

PIANO STRUTTURALE

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
SULLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA
DI 2° LIVELLO

aprile 2024

Comune di Gaiole in Chianti

Piano Strutturale

progetto:

Roberto Vezzosi (capogruppo)

Stefania Rizzotti, Idp studio

Massimiliano Rossi, Davide Giovannuzzi – ProGeo Engineering s.r.l.

Fabio Poggi, Mirko Frasconi, Matteo Frasconi

Renzo Falaschi, Fausto Capacci

Monica Coletta

Valentina Vettori

Sindaco e assessore alla Pianificazione territoriale: Michele Pescini

Garante dell'informazione e della partecipazione: Alessio Bucciarelli

Responsabile del procedimento: Lisa Franceschini

Comune di Gaiole in Chianti

Sommario

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE | 2 |
| 3. SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE..... | 3 |
| 4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 5. INQUADRAMENTO TETTONICO E GEOLOGICO..... | 8 |
| 6. INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE REPERITE | 8 |
| 7. FREQUENZA FONDAMENTALE DEI DEPOSITI..... | 9 |
| 8. MODELLO DI SOTTOSUOLO: INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA SUA DEFINIZIONE..... | 10 |
| 9. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI FINALI | 10 |
| ELABORATI CARTOGRAFICI | 12 |
| 10. DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA..... | 13 |
| 11. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)..... | 15 |
| 11.1. ZONE STABILI..... | 15 |
| 11.2. ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI | 16 |
| 11.3. ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ..... | 22 |
| 12. ELABORAZIONE LIVELLO 2..... | 22 |
| 12.1. QUANTIFICAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE | 22 |
| 12.2. RESTITUZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI | 25 |
| 13. CONSIDERAZIONI SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE | 26 |
| 13.1. FATTORI PREDISPONENTI..... | 26 |
| 13.2. FATTORI SCATENANTI | 26 |
| 14. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | 27 |
| 15. BIBLIOGRAFIA:..... | 28 |

Tavole allegate:

| | |
|--|---------------|
| - MS.1 CARTA GEOLOGICO - TECNICA | SCALA 1:5000 |
| - MS.2 a,b,c,d CARTA DELLE INDAGINI E DEI DATI DI BASE (Quadrante a,b,c,d) | SCALA 1:10000 |
| - MS.3 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI | SCALA 1:5000 |
| - MS.4 CARTA DELLE MOPS | SCALA 1:5000 |
| - MS.5 CARTA DI MS2 FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (0,1-0,5 s) | SCALA 1:5000 |
| - MS.6 CARTA DI MS2 FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (0,4-0,8 s) | SCALA 1:5000 |
| - MS.7 CARTA DI MS2 FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (0,7-1,1 s) | SCALA 1:5000 |
| - MS.8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | SCALA 1:5000 |

Indagini allegate:

- ALLEGATO DELLE INDAGINI E DATI DI BASE

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Gaiole in Chianti (SI), sono stati eseguiti gli Studi di Microzonazione Sismica di livello 2 (a seguire MS2) per le aree urbane interne al territorio comunale in conformità all'inquadramento effettuato per gli studi di Microzonazione di livello 1. La presente Relazione Tecnica riporta i dati e le informazioni acquisite ed illustra i risultati degli studi di approfondimento finalizzati alla realizzazione della carta della Microzonazione Sismica di 2 Livello ("MS2"), redatto secondo le direttive tecniche (Allegato A) del regolamento 5R/2020.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE

Il presente studio di MS2 è stato condotto in accordo con le direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini sismiche (Allegato A del DPGR 5R/2020) e secondo le normative tecniche contenute nell'Allegato A della delibera GRT n°977 del 27.09.2021, che sostituisce ed amplia le precedenti specifiche tecniche regionali per la redazione di indagini e studi di MS approvate con Deliberazioni di G.R.T. n.261/2011, 741/2012, 971/2013, 144/2015, 468/2018 e 1162/2018. In tale documento si definiscono le specifiche di realizzazione delle indagini e degli studi di Microzonazione Sismica, si individuano i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MS, si definiscono le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria.

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 2 indicate dalla struttura Servizio Sismico regionale, sono le seguenti:

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS), approvati il 13 Novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome;
- Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n.977/2021;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel volume di Ingegneria sismica 2/2011;
- Standard per la stesura della carta delle indagini e l'informatizzazione ad esclusione delle tabelle relative ai parametri delle indagini: Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica, Versione 4.2 (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n.3907).

3. SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Il territorio comunale di Gaiole in Chianti (SI) è inserito nella nuova classificazione sismica che è stata approvata con Del. GRT n° 421 del 26/05/2014 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014) in Zona Sismica 3. Figura 3.1



Figura 3.1: classificazione sismica regione Toscana approvata con Del. GRT n° 421 del 26/05/2014

Le zone di studio ed indagine sono state localizzate all'interno dei centri urbani e sono state estese ad un intorno significativo, in particolare i centri urbani indagati, con indicazione dei quadranti, sono i seguenti:

- Gaiole (capoluogo);
- Monti;
- Rietine, Castagnoli, San Martino al Vento;
- Lecchi;
- Pianella.

Le aree di interesse sono rappresentate in Figura 3.2; per la precisa delimitazione delle aree indagate si rimanda alle tavole cartografiche allegate alla presente relazione.

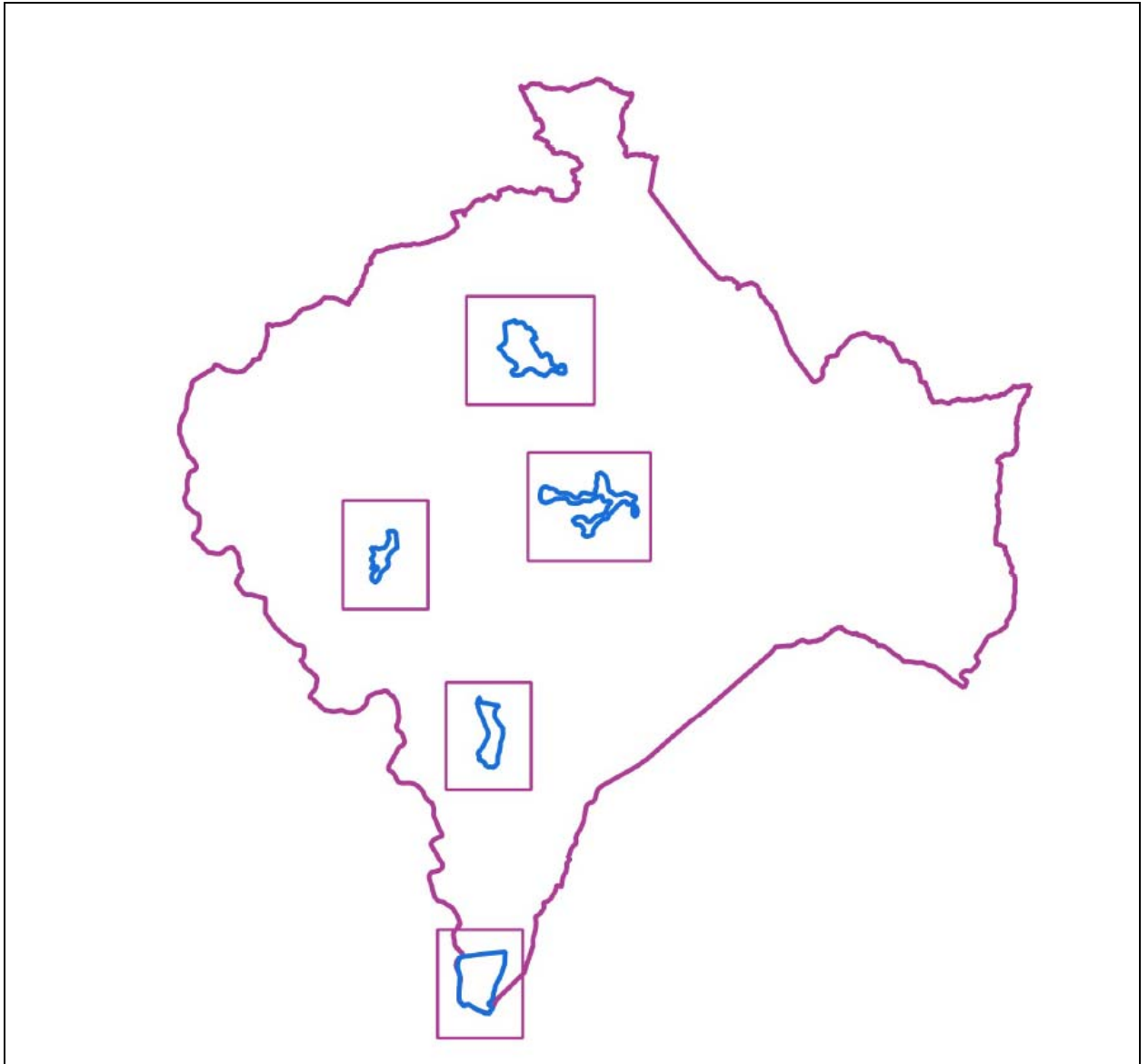


Figura 3.2: delimitazione aree di studio della Microzonazione Sismica

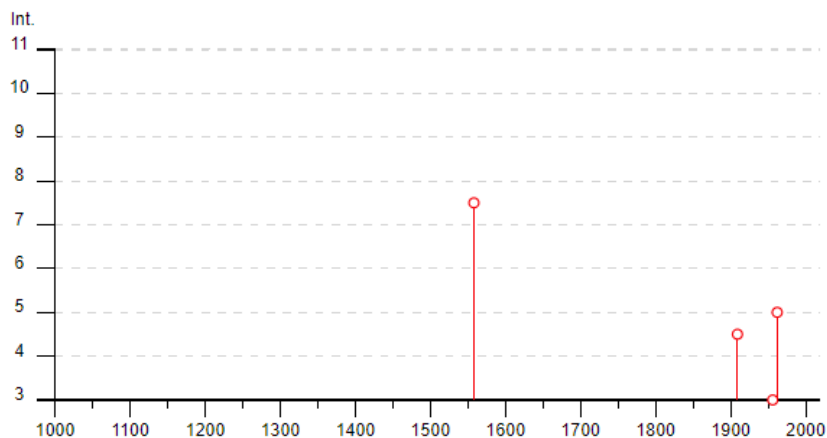
4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

Il primo passo per la definizione della pericolosità è la conoscenza dei dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>) messo a disposizione dall'INGV; all'interno del catalogo possono essere selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato una data località. Nel caso di Gaiole in Chianti vengono evidenziati 8 eventi, registrati e riportati con relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'epicentro della scossa nelle immagini sottostanti (Figura 4.1).

