulometria medio grossa ed addensati, alternati ed interdigitati a terreni a grana fina di media consistenza e di origine colluviale, ricoperti da una coltre prevalentemente argillosa residuale di dilavamento dei rilievi collinari.

**2004** Zona 4: Materiali della copertura eluviale e colluviale che rivestono il substrato della fascia collinare. Si tratta di materiali spesso eterogenei, anche se hanno in genere frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o blocchi lapidei.

**2005** Zona 5: Materiali del substrato roccioso terreni della fascia collinare, in quanto all'interno di questi gli spessori della copertura, ove presente, sono assai ridotti, ed il substrato affiora abbondantemente.

### Zone di attenzione per instabilità

 ZAtt – Zona 4 di Attenzione per instabilità di versante

 ZAtt – Zona 5 di Attenzione per instabilità di versante

 ZAlq – Zona di Attenzione per liquefazione

### Forme di superficie e sepolte

 Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)

 Cresta

 Traccia delle sezioni topografiche

 Area con cavità sepolte/doline/sinkhole

### Punti di misura di rumore ambientale

 Punto di misura di rumore ambientale (con indicazione del valore di  $f_0$ )

 Confine comunale

## Microzonazione sismica di livello 2, con approfondimento di livello 3 – Liquefazione

*Carta di microzonazione sismica FA*

### Legenda



Confine comunale



Misura Fa e Fv - valori calcolati

### Zone stabili



FA= 1

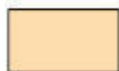
### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



FA = 1.1 - 1.2



FA = 1.3 - 1.4



FA = 1.5 - 1.6

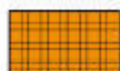


FA = 1.7 - 1.8

### Zone suscettibili di Instabilità



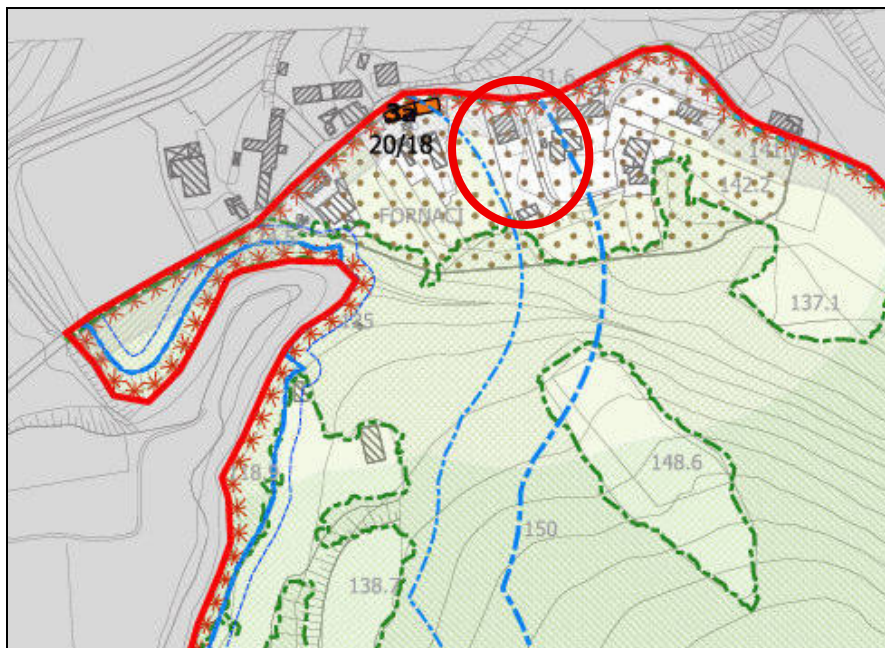
ZSlq – Zona Suscettibile per liquefazione –  $5 < LI \leq 15$   
FA = 1.7-1.8



ZRlq – Zona di Rispetto per liquefazione –  $LI > 15$   
FA = 1.7 1.8

## Istanza VIA FORNACI di COLLALTO - SUSEGANA

### ZONIZZAZIONE FUNZIONALE - PI - Piano degli Interventi (Scala Variabile)



#### LEGENDA



Ep - territorio agricolo periurbano caratterizzato da un elevato frazionamento fondiario (art. 54)



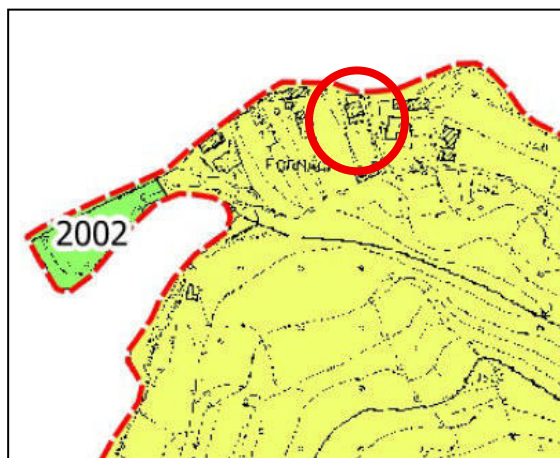
aree di notevole interesse pubblico (art. 136) e riferimento legislativo (art. 5 comma 5, 6 - NT del P/



corsi d'acqua (art. 142, lett. c) (art. 5 comma 7, 8 - NT del PAT)

### ESTRATTI MICROZONAZIONE SISMICA (scala variabile)

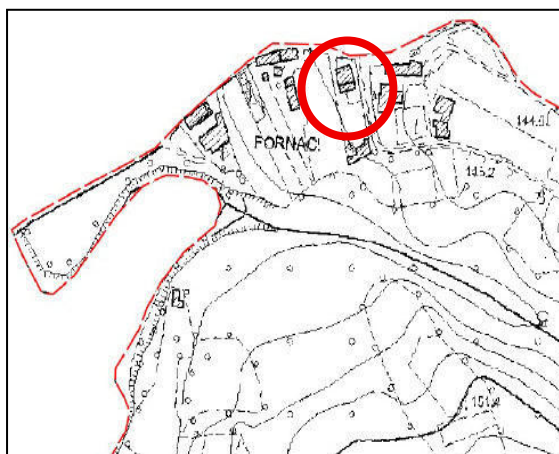
Carta MOPS



2005

Zona 5: Materiali del substrato roccioso terreni della fascia collinare, in quanto all'interno di questi gli spessori della copertura, ove presente, sono assai ridotti, ed il substrato affiora abbondantemente

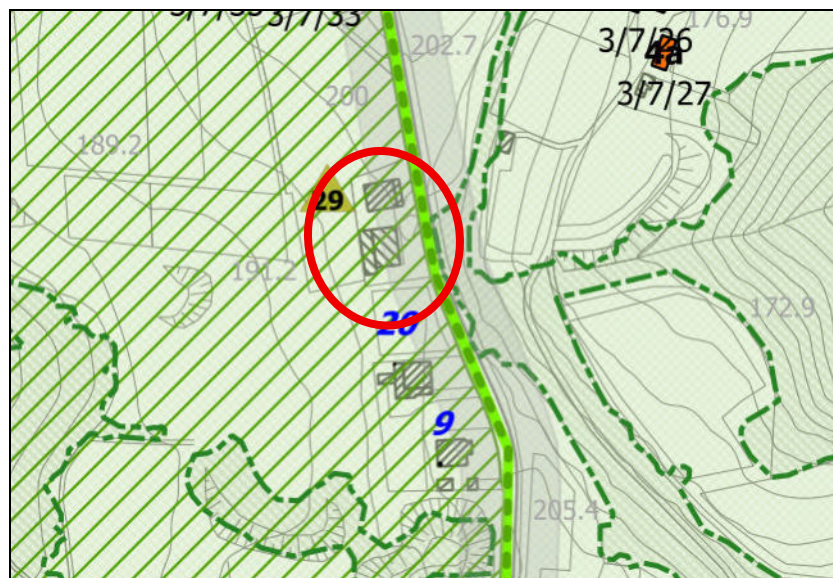
Carta Microzonazione Sismica FA



Non Zonata

## Istanza VIA CUCCO - SUSEGANA

### ZONIZZAZIONE FUNZIONALE - PI - Piano degli Interventi (Scala Variabile)



#### LEGENDA



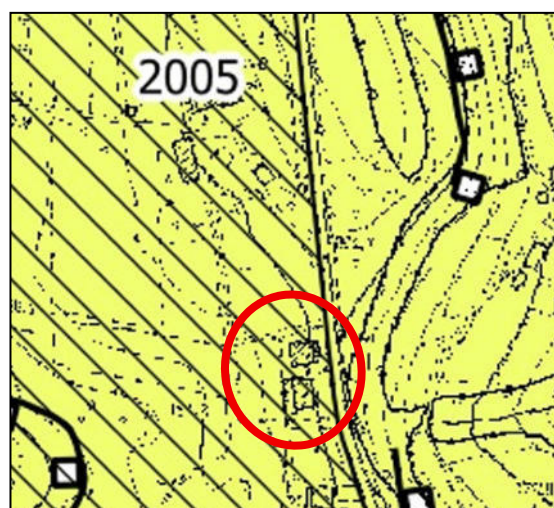
E/pd - territorio agricolo di pregio - ambito del Pedrè Doline (art. 52)



strade panoramiche (art. 65)