Gaiole in Chianti



PlaceID IT_47654
 Coordinate (lat, lon) 43.467, 11.434
 Comune (ISTAT 2015) Gaiole in Chianti
 Provincia Siena
 Regione Toscana
 Numero di eventi riportati 8



► Personalizza il diagramma

| Effetti | In occasione del terremoto del | | | | | | | NMDP | Io | Mw |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|------|-----|------|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | | | |
| 7-8 | 1558 | 04 | 13 | 09 | | | Valdarno superiore | 29 | 9 | 5.97 |
| 4-5 | 1909 | 08 | 25 | 00 | 22 | | Crete Senesi | 259 | 7-8 | 5.34 |
| 2-3 | 1940 | 01 | 31 | 11 | | | Siena | 30 | 5-6 | 4.23 |
| NF | 1947 | 12 | 24 | | | | Crete Senesi | 26 | 6 | 4.46 |
| 3 | 1956 | 02 | 22 | 22 | 55 | 0 | Senese | 29 | 5 | 4.03 |
| 5 | 1962 | 09 | 16 | 14 | 49 | 4 | Chianti | 19 | 6 | 4.54 |
| 2 | 1997 | 09 | 26 | 00 | 33 | 1 | Appennino umbro-marchigiano | 760 | 7-8 | 5.66 |
| NF | 2001 | 11 | 26 | 00 | 56 | 5 | Casentino | 211 | 5-6 | 4.63 |

Figura 4.1: Intensità stimata dei terremoti nell'area del Comune di Gaiole in Chianti a partire dal 1558

Località vicine (entro 10km)

| Località | EQs | Distanza (km) |
|-------------------------------|-----|---------------|
| Meleto | 1 | 2 |
| Cetamura del Chianti (rovine) | 1 | 2 |
| Castagnoli | 1 | 3 |
| Sereto | 1 | 4 |
| Radda in Chianti | 18 | 5 |
| Madonna di Brolio | 10 | 6 |
| Montegonzi | 1 | 6 |
| Linari | 1 | 7 |
| San Pancrazio | 1 | 7 |
| Cavriglia | 4 | 8 |
| Vagliagli | 3 | 9 |
| Castelnuovo dei Sabbioni | 1 | 9 |
| Lucignano | 1 | 10 |

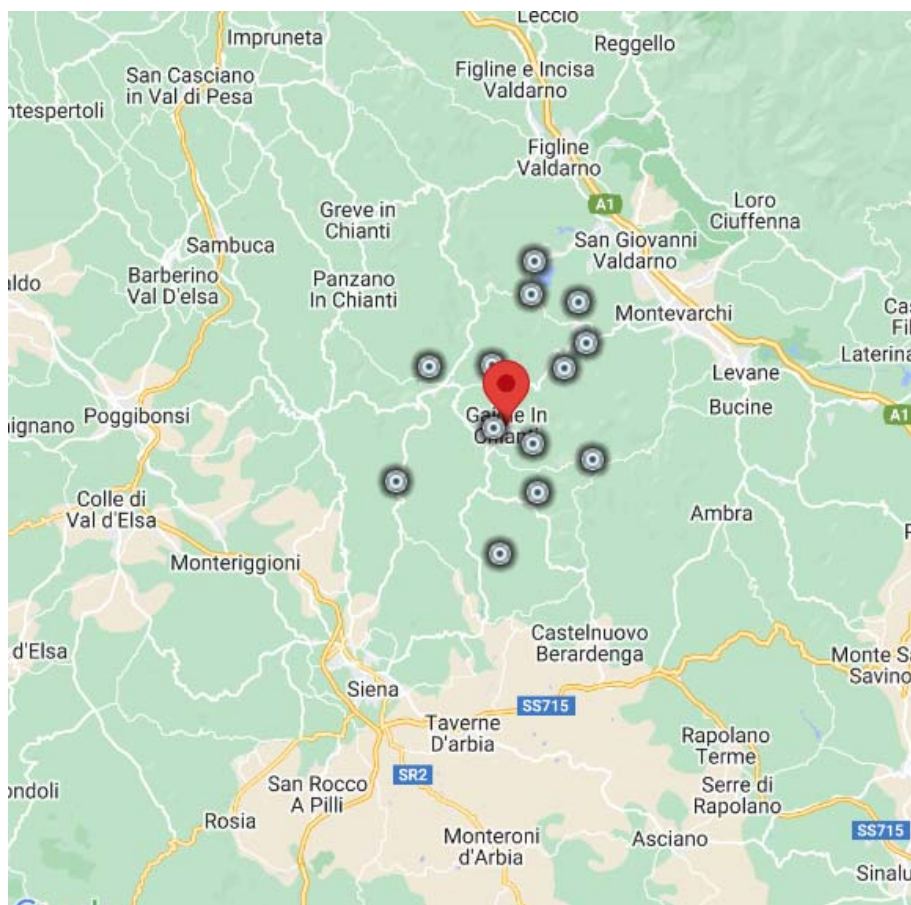


Figura 4.2: epicentri dei terremoti intorno all'area di Gaiole in Chianti

Il territorio del Comune di Gaiole in Chianti ricade all'interno della zona 916 (Figura 4.3) come definita nella "Zonazione Sismogenetica ZS9" (Meletti C., Valensise G., 2004); tale zona sono comprese entro il settore tirrenico definito dal modello sismo-tettonico di Meletti et al. (2000). Tale zona è caratterizzata da un elevato flusso di calore (Meletti C., Valensise G., 2004).

L'intero settore è caratterizzato da una diffusa sismicità di energia moderata, con pochi eventi di magnitudo più elevata, responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione, anche per la superficialità degli ipocentri.

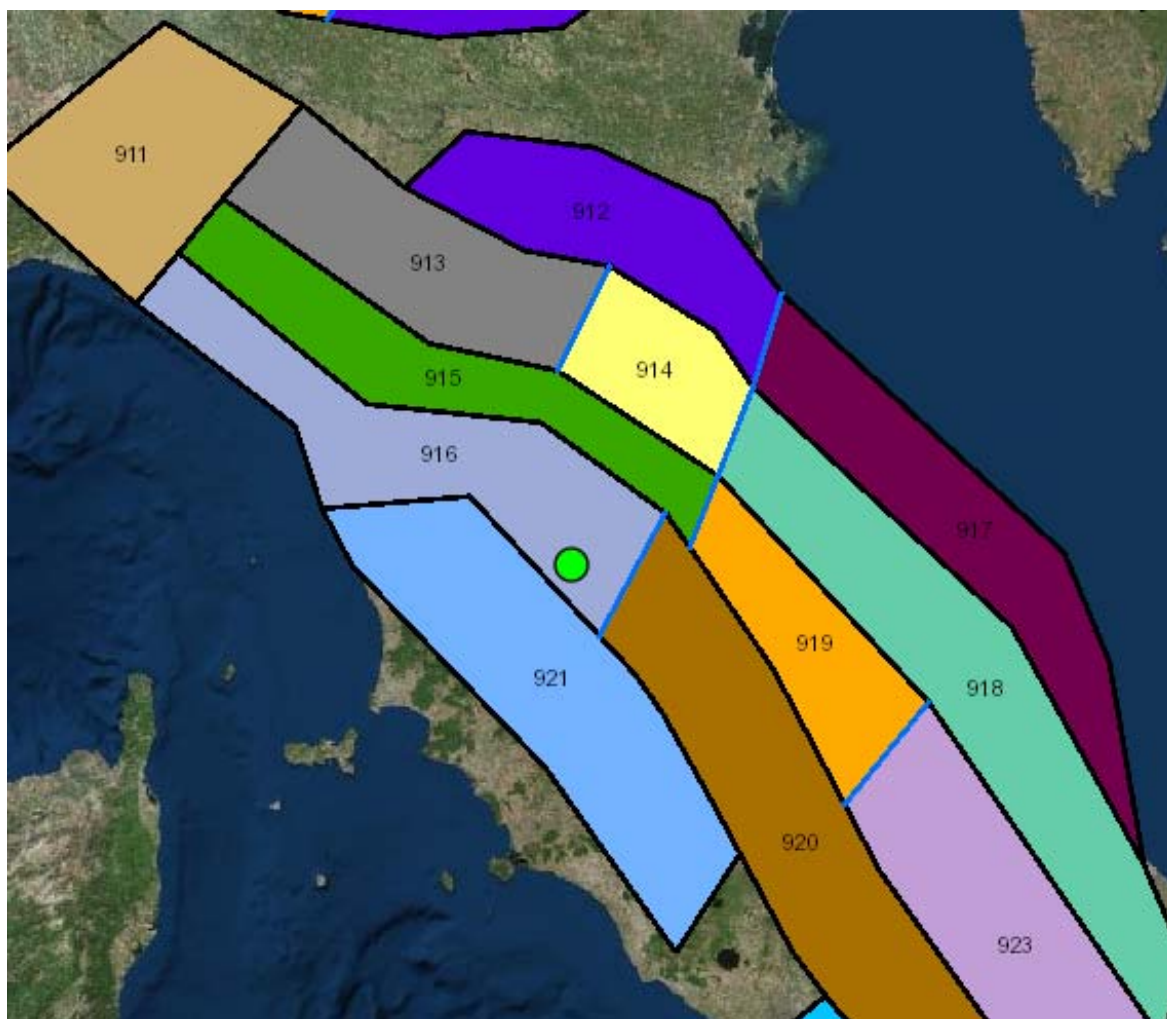


Figura 4.3: Zonazione Sismogenetica ZS9

Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche della zona 916.

| ZONA | Numero di eventi Md>2.0 | Numero di eventi Md>2.5 | Numero di eventi Md>3.0 | Magnitudo massima (Md) | Classe di profondità (Km) | Profondità efficace (Km) |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 916 | 140 | 83 | 16 | 4.6 | 5-8 | 6 |

5. INQUADRAMENTO TETTONICO E GEOLOGICO

Relativamente all'inquadramento geologico e tettonico dell'area di studio si rimanda alla relazione geologica allegata al Piano Strutturale.

Di seguito si allega una tabella riassuntiva dove è indicata la corrispondenza fra le Unità Geologiche Regionali e le Unità Geotecniche:

| <i>UNITA' GEOLOGICA</i> | <i>UNITA' GEOTECNICA MS</i> |
|-------------------------|-----------------------------|
| h5 | RI |
| b | GM |
| b2a | ML |
| aa | GM |
| bna | GM |
| bnb | GM |
| MAC | SFLPS |
| MACa | SFLPS |
| MLL | SFLPS-LPS |
| PLIb | GRS |
| PLIs | GRS |
| STO2 | SFALS |
| STO3 | SFLPS |
| STO4 | SFALS |

6. INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE REPERITE

Il presente studio di Microzonazione sismica di livello 2 ha comportato il reperimento e la raccolta dei dati relativi alle indagini del sottosuolo effettuate nelle aree di interesse.

Per la realizzazione di tale raccolta sono stati consultati i dati e sondaggi di base dello studio geologico di supporto al vigente P.S. comunale; sono stati inoltre utilizzati i dati estratti dall'archivio PORTOS fornite dal Settore Sismica della Regione Toscana e le relazioni geologiche a corredo di pratiche edilizie fornite direttamente dall'ufficio tecnico del Comune.

Nel complesso i dati totali di base a disposizione del presente studio sono stati i seguenti:

- n° 11 sondaggi a carotaggio continuo (**S**);
- n° 1 con indagine sismica Down-Hole (**DH**);
- n° 16 prove penetrometriche superpesanti (**DPSH**);
- n° 19 misure sismiche di microtremore a stazione singola (**HVSR**);
- n° 45 indagini sismiche (**MASW**);
- n° 20 indagini sismiche (**Rifrazioni in onde P**);
- n° 1 indagine geofisica (**Tomografia geoelettrica**).

I dati di base sono stati informatizzati in due shapefile, uno puntuale ed uno lineare.

7. FREQUENZA FONDAMENTALE DEI DEPOSITI

Nella Carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremori a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine H/V condotte per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono le coperture delle pianure alluvionali e delle coltri detritiche sul substrato. Per una dettagliata trattazione e valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda alla Relazione Tecnica sulle indagini.

Preme evidenziare che i dati utilizzati per la Carta delle Frequenze fondamentali in parte derivano da indagini direttamente eseguite in questo lavoro (n.12 H/V), in parte sono stati ricavati dai dati di base raccolti (n.7 H/V) dei quali sono stati analizzati quelli più significativi, con misure non disturbate e picchi netti, per un totale di 19 misure sismiche passive.

La rappresentazione grafica scelta, data la quantità di dati acquisiti, è quella semplificata dei cerchi con colore variabile secondo la frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza A_0 , in accordo con la legenda restituita in Appendice 3 dell'Allegato A delle "specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza" (aggiornamento del 08/09/2021) e visibile nella sottostante Figura 7.1.

| f_0 (Hz) (scala di colori) | A_0 (dimensioni crescenti) |
|--------------------------------------|------------------------------|
| ● nessuna risonanza (nero) | ● nessuna risonanza |
| ● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro) | ○ $1.1 \leq A_0 < 2$ |
| ● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde) | |
| ● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone) | ○ $2.0 \leq A_0 < 3$ |
| ● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo) | |
| ● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio) | ○ $3.0 \leq A_0 < 5$ |
| ● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso) | |
| ● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola) | ○ $5.0 \leq A_0$ |
| ● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu) | |

Figura 7.1: Distribuzione legenda per la rappresentazione di f_0 ed A_0

8. MODELLO DI SOTTOSUOLO: INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA SUA DEFINIZIONE

La raccolta delle indagini disponibili, reperite dalla banca dati di PORTOS e dai recenti studi presenti nel database comunale, ha consentito la ricostruzione del modello del sottosuolo, la cui qualità è funzione della densità di indagini e informazioni geologiche s.l., con alcune aree che presentano un minor dettaglio e conseguentemente un minor grado di certezza.

9. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI FINALI

Le ubicazioni e i risultati di tutte le misure sono visibili nella cartografia prodotta “MS.3-*Carta delle frequenze fondamentali*”; si rimanda all’allegato restituito in calce alla presente per le schede delle singole misure effettuate.

Nell’ambito di questo lavoro le misure hanno avuto la finalità dell’individuazione di fenomeni di risonanza stratigrafica con l’indicazione delle frequenze in corrispondenza delle quali tale fenomeno si manifesta. È stato possibile così giungere ad una indicazione dello spessore delle coperture poste su un substrato rigido o in ogni caso della profondità di un contrasto di impedenza sismica significativo.

Gli spessori delle coperture poste su substrato o le profondità di contrasto di impedenza sismica significativi possono in prima approssimazione essere ricavati da un abaco; tali valori hanno però solo un valore indicativo e necessitano di confronto con prove indipendenti perché gli spessori siano definiti con maggiore precisione e accuratezza.

| F0 (Hz) | h(m) |
|---------|--------|
| <1 | >100 |
| 1-2 | 50-100 |
| 2-3 | 30-50 |
| 3-5 | 20-30 |
| 5-8 | 10-20 |
| 8-20 | 5-10 |
| >20 | <5 |

Abaco per la stima dello spessore delle coperture conoscendo i valori delle frequenze di risonanza F0 date dalle misure H/V.

Di seguito è riportata la tabella riassuntiva delle misure HVSR utilizzate per le analisi:

| identificativo MS | frequenza (f0) | ampiezza (A0) | note |
|-------------------|----------------|---------------|-------------------|
| DB067 | 0 | 0 | Non significativo |
| DB068 | 0 | 0 | Non significativo |
| DB069 | 15 | 2.7 | |
| DB070 | 20.9 | 2.5 | |
| DB071 | 18 | 3.2 | |
| DB072 | 18 | 3.2 | |
| DB073 | 10 | 3.9 | |
| DB075 | 1.08 | 3.34 | |
| DB076 | 23.8 | 3.1 | |
| DB077 | 3.8 | 2 | |
| DB078 | 0 | 0 | Non significativo |
| DB079 | 18.7 | 2.7 | |
| DB080 | 0 | 0 | Non significativo |
| DB081 | 23.9 | 4.7 | |
| DB082 | 4.4 | 1.8 | |
| DB083 | 1 | 2.08 | |
| DB084 | 0 | 0 | Non significativo |
| DB085 | 17.6 | 2.61 | |
| DB086 | 2.5 | 3.5 | |

Risultati delle misure puntuali HVSR utilizzate

| misura MASW | identificativo MS | Vseq (m/s) | Cat. Suolo |
|-------------|-------------------|------------|------------|
| MASW1 | DB054 | 337 | E |
| MASW2 | DB052 | 378 | B |
| MASW3 | DB042 | 459 | B |
| MASW4 | DB058 | 245 | A/E |
| MASW5 | DB011 | 398 | B |

Risultati delle misure lineari MASW eseguite durante lo Studio di MS2

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle cartografie allegate.

ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli elaborati cartografici prodotti per il presente studio che fanno parte del Piano strutturale sono i seguenti:

| Tavola | scala |
|---|--------------|
| - MS.1 Carta geologico - tecnica | 1:5.000 |
| - MS.2 a,b,c,d Carta delle indagini e dei dati di base (<i>Quadrante a,b,c,d</i>) | 1:10.000 |
| - MS.3 Carta delle frequenze fondamentali | 1:5.000 |
| - MS.4 Carta delle MOPS | 1:5.000 |
| - MS.5 Carta di MS2 fattore di amplificazione (0,1-0,5 s) | 1:5.000 |
| - MS.6 Carta di MS2 fattore di amplificazione (0,4-0,8 s) | 1:5.000 |
| - MS.7 Carta di MS2 fattore di amplificazione (0,7-1,1 s) | 1:5.000 |
| - MS.8 Carta della Pericolosità Sismica Locale | 1:5.000 |

10. DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La carta geologico tecnica è stata redatta per il capoluogo e per ogni centro urbano indagato in scala 1:5.000 e rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.2 – dicembre 2020), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS). Nella carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica vengono rappresentate le informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti in primis tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3 m e substrato geologico rigido e non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici.

Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato (Figura 10.1):







| Terreni di copertura | | |
|---|----|---|
|  | RI | Terreni contenenti resti di attività antropica |
|  | GW | Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie |
| | GP | Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia |
| | GM | Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo |
| | GC | Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla |
|  | SW | Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose |
| | SP | Sabbie pulite con granulometria poco assortita |
| | SM | Sabbie limose, miscela di sabbia e limo |
| | SC | Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla |
|  | OL | Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità |
| | OH | Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici |
| | MH | Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici |
| | ML | Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità |
| | CL | Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre |
|  | CH | Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse |
| | PT | Torbe ed altre terre fortemente organiche |
|  | LC | Litoide di copertura |

Figura 10.1: legenda della CGT_MS: terreni di copertura (Fonte: standard MS - versione 4.2)

Le unità del substrato rigido o non rigido vengono definite tenendo conto della tipologia (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi), della stratificazione (qualora esistente) e del grado di fratturazione (secondo una valutazione qualitativa).

Nel presente studio sono state rinvenute varie tipologie di substrato denominato: LPS, GRS, SFLPS, SFALS come rappresentato sotto (Figura 10.2).

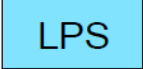







| | | |
|---|-------|--|
|  | LPS | Lapideo, stratificato |
|  | GRS | Granulare cementato, stratificato |
|  | SFLPS | Lapideo, stratificato fratturato / alterato |
|  | SFALS | Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato |

Figura 10.2: legenda della CGT_MS: substrato geologico (Fonte: standard MS - versione 4.2)

Vengono altresì rappresentati i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- elementi tettonico strutturali (faglie e sovrascorrimenti);
- indicazioni relativamente alle fenomenologie di instabilità di versante (tipologia di instabilità e stato di attività).

Instabilità di versante

-  Frana per scorrimento, attiva
-  Frana per scorrimento, quiescente
-  Frana n.d., quiescente
-  Frana per scorrimento, inattiva

11. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) costituisce il documento fondamentale del livello di approfondimento. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc...).

Le informazioni utilizzate, per la realizzazione di tale documento, oltre alla cartografia di base disponibile sono:

- carta delle indagini;
- carta geologica e geomorfologica;
- carta geologico-tecnica;
- carta delle frequenze fondamentali dei terreni;

Le microzone possono essere classificate in tre categorie:

a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);

b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

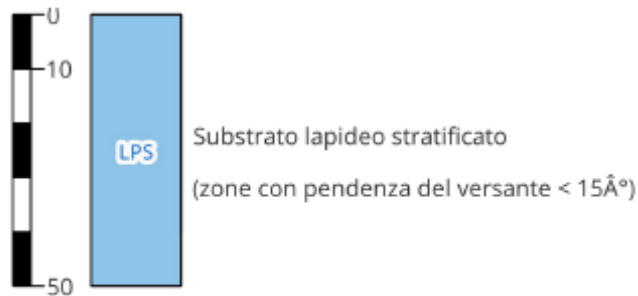
Nel presente studio sono state individuate n°14 microzone omogenee determinate in funzione dei criteri sopra esposti che vengono descritte di seguito.

11.1. ZONE STABILI

Le zone stabili sono quelle di affioramento del substrato geologico dove non si abbiano notizie di coperture maggiori di 3 metri e/o di amplificazioni dovute a differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro. All'interno delle aree studiate è stata individuata solo una piccola zona a Nord dell'abitato di Monti, nei pressi della zona del cimitero, dove è presente un tipo di zona stabile (1001) e cioè con la presenza del substrato lapideo con caratteristiche di bedrock sismico entro i 3 m di profondità dal piano campagna.