### ESTRATTI MICROZONAZIONE SISMICA (scala variabile)

Carta MOPS



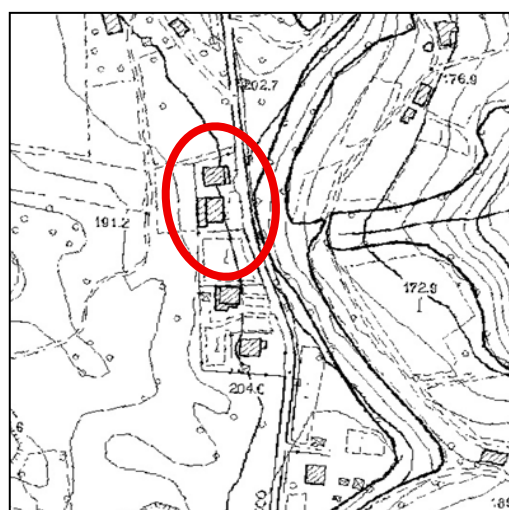
2005

Zona 5: Materiali del substrato roccioso terreni della fascia collinare, in quanto all'interno di questi gli spessori della copertura, ove presente, sono assai ridotti, ed il substrato affiora abbondantemente



ZAHR - Zona 5 di Attenzione per instabilità di versante

Carta Microzonazione Sismica FA



Non Zonata

## **REPORT GEOFISICI**

## STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

dott. geol. Dario BARAZZUOL via Santa Croce, 29 PIEVE di SOLIGO (TV) tel. e fax : 0438/801388 mail: barazzuoldario@libero.it

# Relazione Misure Sismiche

per definizione del profilo verticale Vs e della frequenza di risonanza di sito

VIA CUCCO  
31058 SUSEGNA (TV)

Coordinate WGS84

Lat. N 45.879695      Long. E 12.208751

Coordinate ED50

Lat. N 45.880591      Long. E 12.209748



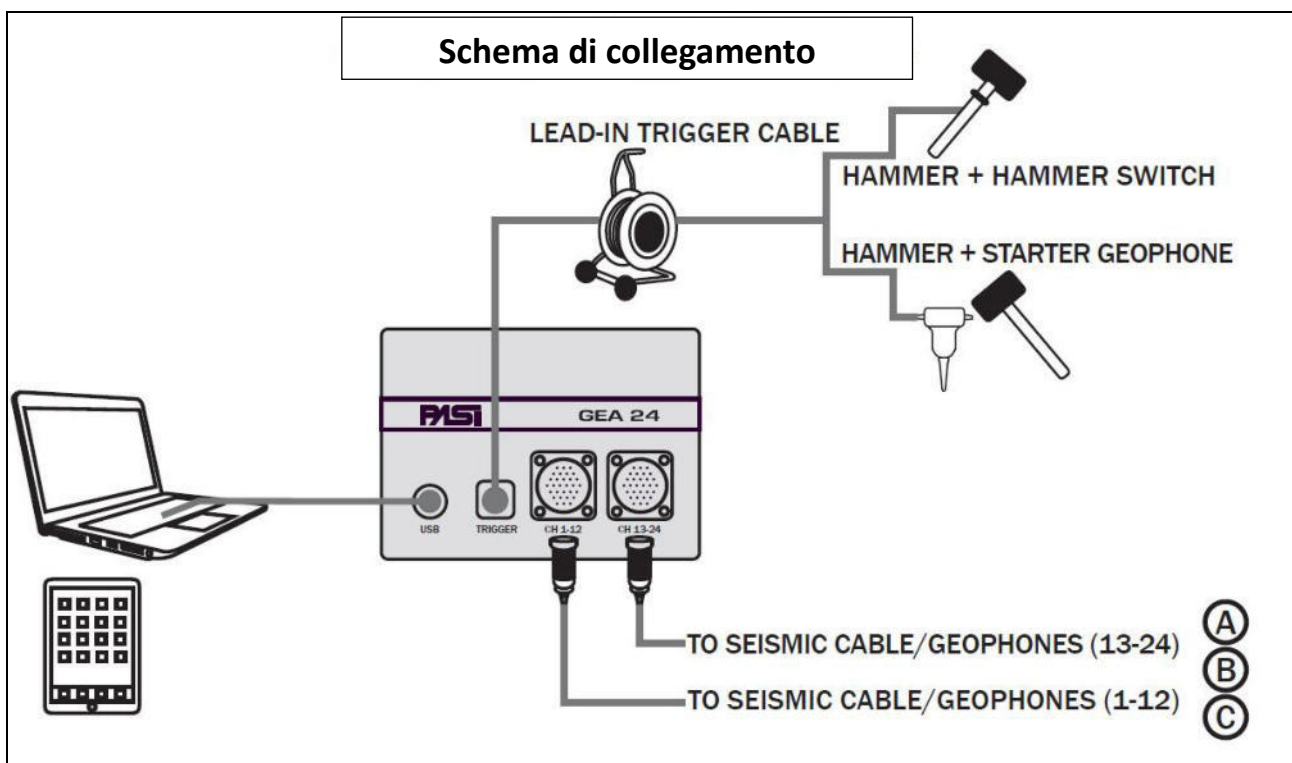
Il Geologo  
dott. Dario Barazzuol

# Introduzione

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismici il sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni e analisi con metodologia HoliSurface® (MASW su stazione singola + HVSR) su stendimento sismico, utili a definire il profilo verticale della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) oltre a misure di microtremori da HVSR utili a determinare le frequenze proprie del sottosuolo.

## Stendimento Sismico

L'acquisizione di campagna è stata condotta con sismografo PASI modello Gea 24 con possibilità di sommatoria di stack degli impulsi sismici (4 nel nostro caso), filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza), geofoni verticali e orizzontali da 4.5 Hz con offset a 45 m di distanza dal geofono triassiale. L'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 5 Kg.

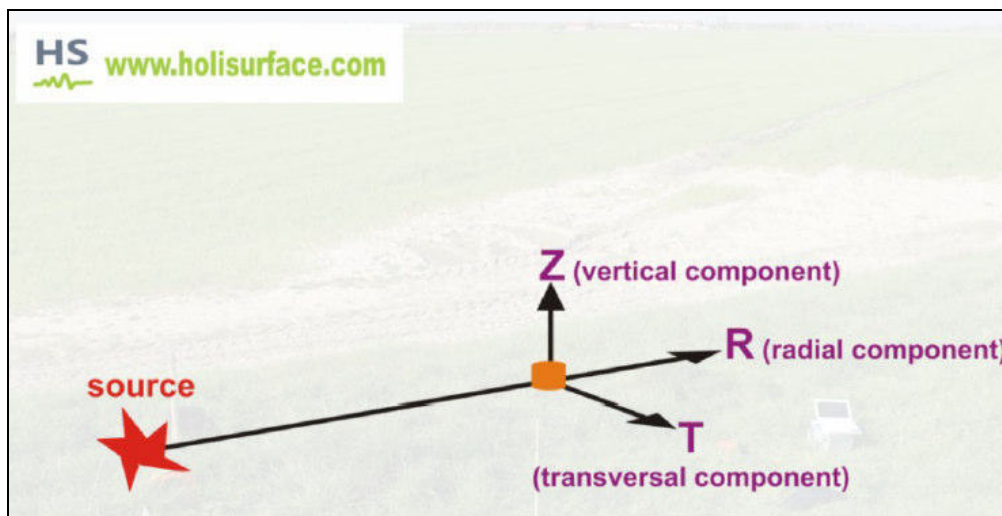


Quello che possiamo definire "metodo di acquisizione (e analisi) HoliSurface®" (acronimo di Holistic Analysis of Surface waves), è una sismica attiva che sfrutta, in corrispondenza del geofono, le interazioni tra le fasi e le componenti d'onda generate dall'operatore secondo procedure predefinite e codificate.

L'acquisizione attiva viene eseguita con un unico geofono triassiale, ovvero una terna calibrata con geofoni da 4.5 Hz, e sorgente a qualche decina di metri di distanza, per poi passare all'analisi congiunta secondo l'approccio FVS (congiuntamente alla curva RPM) delle velocità di gruppo delle

componenti radiale e verticale dell'onda di Rayleigh e delle onde di Love; la tecnica è nota come group-velocity spectra and MAAM dispersion, ed è una sorta di MASW su stazione singola.

Rispetto alle metodologie tradizionali, la differenza sostanziale è che si utilizza un unico geofono a tre componenti (3C - spesso indicato anche come 3D - in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione è però fondamentale. L'elemento determinante è che la seconda traccia del file di output deve rappresentare la componente radiale (cioè la direzione che rappresenta l'asse che unisce sorgente e geofono).



Inoltre, con il medesimo geofono triassiale, è stata eseguita anche una acquisizione puramente passiva HV in modo da investigare i livelli più profondi.

Le elaborazioni sono state eseguite tramite i software HoliSurface e WinMASW e nell'analisi sono stati scelti i migliori dataset acquisiti per le onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione.

Da sottolineare che il software Holisurface integra nell'interpretazione, in automatico, i dati ricavati da misure attive (velocità) e passive (frequenze) in maniera da ricavare un modello sismostratigrafico il più possibile coerente.

E' necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele, almeno nell'intorno del volume di sottosuolo indagato. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira normalmente attorno al 10-15%.

### Utilizzo dei dati ricavabili

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica).

Nelle norme vigenti tale fattore viene direttamente legato alla  $V_s$  equivalente, inserita nelle NTC2018 in luogo della  $V_{s30}$  della versione NTC2008, e definita dalla seguente relazione:

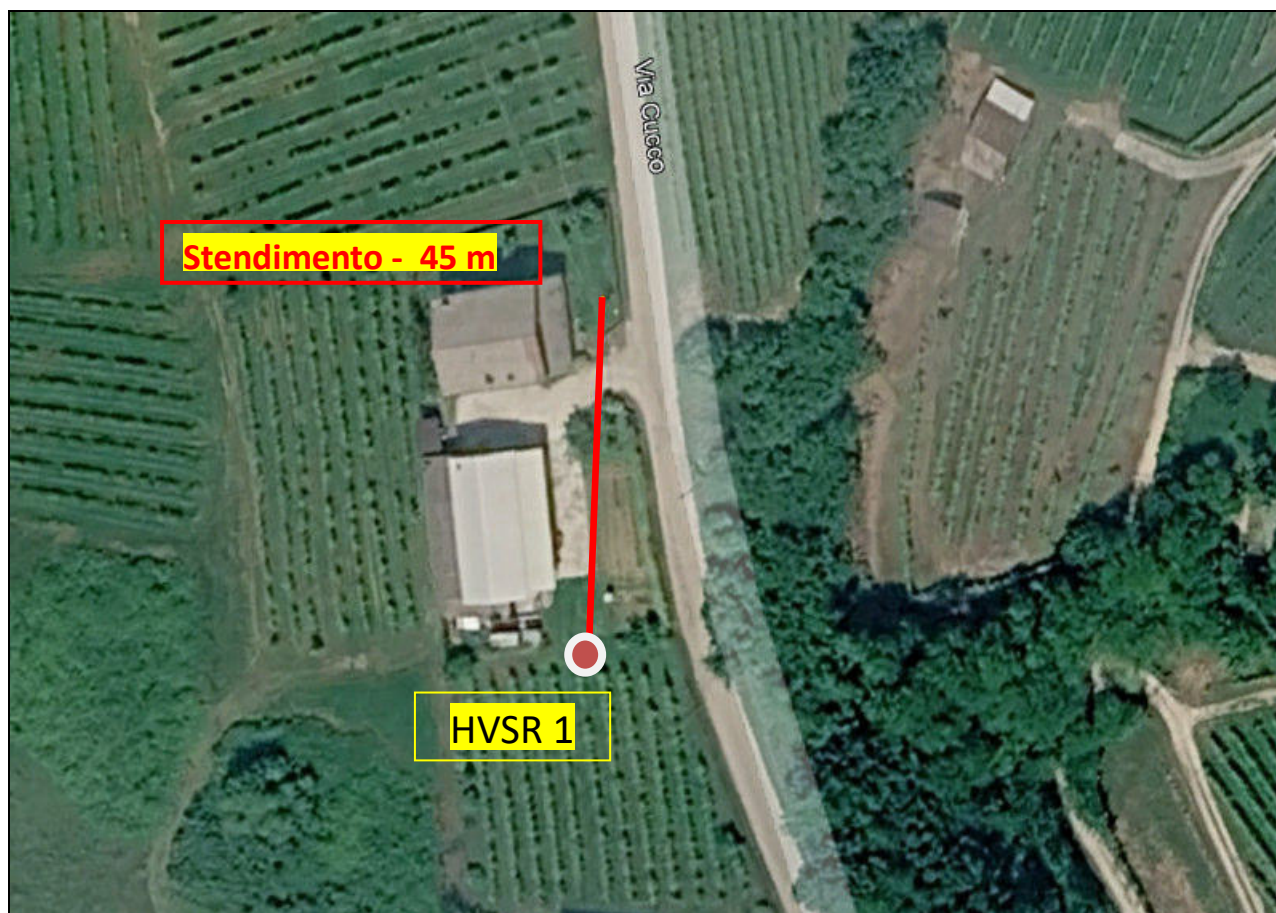
$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

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  $V_s(strato)$ . Per H si intende 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 con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  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.

Di fatto se il bedrock sismico è più profondo di 30 m (dal piano di fondazione) la  $V_s$  equivalente (che nei nostri software è sinteticamente indicata come  $V_{sE}$ ) è uguale alla  $V_{s30}$ .

# Sito Stendimento Sismico

L'immagine a seguire mostra l'ubicazione degli stendimenti sismici ( — ) effettuati ai fini della classificazione sismica del suolo e delle misure denominate HVSR ( ● ) di acquisizione di rumore sismico ambientale.

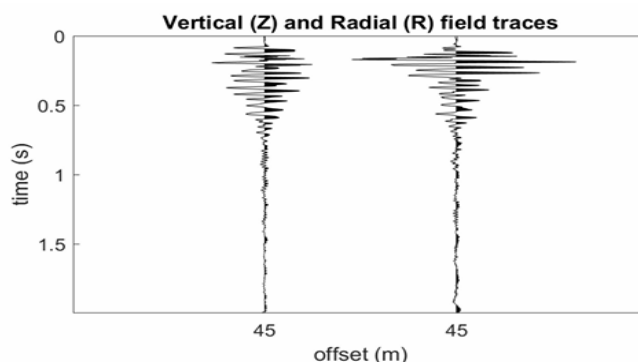


Al fine di fornire i valori delle Vs, necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata 1 stesa sismica di lunghezza pari a 45 m, con energizzazione all'estremità Nord e geofono triassiale all'estremità Sud. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 5 kg in senso verticale su di una piastra in alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata eseguita più volte, in riferimento alla tecnica Holisurface (4 battute) per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

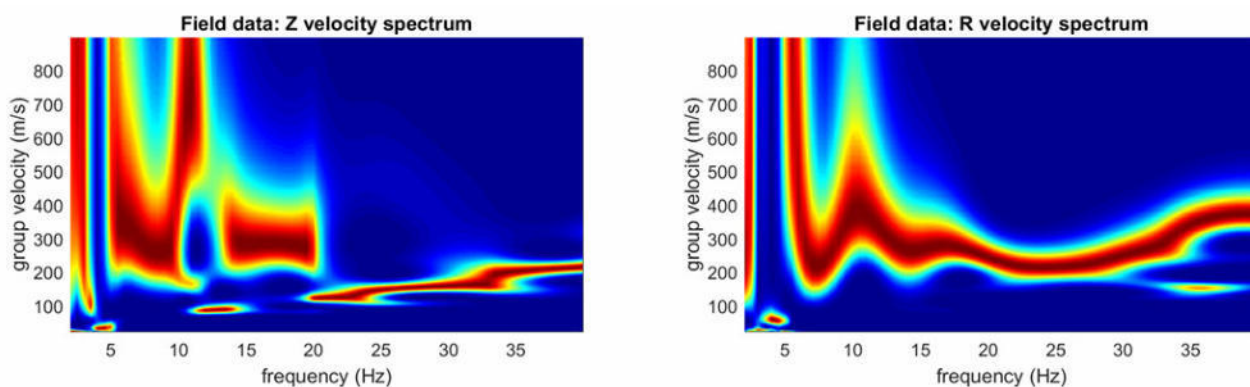
Quindi il geofono triassiale ha compiuto l'acquisizione in passivo HVSR.