1001

SUBSTRATO LAPIDEO STRATIFICATO

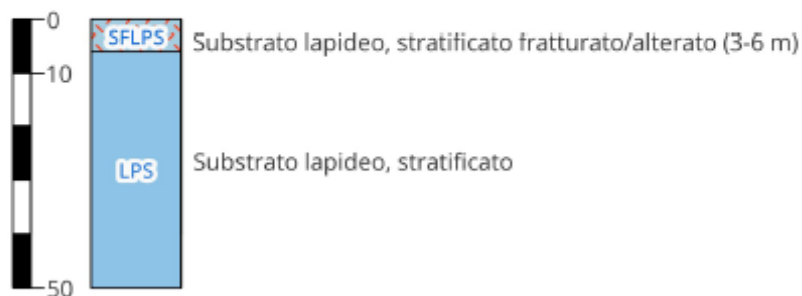


11.2. ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state numerate partendo dalla zona n°1 (2001) alla zona n°13 (2013) così come prevede la normativa. Di seguito si riportano le colonne stratigrafiche con gli spessori per ciascuna zona, visibili nelle relative cartografie MOPS allegate al presente studio:

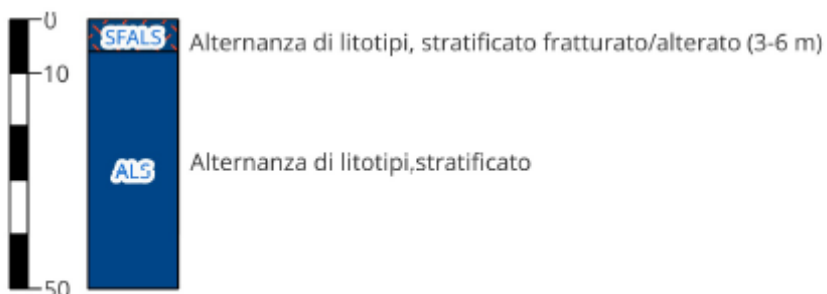
2001

ZONA 1



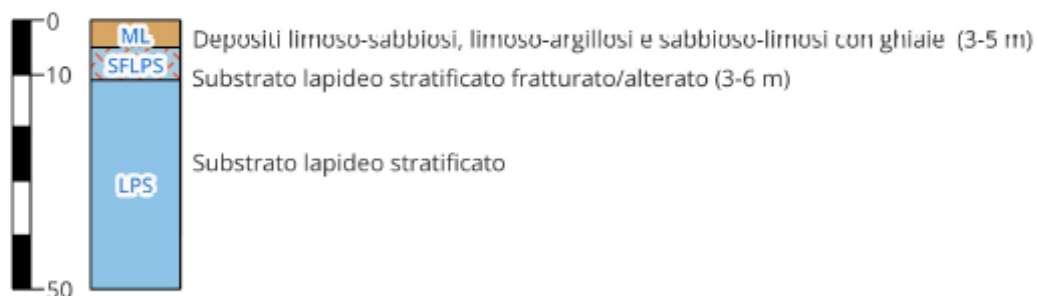
2002

ZONA 2



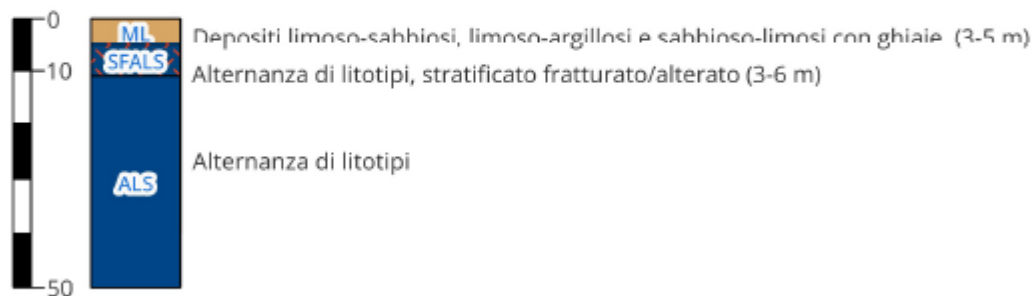
2003

ZONA 3



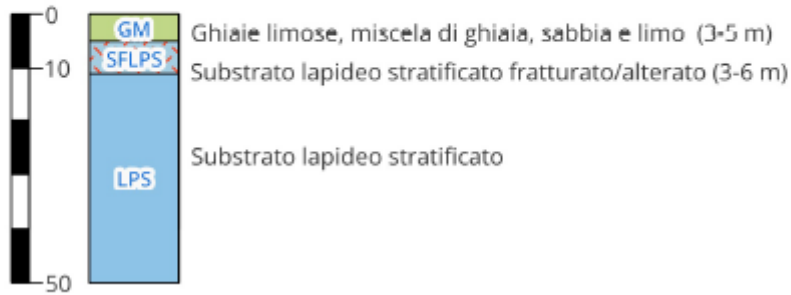
2004

ZONA 4



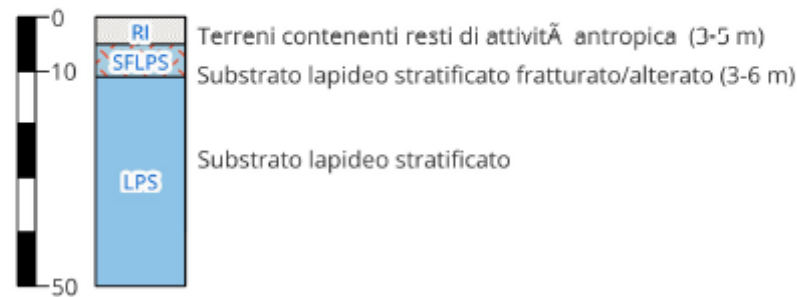
2005

ZONA 5



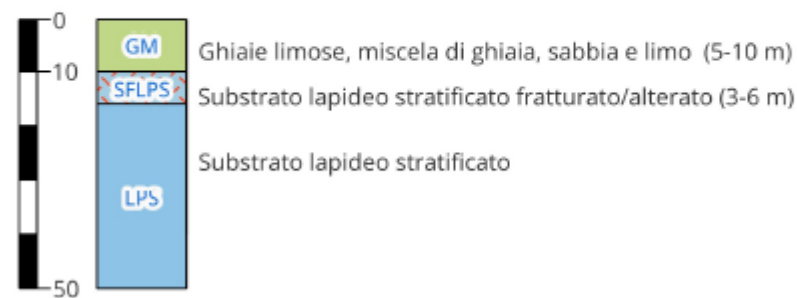
2006

ZONA 6



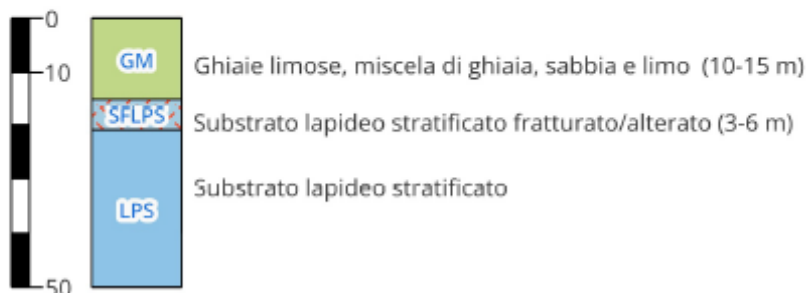
2007

ZONA 7



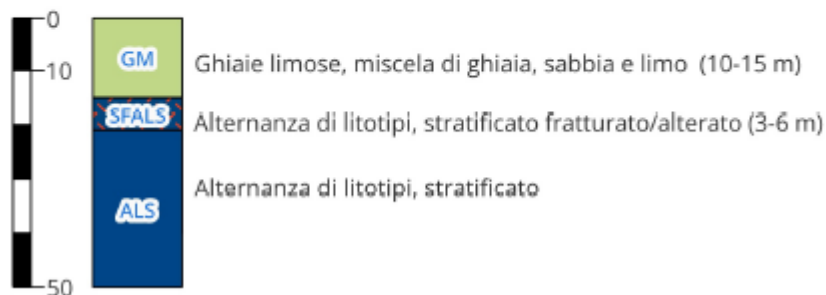
2008

ZONA 8



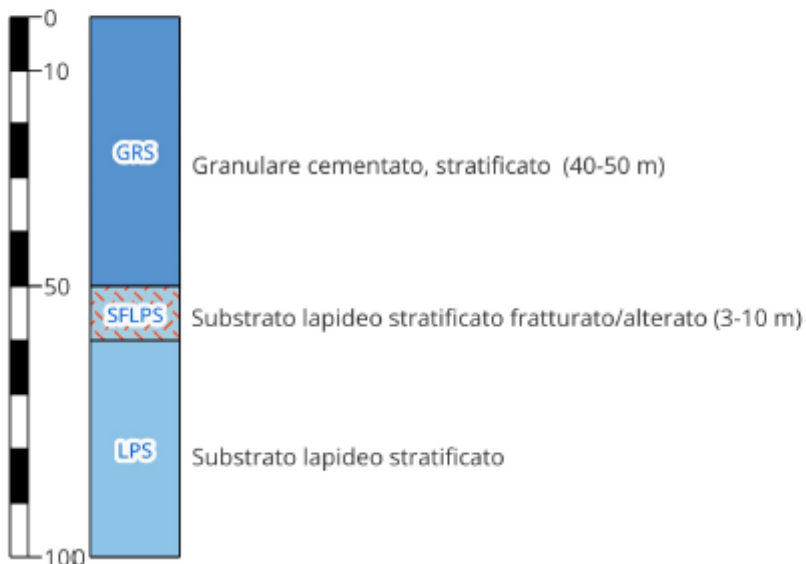
2009

ZONA 9



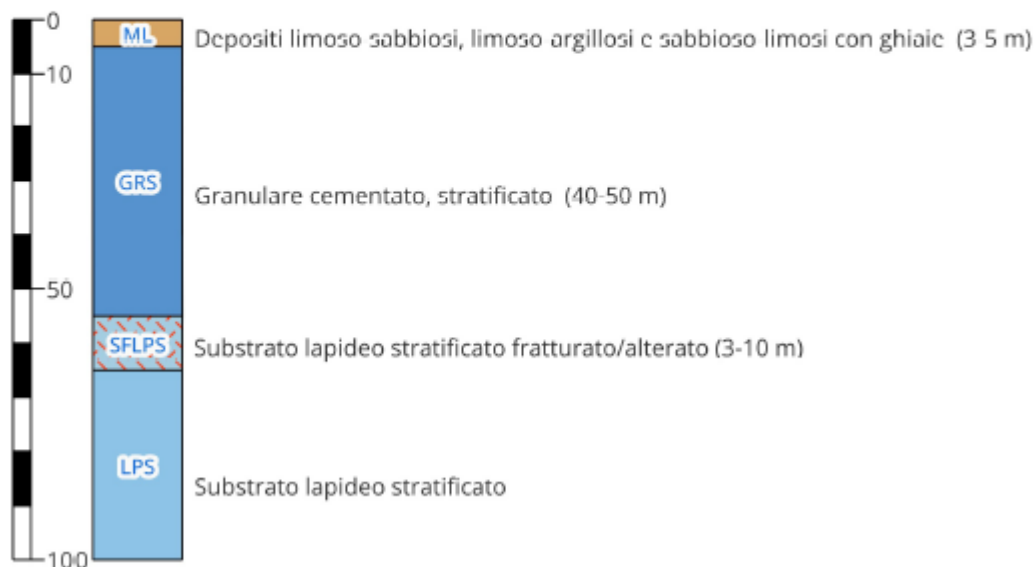
2010

ZONA 10



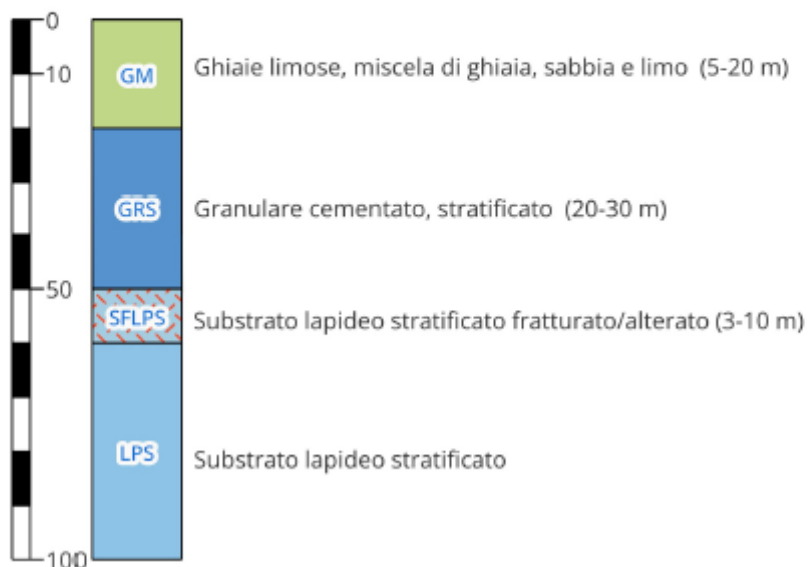
2011

ZONA 11



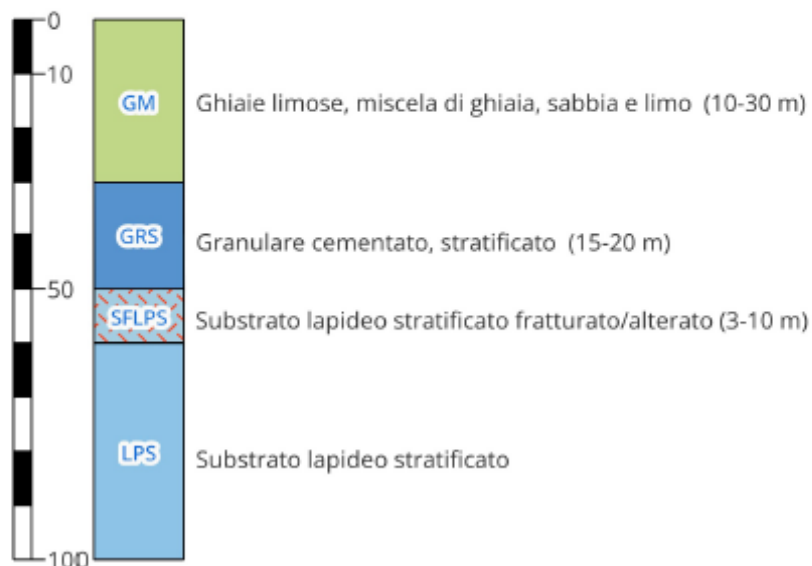
2012

ZONA 12



2013



ZONA 13








11.3. ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

Le zone di attenzione per instabilità cartografate nel territorio di Gaiole in Chianti, sono riferibili ad aree con presenza di fenomeni di instabilità gravitativi e per rischio liquefazione. In base alle codifiche previste dai criteri di archiviazione e rappresentazione dati, in allegato ad Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, ciascun movimento franoso e per liquefazione con il relativo stato di attività, è stato indicato in base alla microzona su cui ricade e per lo stato di attività:

Zone di Attenzione per instabilità di versante

-  Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 1
-  Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 10

Zone di Attenzione per liquefazione

-  Zona di Attenzione per liquefazione - Zona 5
-  Zona di Attenzione per liquefazione - Zona 7
-  Zona di Attenzione per liquefazione - Zona 8
-  Zona di Attenzione per liquefazione - Zona 9
-  Zona di Attenzione per liquefazione - Zona 13

12. ELABORAZIONE LIVELLO 2

Sulla base di tutti i dati a disposizione si è potuto procedere alla quantificazione numerica degli effetti sismici evidenziati nell'analisi di livello 1 al fine della redazione della carta di microzonazione sismica di livello 2.

12.1. QUANTIFICAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Per la valutazione quantitativa di tali effetti sul segnale sismico ci si è riferiti all'applicazione degli abachi messi a disposizione dal Servizio Sismico della Regione Toscana, considerando che il valore di a_g/g per il capoluogo comunale risulta è pari a **0,120**.

Sulla base delle indicazioni fornite dalle linee guida i dati di ingresso per l'utilizzo delle tabelle degli abachi degli ICMS sono stati:

- la macrozona di pericolosità sismica del sito da cui il valore medio approssimato di a_g per un tempo di ritorno di 475 anni $\leq 0.125g$;
- la litologia prevalente nelle zone di approfondimento d'indagine, ricavata dai dati stratigrafici e dai modelli geo-litologici adottati;
- lo spessore dei terreni di copertura. Spessore calcolato: $> 30m$ o $< 30m$ (abachi Regione Toscana);
- la V_{sh} media dei terreni di copertura, ovvero il valore della velocità media delle onde S fino all'interfaccia con il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s).

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo-accelerazione, misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSAout) e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSAin), calcolato sui 3 intervalli di periodi indicati nei vigenti Standard Nazionali.

In analogia a quanto richiesto dagli Standard Nazionali, gli intervalli di integrazione sono relativi a tre range di periodi:

- periodo 0.1-0.5 s (FA0105)
- periodo 0.4-0.8 s (FA0408)
- periodo 0.7-1.1 s (FA0711)

Il FA0105 è ritenuto, a meno di particolari caratteristiche dell'area di studio, il fattore principalmente diagnostico per la determinazione dell'amplificazione locale, mentre FA0408 e FA0711 sono in grado di fornire indicazioni sull'amplificazione per periodi più elevati.

I parametri geologici s.l. d'ingresso, per poter estrapolare il valore del fattore di amplificazione, sono due:

- Il periodo fondamentale di vibrazione del sito (T_0) o la corrispondente frequenza fondamentale (f_0);
- Il valore della velocità media delle Onde S fino al basamento sismico (VSH) caratterizzato da $VS > 800$ m/sec.

Per l'attribuzione dei valori dei fattori di amplificazione alle microzone in cui è suddiviso il territorio studiato del comune di Gaiole in Chianti, sono stati utilizzati gli abachi riferiti alla macroarea Toscana Zona interna con valore di $ag \leq 0.125g$ (TR=475 anni), di seguito riportati (figura 12.1)



Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) < 0.125g

| | | FA 0.1 < T < 0.5 s | | | | | | | | | |
|----------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | f0 (Hz) | | | | | | | | | |
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | ≥ 8 | 75° perc. |
| Vs (m/s) | <200 | 1.1 | 1.4 | 1.3 | | | | | | | 1.2 |
| | 300 | 1.1 | 1.4 | 1.7 | 1.8 | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 1.4 |
| | 500 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.4 |
| | 700 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.2 |
| | ≥800 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | | | | 1.1 | 1.0 |

| | | FA 0.4 < T < 0.8 s | | | | | | | | | |
|----------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | f0 (Hz) | | | | | | | | | |
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | ≥ 8 | 75° perc. |
| Vs (m/s) | <200 | 1.6 | 2.1 | 2.1 | | | | | | | 2.0 |
| | 300 | 1.4 | 1.9 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.8 |
| | 500 | 1.2 | 1.6 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.5 |
| | 700 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| | ≥800 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | | | | | | 1.1 | 1.1 |

| | | FA 0.7 < T < 1.1 s | | | | | | | | | |
|----------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | f0 (Hz) | | | | | | | | | |
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | ≥ 8 | 75° perc. |
| Vs (m/s) | <200 | 2.1 | 2.6 | 2.5 | | | | | | | 2.4 |
| | 300 | 1.5 | 2.1 | 1.6 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.8 |
| | 500 | 1.2 | 1.8 | 1.4 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.5 | 1.5 |
| | 700 | 1.1 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| | ≥800 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | | | | | | 1.0 | 1.2 |

CLASSI

| velocità (m/s) | Vs < 200 |
|----------------|--------------------|
| | 300 200 < Vs < 400 |
| | 500 400 < Vs < 600 |
| | 700 600 < Vs < 800 |
| | Vs ≥ 800 |

| frequenza (Hz) | f0 < 1 |
|----------------|---------------|
| | 1.5 1s f0 < 2 |
| | 2.5 2s f0 < 3 |
| | 3.5 3s f0 < 4 |
| | 4.5 4s f0 < 5 |
| | 5.5 5s f0 < 6 |
| | 6.5 6s f0 < 7 |
| | 7.5 7s f0 < 8 |
| ≥ 8 | |

Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) < 0.125g

| | | FA 0.1 < T < 0.5 s | | | | | | | | | |
|----------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | f0 (Hz) | | | | | | | | | |
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | ≥ 8 | 75° perc. |
| Vs (m/s) | <200 | 1.1 | 1.5 | 1.9 | 2.5 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.5 | 1.9 |
| | 300 | 0.6 | 1.3 | 1.8 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.9 |
| | 500 | | | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.4 |
| | 700 | | | | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| | ≥800 | | | | | | | | | | |

| | | FA 0.4 < T < 0.8 s | | | | | | | | | |
|----------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | f0 (Hz) | | | | | | | | | |
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | ≥ 8 | 75° perc. |
| Vs (m/s) | <200 | 1.5 | 2.4 | 2.4 | 1.8 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 2.2 |
| | 300 | 1.0 | 2.2 | 2.1 | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.7 |
| | 500 | | | 1.9 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| | 700 | | | | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.1 |
| | ≥800 | | | | | | | | | | |

| | | FA 0.7 < T < 1.1 s | | | | | | | | | |
|----------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | f0 (Hz) | | | | | | | | | |
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | ≥ 8 | 75° perc. |
| Vs (m/s) | <200 | 2.3 | 2.5 | 1.6 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 2.1 |
| | 300 | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.3 |
| | 500 | | | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 700 | | | | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | ≥800 | | | | | | | | | | |

CLASSI

| velocità (m/s) | Vs < 200 |
|----------------|--------------------|
| | 300 200 < Vs < 400 |
| | 500 400 < Vs < 600 |
| | 700 600 < Vs < 800 |
| | Vs ≥ 800 |

| frequenza (Hz) | f0 < 1 |
|----------------|---------------|
| | 1.5 1s f0 < 2 |
| | 2.5 2s f0 < 3 |
| | 3.5 3s f0 < 4 |
| | 4.5 4s f0 < 5 |
| | 5.5 5s f0 < 6 |
| | 6.5 6s f0 < 7 |
| | 7.5 7s f0 < 8 |
| ≥ 8 | |

Figura 122.1 abachi regionali utilizzati per la stesura delle carte di MS2

12.2. RESTITUZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI

Le determinazioni dei valori del Fattore di Amplificazione per le aree oggetto di MZS di livello 2 nei siti d'indagine sono sintetizzate nelle Carte di Microzonazione Sismica, in scala 1:5.000, suddivise nei seguenti elaborati:

- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FA (0,1 – 0,5 s);
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FA (0,4 – 0,8 s);
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FA (0,7 – 1,1 s).

Di seguito si indicano le indagini considerate e i criteri (Vs / profondità del bedrock e fattore di amplificazione) desunti per la definizione dei fattori di amplificazione per le **Zone Stabili** e le **Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali** per gli intervalli FA (0,1 – 0,5 s) ÷ FA (0,4 – 0,8 s) ÷ FA (0,7 – 1,1 s).