Di seguito si riportano le tracce acquisite in modalità attiva (stack pari a 4) ed utilizzate per l'analisi della dispersione delle onde di superficie in riferimento alla loro velocità di gruppo. Le tracce sismiche, da acquisizione attiva, si riferiscono, da sinistra a destra, alla componente verticale Z e radiale R dell'onda di Rayleigh; in ordinata il tempo è espresso in secondi.

## STENDIMENTO

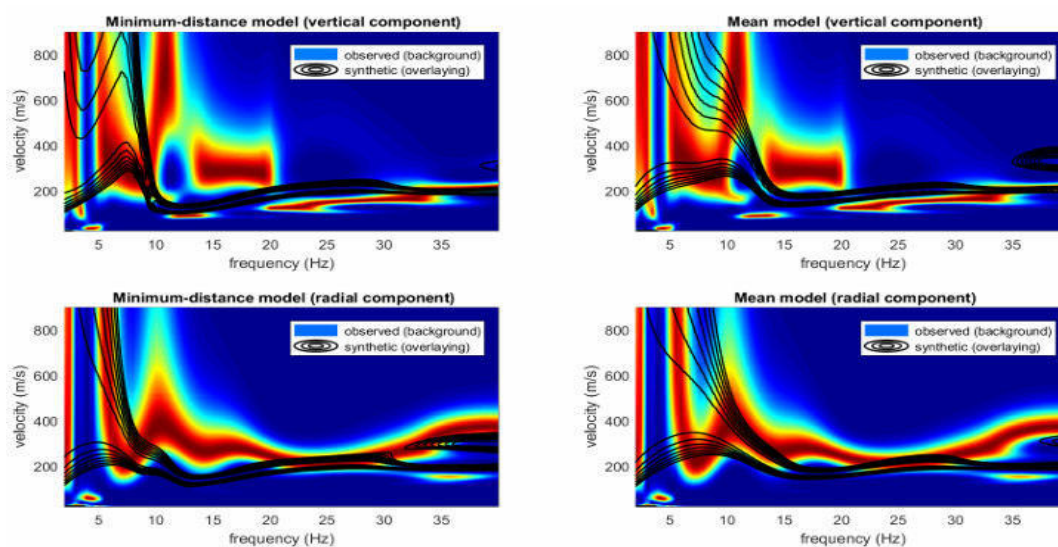


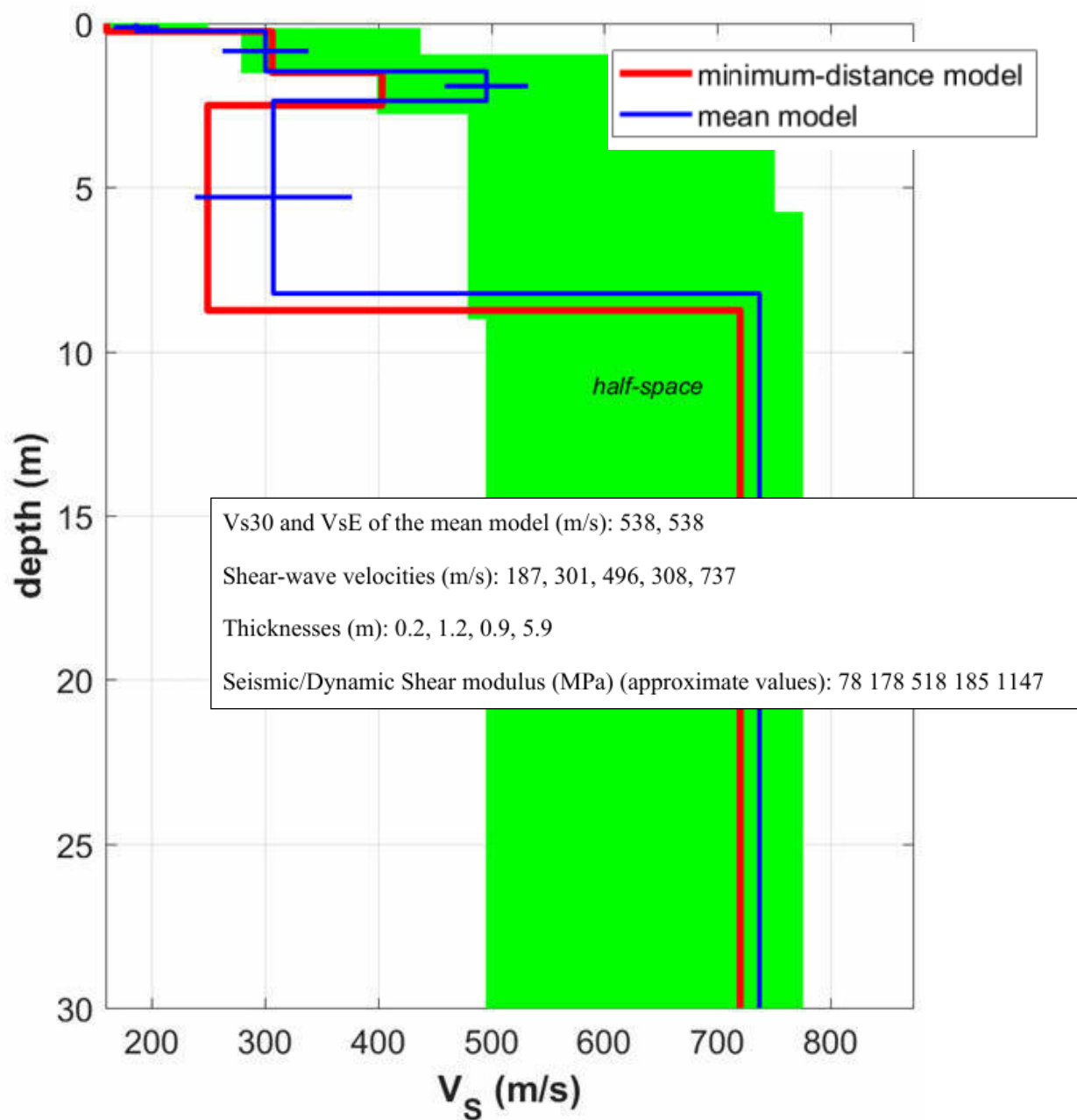
Da queste il software estrae le rappresentazioni delle velocità di gruppo riferite alle due componenti radiale e verticale:



Ed infine, dalle elaborazioni delle componenti verticali e radiali effettua l'inversione in modalità iterativa variando velocità e spessori degli strati fino ad individuare la successione che meglio risponde a quanto misurato. Ne scaturisce una successione di sismostrati individuati ciascuno da spessore e velocità come da grafico e da tabelle seguenti.