Per le **Zone soggette ad instabilità di versante** l'assegnazione dei valori di FA è stata effettuata con criteri sostanzialmente analoghi a quelli utilizzati per le *Zone stabili suscettibili di amplificazione*, fatta salva una maggiorazione pari a **0.2** del valore caratteristico della microzona sottostante.

| MZ | Stab/ Instab | Località | ID HVSR | f0 | ID_INDLIN | VS | BEDROCK | CLASSI | | FA MS2 | | |
|------|-----------------|-------------------|---------|------|-----------|-----|---------|---------|-----|--------|---------|---------|
| | | | | | | | | VS | f0 | 01-0,5 | 0,4-0,8 | 0,7-1,1 |
| 2001 | Stab | Gaiole | DB083 | 1 | | | <30 | 400-600 | <1 | 1,3 | 1,1 | 1 |
| 2001 | Instab | Gaiole | DB083 | 1 | | | <30 | 400-600 | <1 | 1,5 | 1,3 | 1,2 |
| 2002 | Stab | Gaiole | | | | | <30 | 200-400 | <1 | 1,3 | 1,1 | 1 |
| 2003 | Stab | Gaiole | | | | | <30 | 400-600 | 1-2 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2004 | Stab | Gaiole | | | | | <30 | 200-400 | 1-2 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2005 | Stab | Gaiole | | | | | <30 | 200-400 | 7-8 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2005 | Instab | Gaiole | | | | | <30 | 200-400 | 7-8 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2007 | Instab | Gaiole | | | DB039 | 308 | <30 | 200-400 | 6-7 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2008 | Instab | Gaiole | | | | | <30 | 200-400 | 4-5 | 1,9 | 1,4 | 1,1 |
| 2009 | Instab | Gaiole | DB082 | 4,4 | DB011 | 398 | <30 | 200-400 | 4-5 | 1,9 | 1,4 | 1,1 |
| 2001 | Stab | Rietine | DB079 | 18,7 | DB001 | 426 | <30 | 400-600 | <1 | 1,3 | 1,1 | 1 |
| 2001 | Instab | Rietine | | | | | <30 | 200-400 | <1 | 1,5 | 1,3 | 1,2 |
| 2002 | Stab | Rietine | | | | | <30 | 400-600 | <1 | 1,3 | 1,1 | 1 |
| 1001 | Stab | Monti | DB075 | 55 | | | <30 | - | - | 1 | 1 | 1 |
| 2001 | Stab | Monti | | | DB028 | 446 | <30 | 400-600 | <1 | 1,3 | 1,1 | 1 |
| 2001 | Instab | Monti | | | | | <30 | 400-600 | <1 | 1,5 | 1,3 | 1,2 |
| 2003 | Stab | Monti | | | | | <30 | 400-600 | 1-2 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2001 | Stab | Lecchi in Chianti | DB085 | 17,6 | DB057 | 470 | <30 | 400-600 | <1 | 1,3 | 1,1 | 1 |
| 2003 | Stab | Lecchi in Chianti | | | | | <30 | 400-600 | 1-2 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2005 | Stab | Lecchi in Chianti | | | | | <30 | 200-400 | 7-8 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2006 | Stab | Lecchi in Chianti | | | | | <30 | 200-400 | 7-8 | 1,8 | 1,1 | 1 |
| 2010 | Stab | Pianella | DB077 | 3,8 | | | >30 | 400-600 | 3-4 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| 2010 | Instab | Pianella | | | | | >30 | 400-600 | 3-4 | 1,8 | 1,7 | 1,5 |
| 2011 | Stab | Pianella | | | | | >30 | 400-600 | 3-4 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| 2012 | Stab | Pianella | | | | | >30 | 200-400 | 3-4 | 1,8 | 1,7 | 1,7 |
| 2013 | Stab | Pianella | DB086 | 2,5 | DB042 | | >30 | 200-400 | 2-3 | 1,7 | 2 | 1,6 |

13. CONSIDERAZIONI SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace.

Essa ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino a eguagliare la pressione intergranulare. L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale sabbioso a compattarsi quando è soggetto ad azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno.

Il fenomeno di liquefazione può essere ottenuto dalla combinazione di:

13.1. FATTORI PREDISPONENTI

- Terreno saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso limoso o con poca argilla;
- Distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in sito.

13.2. FATTORI SCATENANTI

- La sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione in superficie.

Generalmente la liquefazione si verifica in depositi recenti di sabbia e sabbia siltosa, depositi che spesso si trovano negli alvei fluviali o aree di costa.

I terreni suscettibili al fenomeno di liquefazione sono:

- Suoli non coesivi e saturi (*sabbie e limi, occasionalmente ghiaie*) con contenuti di fini plastici relativamente basso;
- Suoli costituiti da particelle relativamente uniformi;
- Depositati sabbiosi recenti (*Olocenici*).

Per valutare il potenziale di liquefazione sulla base dei dati disponibili è stata utilizzata l'analisi qualitativa, basata sulle osservazioni delle caratteristiche sismiche, geologiche e geotecniche dei siti interessati o potenzialmente interessati dal fenomeno della liquefazione.

Tale analisi ha portato ad evidenziare la presenza di depositi alluvionali recenti (a Gaiole capoluogo e a Pianella) costituiti da materiali con ampia distribuzione granulometrica, con percentuali piuttosto elevate di materiali granulari (sabbie e limo) motivo per il quale i terreni analizzati presentano una suscettibilità alla liquefazione.

Nel contesto del presente lavoro, la valutazione relativa alla suscettibilità alla liquefazione è puramente qualitativa ed in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani

attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi dovrà comunque essere verificata la stabilità nei confronti della liquefazione secondo il paragrafo 7.11.3.4 delle NTC/18.

14. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

A completamento del lavoro della microzonazione sismica è stata redatta la carta della Pericolosità Sismica locale (Tav. MS.8), al fine di evidenziare le aree maggiormente critiche.

In particolare ricadono in Pericolosità sismica locale elevata le aree di fondovalle, nelle quali sono presenti depositi alluvionali recenti e attuali come nella frazione di Pianella e in parte nell'area del capoluogo di Gaiole, e le aree soggette ad instabilità di versante quiescente.

Ricade in Pericolosità sismica locale molto elevata una limitata porzione interessata da movimento franoso di tipo attivo ubicata ad Est della frazione Monti.

Pericolosità Sismica Locale

-  PS1 - Pericolosità Sismica Locale Bassa
-  PS2 - Pericolosità Sismica Locale Media
-  PS3 - Pericolosità Sismica Locale Elevata
-  PS4 - Pericolosità Sismica Locale Molto Elevata

Arezzo, aprile 2024

ProGeo Engineering:

Dott. Geol. *Massimiliano Rossi*

Dott. Geol. *Fabio Poggi*

Collaboratori:

Dott. Geol. *Gabriele Menchetti*

Dott. Geol. *Andrea Martini*

Dott. Geol. *Renzo Falaschi*

Dott. Geol. *Fausto Capacci*

15. BIBLIOGRAFIA:

- Bartoloni C., Bernini M., Carloni G.C., Castaldini P., Costantini A., Federici P.R., Francavilla F., Gasperi G., Lazzaretto G., Mozzanti A., Papani G., Pranzini G., Rau A., Sandrelli P. & Vercesi P.L., 1982 – Carta Neotettonica dell’Appennino Settentrionale. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 101: 523-549.
- Biondi G. & Maugeri M. – A modified Newmark type-analysis according to EC-8 requirements for seismic stability analysis of natural slope. University of Catania Italy.
- Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzaretto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G. & Postpischl D., (1985) – Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines. *Tectonophysics*; 117, 7–38.
- Boccaletti M., Cerrina Feroni A., Martinelli P., Moratti G., Plesi G. & Sani F. (1991) – L’alternanza distensione compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell’Appennino Settentrionale. *Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1991/1*, 187-192.
- Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Interpretazioni controverse del profilo CROP03: stato dell’arte e considerazioni per un’ipotesi alternativa. In: A. Brogi, M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l’interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena.*, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra, 75-80.
- Brozzetti F., Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Una nuova interpretazione del profilo CROP03 nel tratto Castiglion Fiorentino-M. Castellaccio: vincoli da dati geologici di superficie di recente acquisizione. In: A. Brogi,
- Carmigiani L. & Kligfield R. (1990) - *Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex*, *Tectonics*, IX, 1275-1303.
- Brune, J.N. 1970. *Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes*. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, N. 26, pp. 4997-5009.
- Collettini C., Barchi M., Paeselli C., Federico C. and Piali G., 2000, *Seismic expression of active extensional fault in northern Umbria (Central Italy)*. *Journal of Geodynamics* 29 (2000): 309-321.
- Guidoboni E. e G. Ferrari (1995). *Historical cities and earthquakes: Florence during the last nine centuries and evaluations of seismic hazard*. *Annali di Geofisica*, vol. 38, n.5-6, pp. 617-647.
- Gruppo di lavoro MS, 2008 -*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica -Conferenza delle Regioni e delle Province autonome -Dipartimento della Protezione civile Roma*, 3 vol. e cd-rom.
- Martini I.P., Sagri M. (1993) – *Tectono – Sedimentary characteristics of Late Miocene – Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. *Earth Science Reviews*, 34, 197 – 233.
- Matini P., Sagri M., Coltella A. (2001) – *Neogene-Quaternary basin of the inner Apennine and Calabrian arc*. In.
- G.B. Vai and I.P. Martini (eds.), “*Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basin*”. *Kluw Accad. Pubbl. London*, 375-400.
- McGuire R.K. 2001. *Deterministic vs. probabilistic earthquake hazards and risks*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 377-384.
- Newmark N.M. 1965. *Effects of earthquakes on dams and embankments*. *Géotechnique*, 15, 139-160

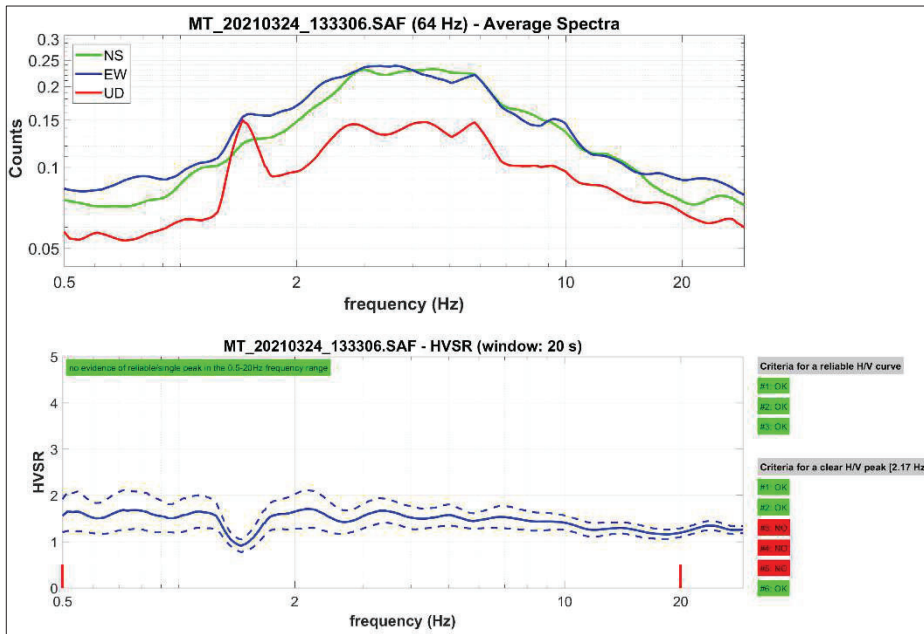
- Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) -Tyrrenian basin and Apenninic arc: kinematic relation since Late Tortonian time. *Memorie Società Geologica Italiana* 45, 425-451. Principi G. e Treves B. (1984) – *Interpretazione attualistica del Sistema Corso-Appenninico. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino. Memorie Società Geologica Italiana*; 28, 549-576. Valensise G. and Pantosti D., (Eds.), 2001 – *Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy.*
- SGA [ed] (2007). *Viaggio nelle aree sismiche: Liguria basso Piemonte, Toscana, Emilia Romagna, coste e Appennino, dal I secolo a.C. al 2000. Guida monografica a cura della società SGA (Storia Geofisica Ambiente) Bologna, 496 pp.*
- Vannucci G., P. Gasperini and M. Boccaletti (2004). *Database e Carta della zonazione sismica dell'area urbana di Firenze: Valutazione del rischio per i beni artistici e culturali. CNR-Progetto Finalizzato "Beni culturali", Sottoprogetto 1, Tema 1.2, Linea 1.2.3.*

ALLEGATO DELLE INDAGINI E DATI DI BASE



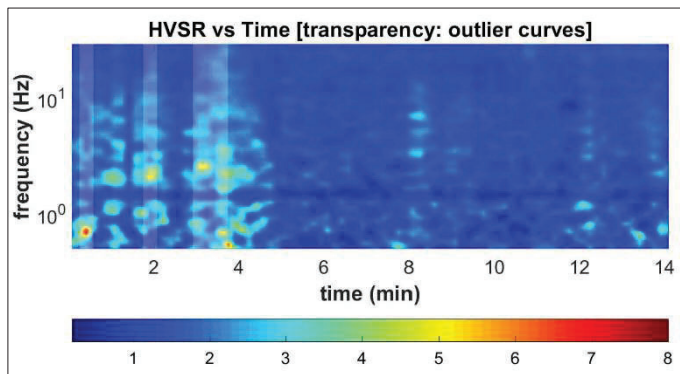
TAVOLA 1

HVSR

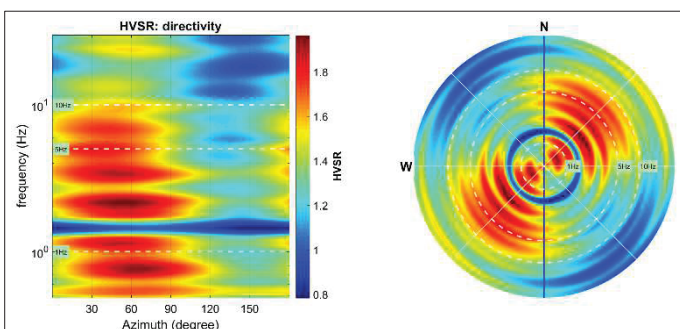


Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)

Rapporto spettrale H/V

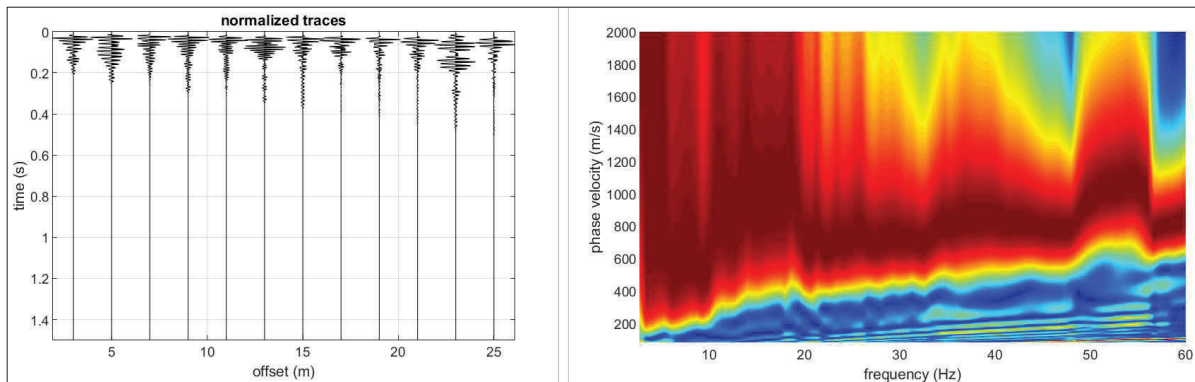


Persistenza del segnale

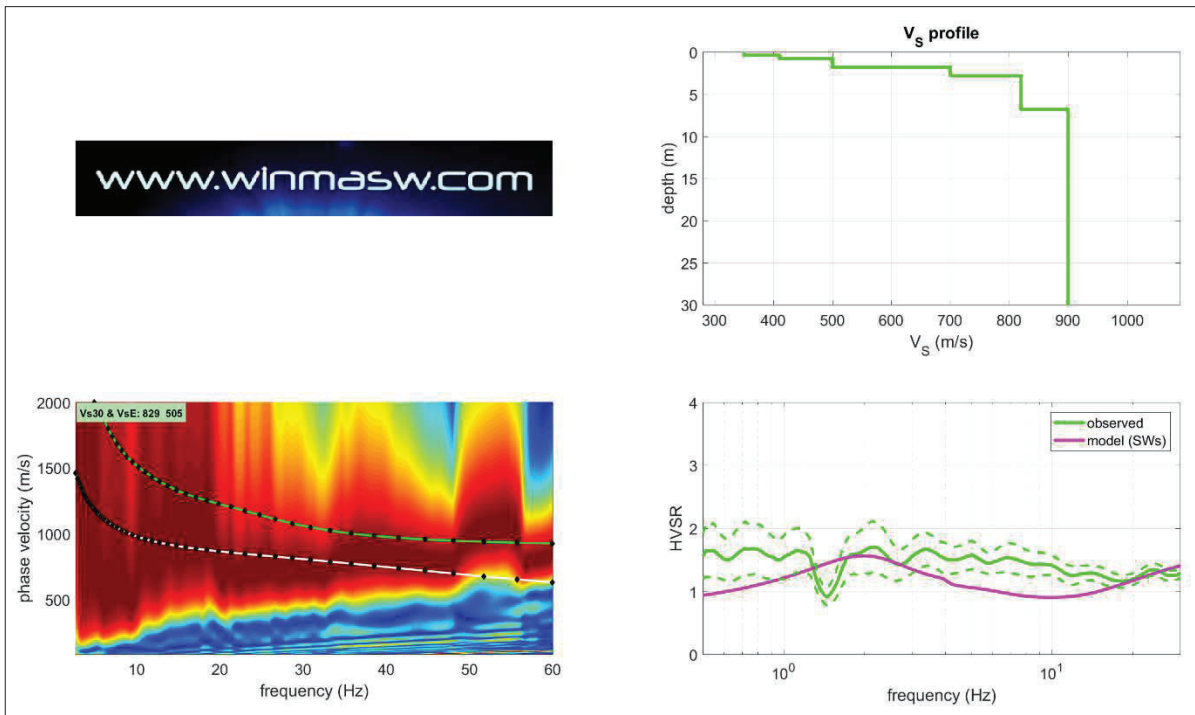


Direttività

TAVOLA 2



Componente di Love - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi congiunta di dati MASW-HVSR.

In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione.

In basso a sinistra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Love);

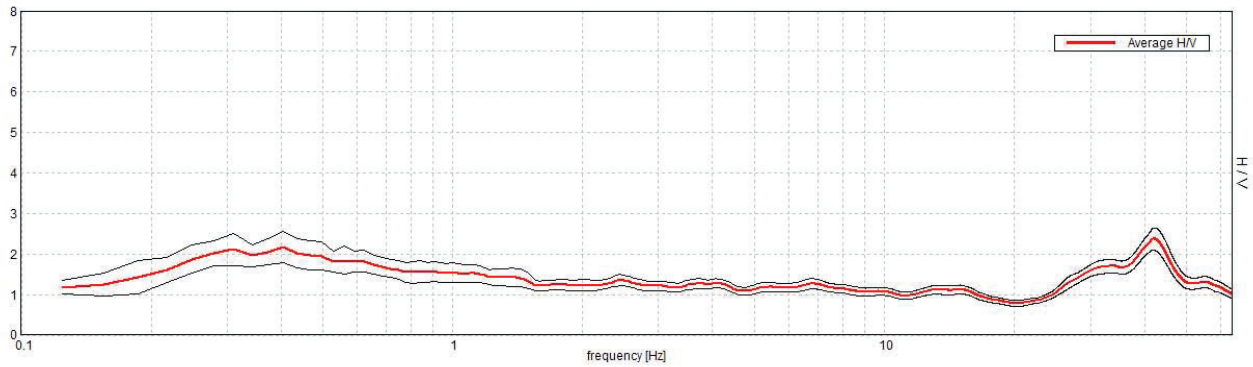
In basso a destra: Risultati dell'analisi congiunta MASW – HVSR a partire dal modello di V_s utilizzato per la dispersione delle onde di superficie, secondo la formulazione basata sulle onde di superficie (Albarello & Lunedei, 2009). La curva magenta ottenuta dalla modellazione approssima quella misurata empiricamente (curva verde).

Strumento: TRZ-0135/01-11
 Formato dati: 16 byte
 Fondo scala [mV]: n.a.
 Inizio registrazione: 24/11/01 12:10:13 Fine registrazione: 24/11/01 12:30:13
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

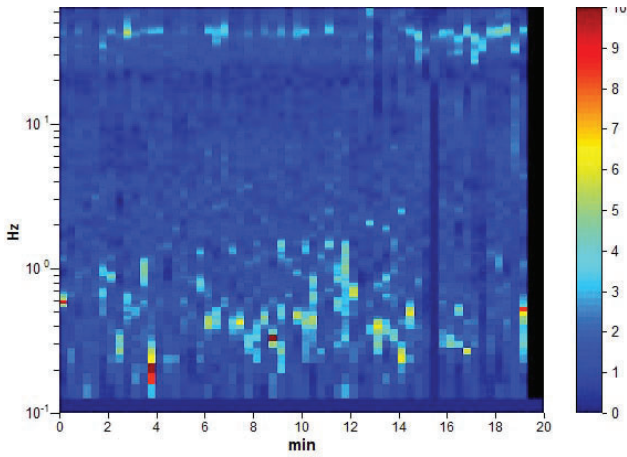
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

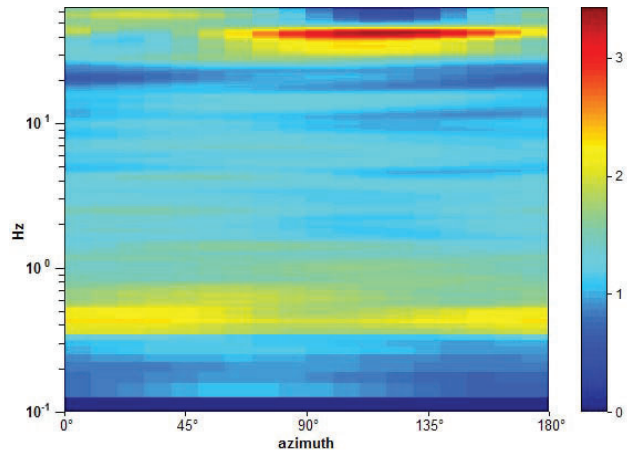
Max. H/V at 41.88 ± 24.51 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