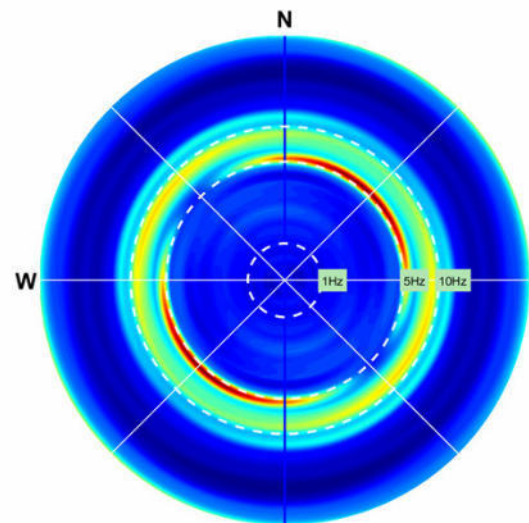
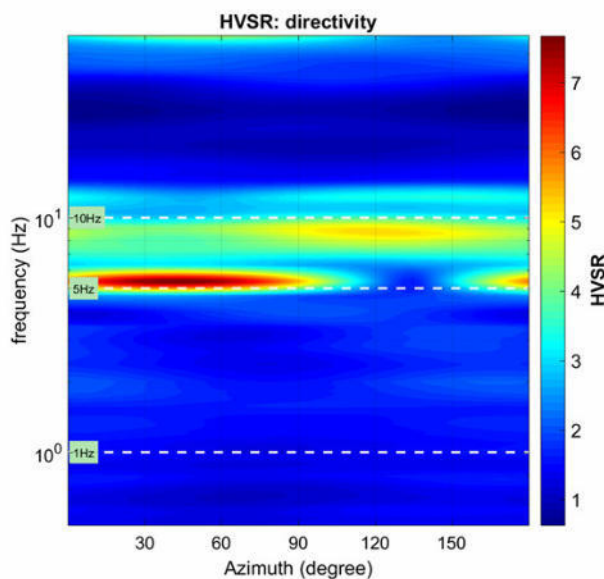
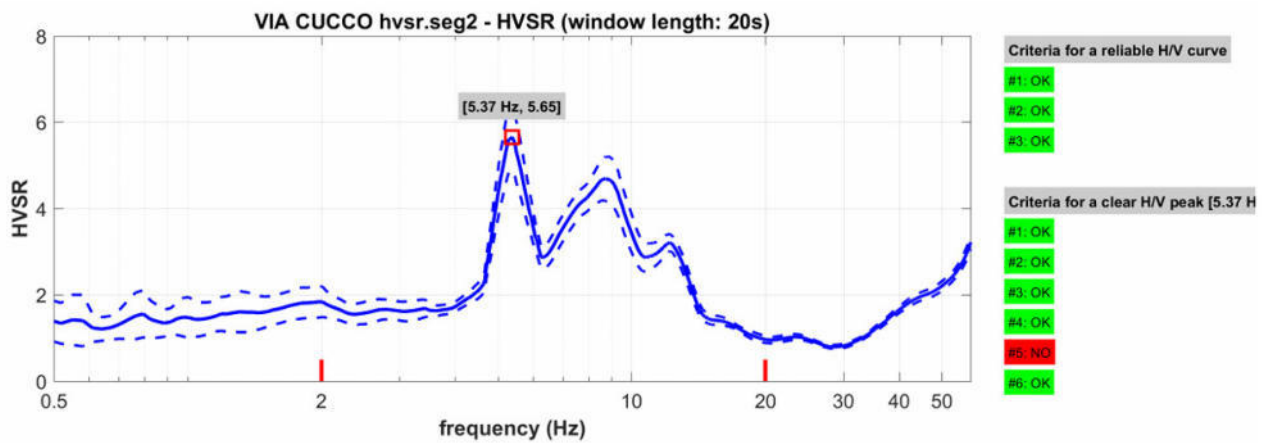
Viene anche determinata la Vs30 e la VsEquivalente. Il sismico (800 m/s) non è stato individuato entro i 30 m dal piano campagna.





| Profondità (m) | Spessore strato (m) | Velocità (m/s) |
|----------------|---------------------|----------------|
| 0,2            | 0,2                 | 187            |
| 1,4            | 1,2                 | 301            |
| 2,3            | 0,9                 | 496            |
| 8,2            | 5,9                 | 308            |
|                |                     | 737            |

Dall'acquisizione passiva vengono invece ricavati gli spettri di frequenza, con i relativi rapporti di amplificazione H/V, lungo le tre direzioni spaziali. Nella figura sotto si riporta invece il rapporto HVSR nell'intervallo tra 0 e 20 Hz dalla acquisizione passiva.



Picco Frequenza: 5,37 Hz

Rapporto H/V = 5,65

Si noti che le tecniche di misura passive danno un picco principale a circa 5,37 Hz con un rapporto H/V di 5,65 che potrebbe corrispondere ad una superficie con contrasto di rigidità attorno a 7/8 m di profondità, corrispondente con un passaggio dalla coltre superficiale sciolta ad un livello di ghiaie più compatte.

## SINTESI dei risultati finali

I profili di velocità, elaborati in maniera integrata tra le diverse tecniche di indagine, hanno consentito di riconoscere, sulle verticali di restituzione delle informazioni sismostratigrafiche, orizzonti con caratteristiche elastiche e velocità delle onde S variabili entro i primi 30 m di sottosuolo circa. Le indagini hanno evidenziato un generale incremento delle velocità con la profondità; i pochi spessori con velocità in inversione sono da ritenersi non significativi data la scarsa potenza. Non è stato intercettato il bedrock sismico entro i primi 30 m.

In sintesi:

|                                                |                         |             |
|------------------------------------------------|-------------------------|-------------|
|                                                | <b>HoliSurface® ST1</b> |             |
| <b>PARAMETRO <math>V_{s30} = V_{sE}</math></b> | <b>538 m/s</b>          |             |
| <b>FREQUENZE del TERRENO</b>                   | <b>Frequenza</b>        | <b>H/V</b>  |
|                                                | <b>5,37 Hz</b>          | <b>5,65</b> |

Con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ora DM 17 gennaio 2018) si assume prudenzialmente come  **$V_{s30} = V_{sE} = 538$  m/s**.

Quindi il sito in esame rientra nella:

### **Categoria 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.

Pieve di Soligo, 26/06/2026

il Geologo  
Dott. Dario Barazzuol

## STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

dott. geol. Dario BARAZZUOL via Santa Croce, 29 PIEVE di SOLIGO (TV) tel. e fax : 0438/801388 mail: barazzuoldario@libero.it

# Relazione Misure Sismiche

per definizione del profilo verticale Vs e della frequenza di risonanza di sito

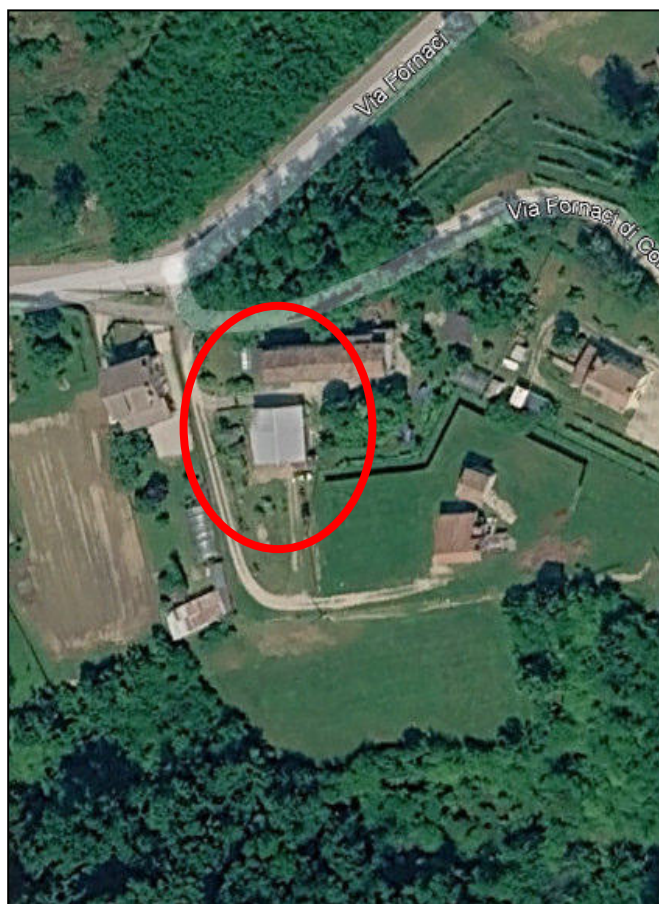
VIA FORNACI di COLLALTO  
31058 SUSEGNA (TV)

Coordinate WGS84

Lat. N 45.898424 Long. E 12.198377

Coordinate ED50

Lat. N 45.899320 Long. E 12.199374



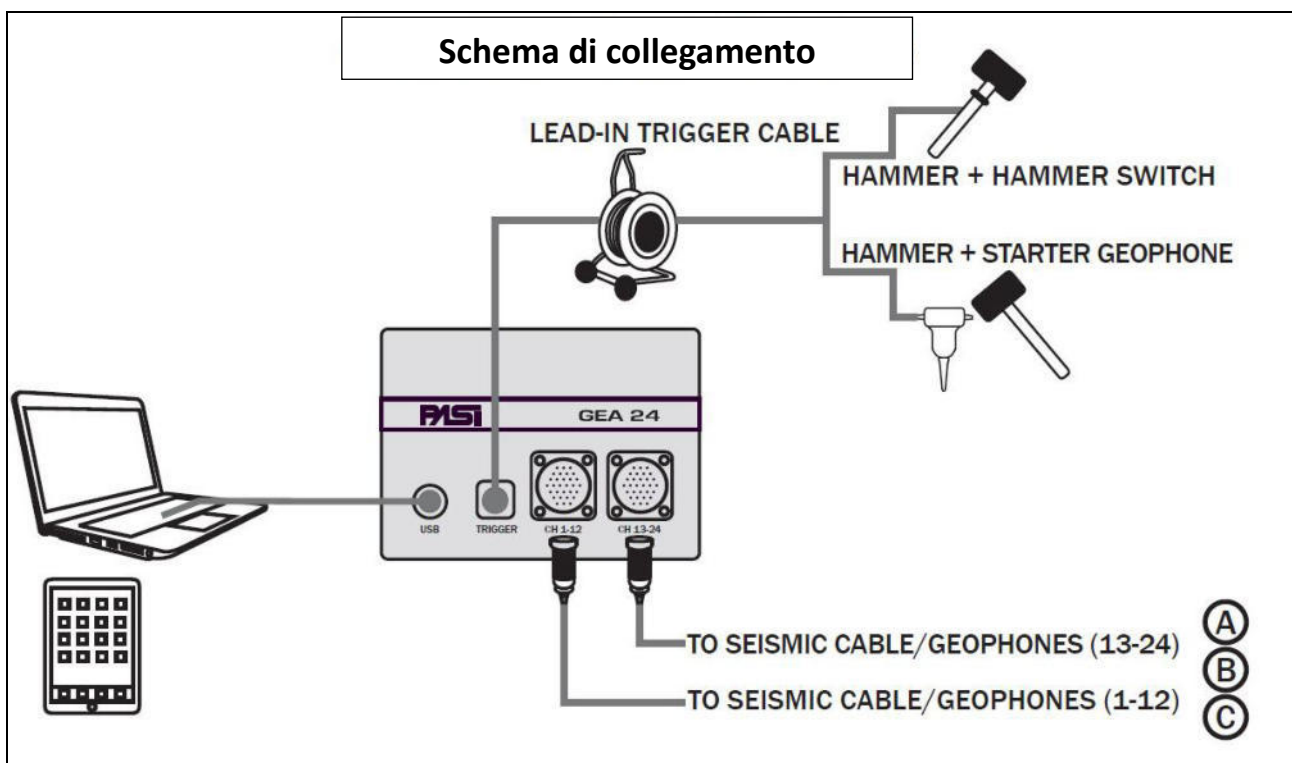
Il Geologo  
dott. Dario Barazzuol

# Introduzione

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismici il sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni e analisi con metodologia HoliSurface® (MASW su stazione singola + HVSR) su stendimento sismico, utili a definire il profilo verticale della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) oltre a misure di microtremori da HVSR utili a determinare le frequenze proprie del sottosuolo.

## Stendimento Sismico

L'acquisizione di campagna è stata condotta con sismografo PASI modello Gea 24 con possibilità di sommatoria di stack degli impulsi sismici (4 nel nostro caso), filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza), geofoni verticali e orizzontali da 4.5 Hz con offset a 45 m di distanza dal geofono triassiale. L'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 5 Kg.

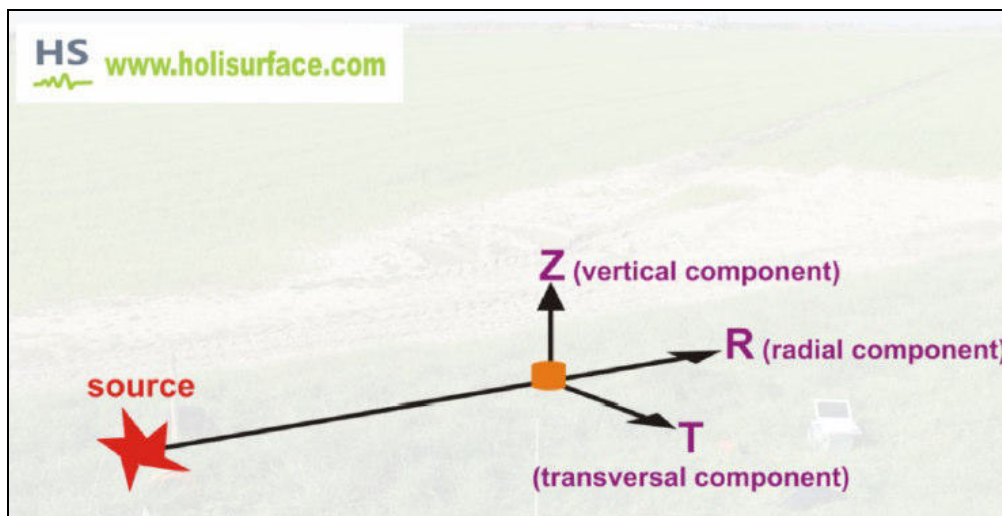


Quello che possiamo definire "metodo di acquisizione (e analisi) HoliSurface®" (acronimo di Holistic Analysis of Surface waves), è una sismica attiva che sfrutta, in corrispondenza del geofono, le interazioni tra le fasi e le componenti d'onda generate dall'operatore secondo procedure predefinite e codificate.

L'acquisizione attiva viene eseguita con un unico geofono triassiale, ovvero una terna calibrata con geofoni da 4.5 Hz, e sorgente a qualche decina di metri di distanza, per poi passare all'analisi congiunta secondo l'approccio FVS (congiuntamente alla curva RPM) delle velocità di gruppo delle

componenti radiale e verticale dell'onda di Rayleigh e delle onde di Love; la tecnica è nota come group-velocity spectra and MAAM dispersion, ed è una sorta di MASW su stazione singola.

Rispetto alle metodologie tradizionali, la differenza sostanziale è che si utilizza un unico geofono a tre componenti (3C - spesso indicato anche come 3D - in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione è però fondamentale. L'elemento determinante è che la seconda traccia del file di output deve rappresentare la componente radiale (cioè la direzione che rappresenta l'asse che unisce sorgente e geofono).



Inoltre, con il medesimo geofono triassiale, è stata eseguita anche una acquisizione puramente passiva HV in modo da investigare i livelli più profondi.

Le elaborazioni sono state eseguite tramite i software HoliSurface e WinMASW e nell'analisi sono stati scelti i migliori dataset acquisiti per le onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione.

Da sottolineare che il software Holisurface integra nell'interpretazione, in automatico, i dati ricavati da misure attive (velocità) e passive (frequenze) in maniera da ricavare un modello sismostratigrafico il più possibile coerente.

E' necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele, almeno nell'intorno del volume di sottosuolo indagato. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira normalmente attorno al 10-15%.

### Utilizzo dei dati ricavabili

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica).

Nelle norme vigenti tale fattore viene direttamente legato alla  $V_s$  equivalente, inserita nelle NTC2018 in luogo della  $V_{s30}$  della versione NTC2008, e definita dalla seguente relazione:

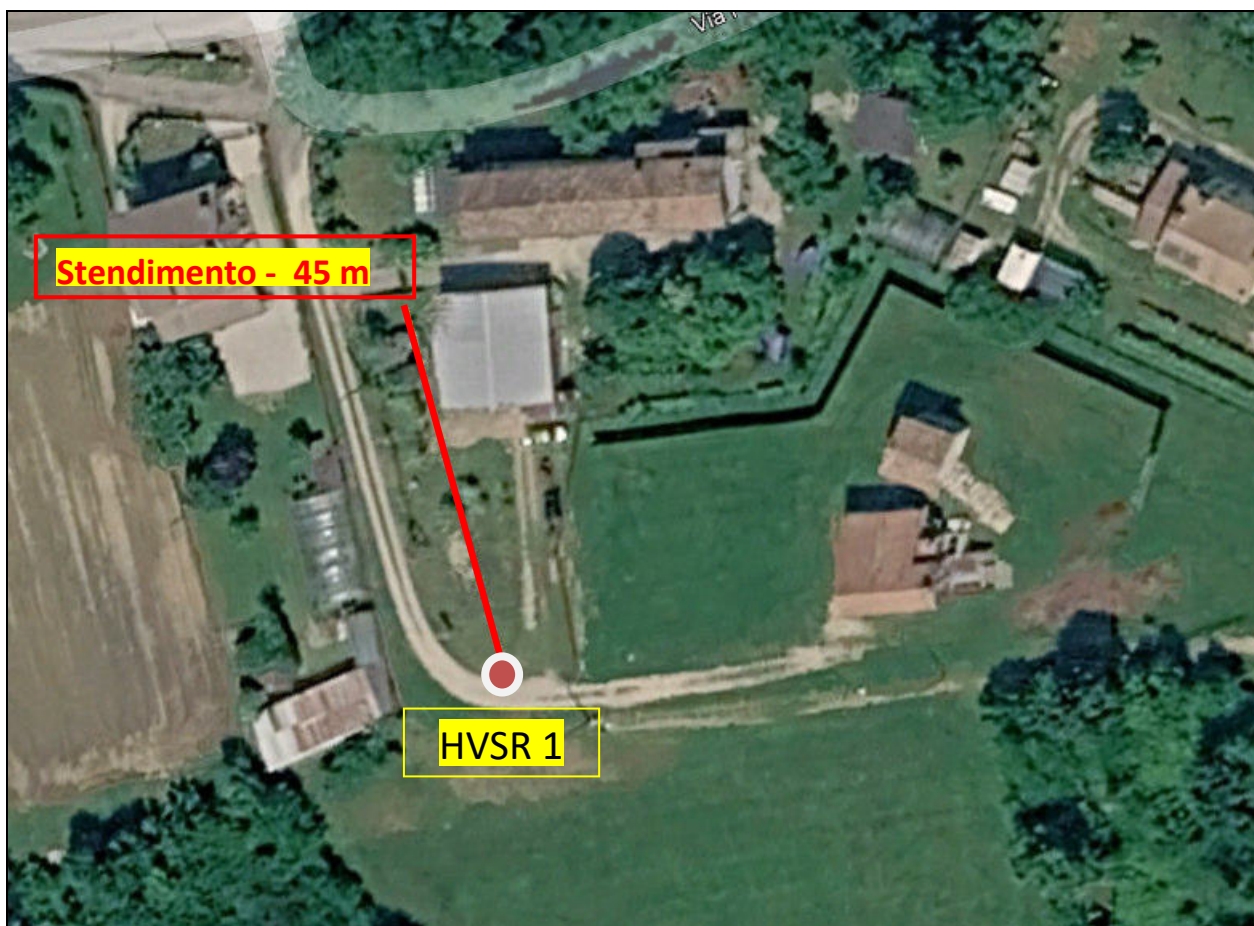
$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

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  $V_s(strato)$ . Per H si intende 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 con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  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.

Di fatto se il bedrock sismico è più profondo di 30 m (dal piano di fondazione) la  $V_s$  equivalente (che nei nostri software è sinteticamente indicata come  $V_{sE}$ ) è uguale alla  $V_{s30}$ .

# Sito Stendimento Sismico

L'immagine a seguire mostra l'ubicazione degli stendimenti sismici ( — ) effettuati ai fini della classificazione sismica del suolo e delle misure denominate HVSR ( ● ) di acquisizione di rumore sismico ambientale.

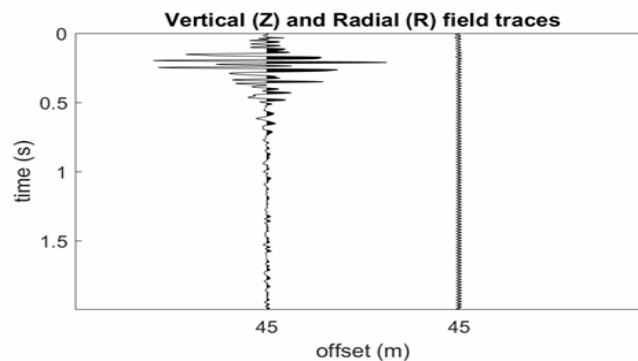


Al fine di fornire i valori delle  $V_s$ , necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata 1 stesa sismica di lunghezza pari a 45 m, con energizzazione all'estremità Sud e geofono triassiale all'estremità Nord. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 5 kg in senso verticale su di una piastra in alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata eseguita più volte, in riferimento alla tecnica Holisurface (4 battute) per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

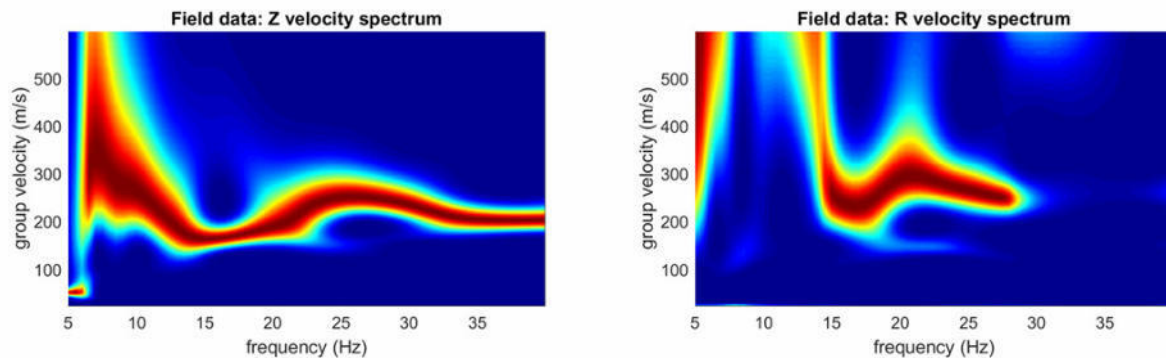
Quindi il geofono triassiale ha compiuto l'acquisizione in passivo HVSR.

Di seguito si riportano le tracce acquisite in modalità attiva (stack pari a 4) ed utilizzate per l'analisi della dispersione delle onde di superficie in riferimento alla loro velocità di gruppo. Le tracce sismiche, da acquisizione attiva, si riferiscono, da sinistra a destra, alla componente verticale Z e radiale R dell'onda di Rayleigh; in ordinata il tempo è espresso in secondi.

## STENDIMENTO

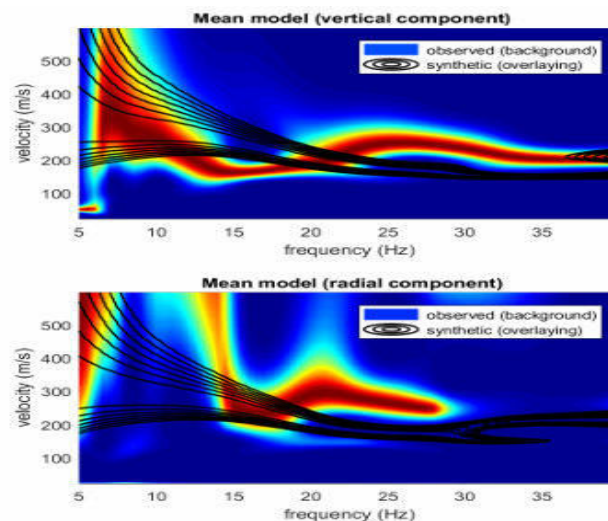


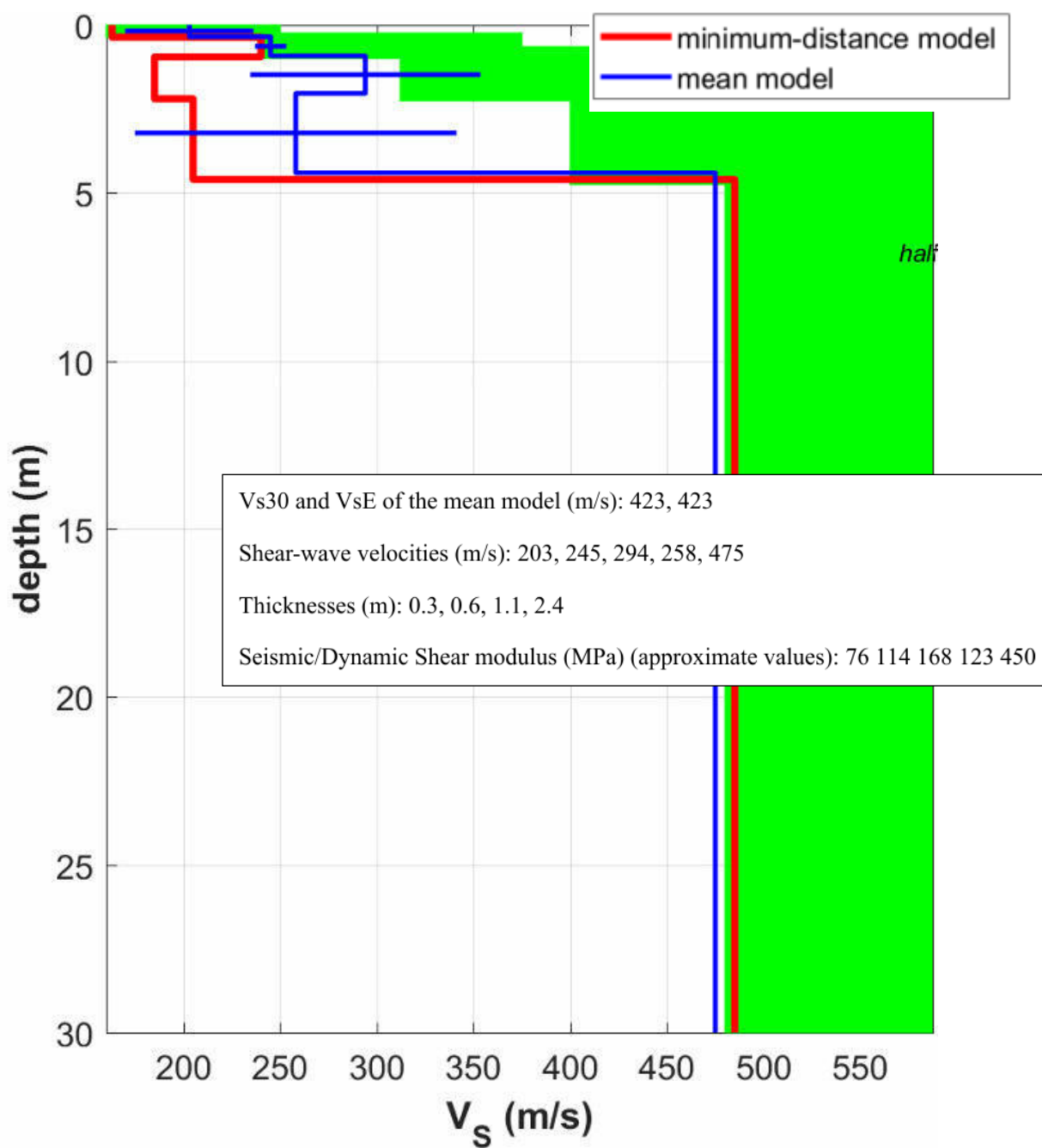
Da queste il software estrae le rappresentazioni delle velocità di gruppo riferite alle due componenti radiale e verticale:



Ed infine, dalle elaborazioni delle componenti verticali e radiali effettua l'inversione in modalità iterativa variando velocità e spessori degli strati fino ad individuare la successione che meglio risponde a quanto misurato. Ne scaturisce una successione di sismostrati individuati ciascuno da spessore e velocità come da grafico e da tabelle seguenti.

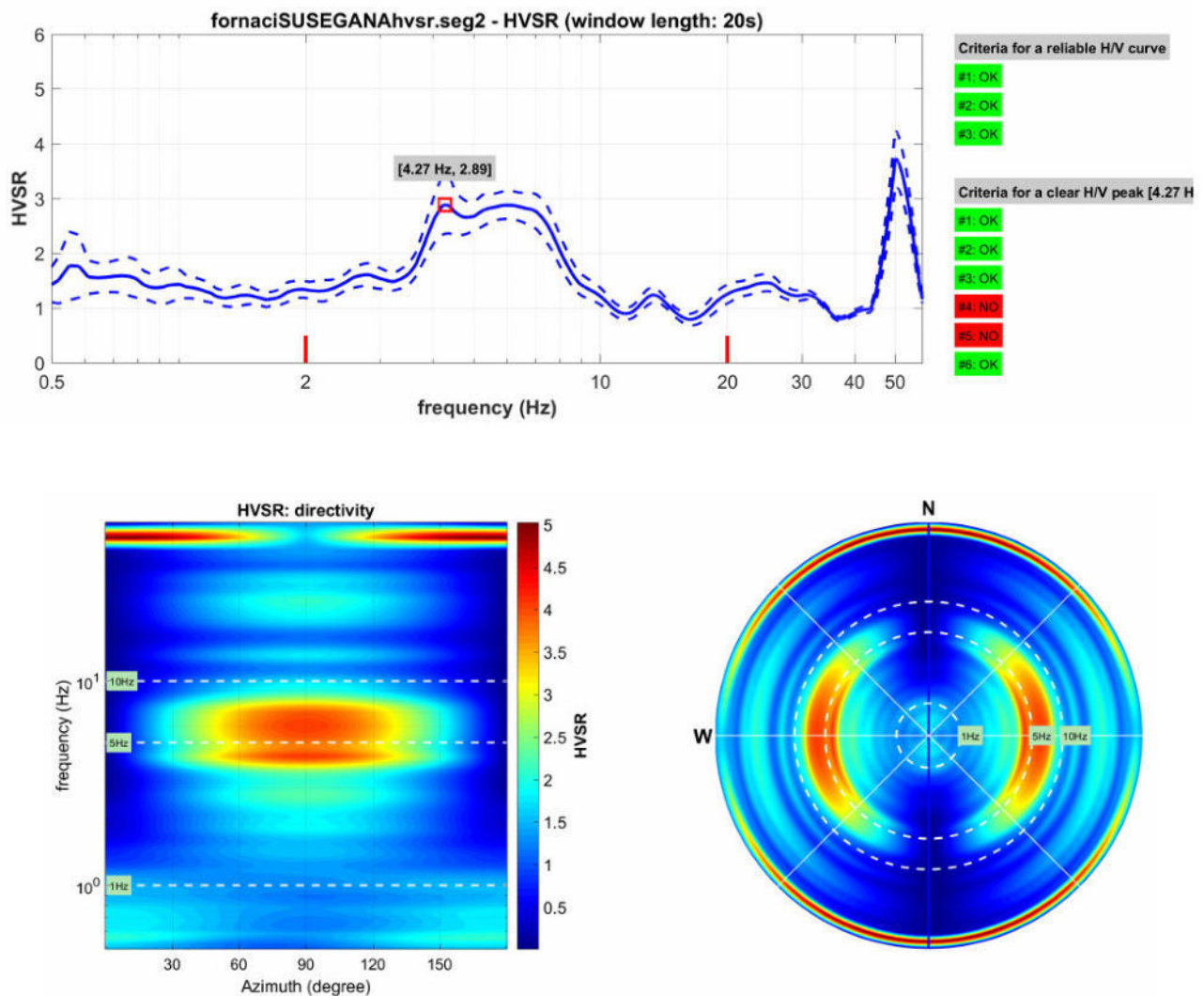
Viene anche determinata la Vs30 e la VsEquivalente. Il Bedrock sismico (800 m/s) non è stato individuato entro i 30 m dal piano campagna.





| Profondità (m) | Spessore strato (m) | Velocità (m/s) |
|----------------|---------------------|----------------|
| 0,3            | 0,3                 | 203            |
| 0,9            | 0,6                 | 245            |
| 2,0            | 1,1                 | 294            |
| 4,4            | 2,4                 | 258            |
|                |                     | 475            |

Dall'acquisizione passiva vengono invece ricavati gli spettri di frequenza, con i relativi rapporti di amplificazione H/V, lungo le tre direzioni spaziali. Nella figura sotto si riporta invece il rapporto HVSR nell'intervallo tra 0 e 20 Hz dalla acquisizione passiva.



Picco Frequenza: 4,27 Hz

Rapporto H/V = 2,89

Si noti che le tecniche di misura passive danno un picco principale a circa 4,27 Hz con un rapporto H/V di 2,89 che potrebbe corrispondere ad una superficie con contrasto di rigidità attorno a 6/7 m di profondità, corrispondente con un passaggio dalla coltre superficiale sciolta ad un livello di ghiaie più compatte.

## SINTESI dei risultati finali

I profili di velocità, elaborati in maniera integrata tra le diverse tecniche di indagine, hanno consentito di riconoscere, sulle verticali di restituzione delle informazioni sismostratigrafiche, orizzonti con caratteristiche elastiche e velocità delle onde S variabili entro i primi 30 m di sottosuolo circa. Le indagini hanno evidenziato un generale incremento delle velocità con la profondità; i pochi spessori con velocità in inversione sono da ritenersi non significativi data la scarsa potenza. Non è stato intercettato il bedrock sismico entro i primi 30 m.

In sintesi:

|                                                |                         |             |
|------------------------------------------------|-------------------------|-------------|
|                                                | <b>HoliSurface® ST1</b> |             |
| <b>PARAMETRO <math>V_{s30} = V_{sE}</math></b> | <b>423 m/s</b>          |             |
| <b>FREQUENZE del TERRENO</b>                   | <b>Frequenza</b>        | <b>H/V</b>  |
|                                                | <b>4,27 Hz</b>          | <b>2,89</b> |

Con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ora DM 17 gennaio 2018) si assume prudenzialmente come  $V_{s30} = V_{sE} = 423 \text{ m/s}$ .

Quindi il sito in esame rientra nella:

### **Categoria 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.

Pieve di Soligo, 26/06/2026

il Geologo  
Dott. Dario Barazzuol