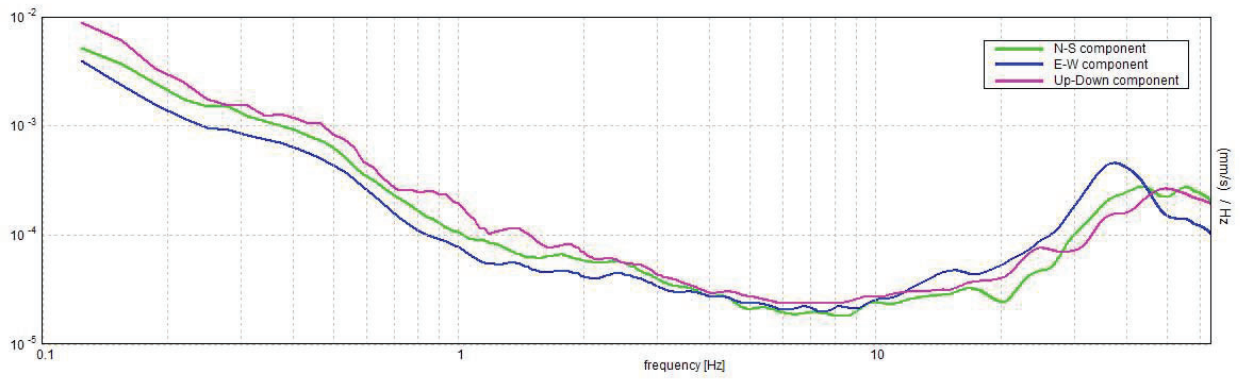
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 41.88 ± 24.51 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

| | | | |
|--|--------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $41.88 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $50250.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 1379 | OK | |

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

| | | | |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 25.875 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 59.531 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.38 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.58537 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $24.5123 < 2.09375$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.2684 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

HVSR

| | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|
| DATE | 09.11.2015 | HOUR | | PLACE | |
| OPERATOR | Geologica Toscana - Prospezioni Geofisiche S.n.c. | | GPS TYPE and # | | |
| GAUSS-BOAGA LATITUDE | 4816427 | GAUSS-BOAGA LONGITUDE | 1697463 | ALTITUDE 468 m slm | |
| STATION TYPE | PASI 16SG24-N | | SENSOR TYPE | | SENSHE 3D - 4,5 Hz |
| STATION # | | | SENSOR.# | | DISK # |
| FILE NAME | | | | emphv1_saf.saf | |
| POINT # | | | | | |
| GAIN | SAMPL. FREQ | | 500 Hz | REC. DURATION 27 min 18,4 sec | |
| | | | | minutes | seconds |
| WEATHER | WIND | | <input checked="" type="checkbox"/> none | <input type="checkbox"/> weak (5m/s) | <input type="checkbox"/> medium |
| | | | | <input type="checkbox"/> strong | Measurement (if any): _____ |
| CONDITIONS | RAIN | | <input checked="" type="checkbox"/> none | <input type="checkbox"/> weak | <input type="checkbox"/> medium |
| | | | | <input type="checkbox"/> strong | Measurement (if any): _____ |
| | | Temperature (approx): _____ Remarks _____ | | | |
| GROUND | <input checked="" type="checkbox"/> earth (<input type="checkbox"/> hard <input checked="" type="checkbox"/> soft) | | <input type="checkbox"/> gravel | <input type="checkbox"/> sand | <input type="checkbox"/> rock |
| | | | | <input type="checkbox"/> grass | = (<input type="checkbox"/> short <input type="checkbox"/> tall) |
| TYPE | <input type="checkbox"/> asphalt | | <input type="checkbox"/> cement | <input type="checkbox"/> concrete | <input type="checkbox"/> paved |
| | | | | <input type="checkbox"/> other | _____ |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> dry soil | | <input type="checkbox"/> wet soil | Remarks _____ |
| ARTIFICIAL GROUND-SENSOR COUPLING <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type <u>Infissione</u> | | | | | |
| BUILDING DENSITY <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> scattered <input type="checkbox"/> dense <input type="checkbox"/> other, type _____ | | | | | |
| TRANSIENTS | none | few | moderate | many | very dense |
| | distance | | | | |
| cars | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| trucks | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| pedestrians | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| other | | | | | |
| MONOCHROMATIC NOISE SOURCES (factories, works, pumps, rivers...) <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> yes, type _____ | | | | | |
| NEARBY STRUCTURES (trees, poles, buildings, bridges, underground structures...) (description, height, distance) | | | | | |
| OBSERVATIONS | | | | FREQUENCY: _____ Hz (if computed in the field) | |

Qualità della misura:

Durata: rispettata
 Stazionarietà: non rispettata
 Isotropia: non rispettata
 Assenza di disturbi: rispettata
 Plausibilità fisica: rispettata
 Robustezza statistica: rispettata

MISURA TIPO B1**HVSR**Peak frequency (Hz): 15.1 (± 6.2)Peak HVSR value: 2.7 (± 0.9)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [$f_0 > 10/Lw$]: $15.077 > 1$ (OK)
- #2. [$n_c > 200$]: $38296 > 200$ (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f^- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f^-) < A_0/2$]: yes, at frequency 3.8Hz (OK)
- #2. [exists f^+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f^+) < A_0/2$]: (NO)
- #3. [$A_0 > 2$]: $2.7 > 2$ (OK)
- #4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)
- #5. [$\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$]: $6.221 > 0.754$ (NO)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.942 < 1.58$ (OK)

fig. 3

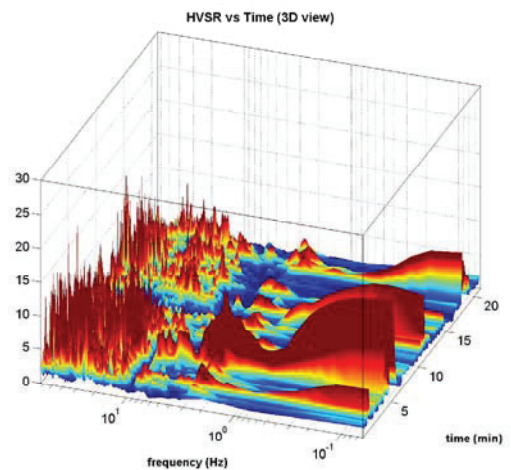
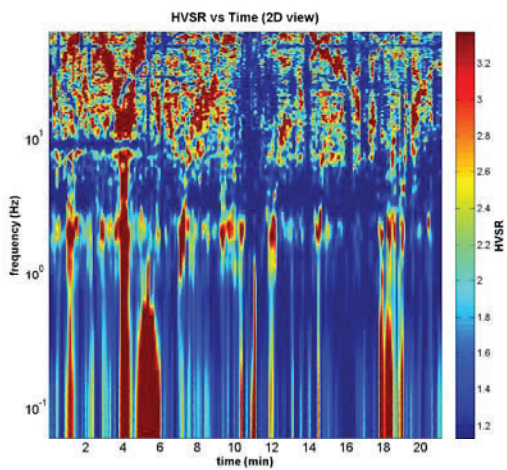
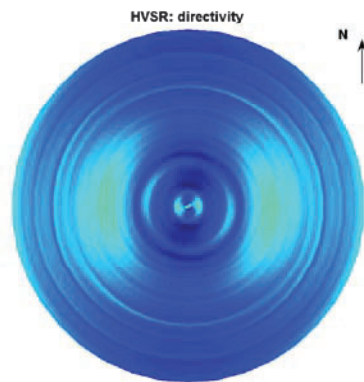
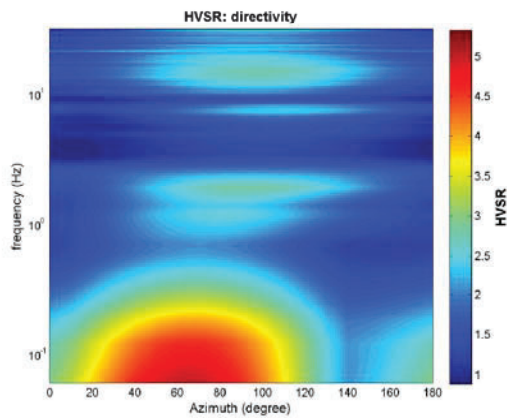
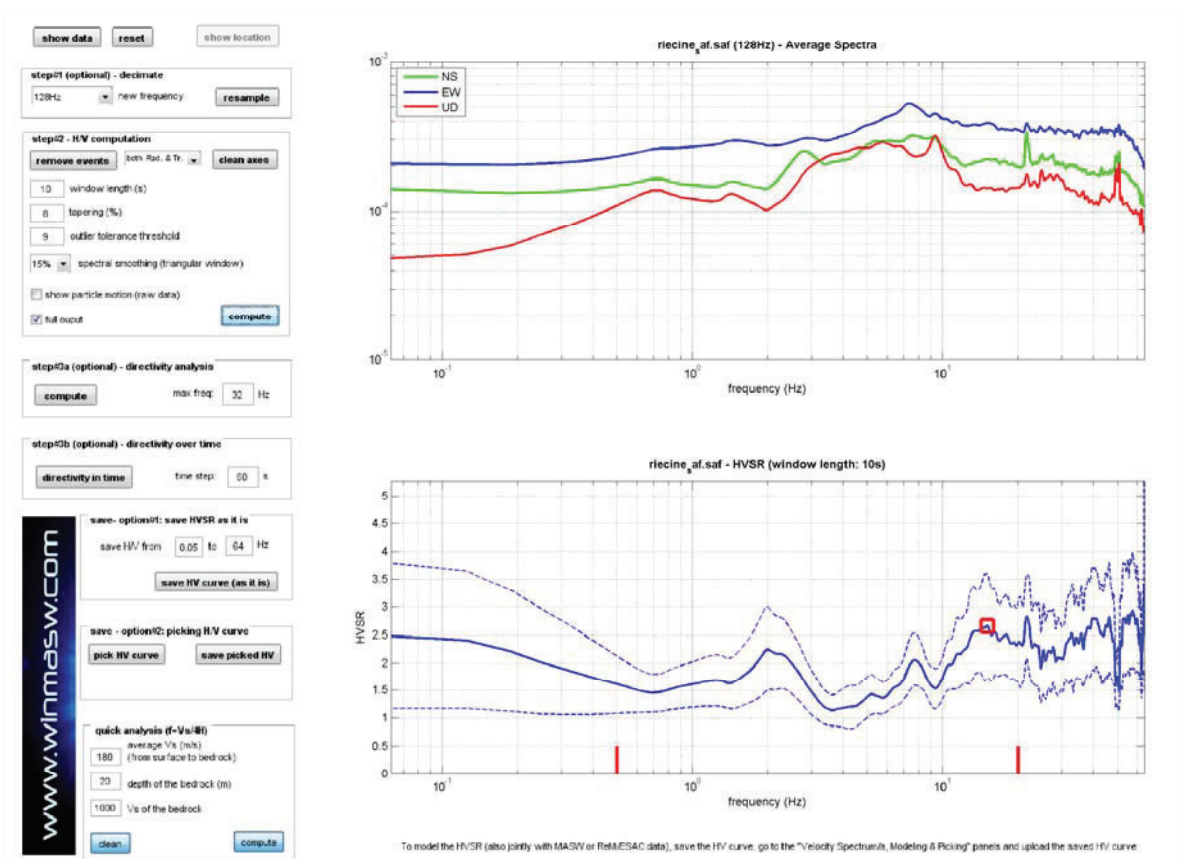
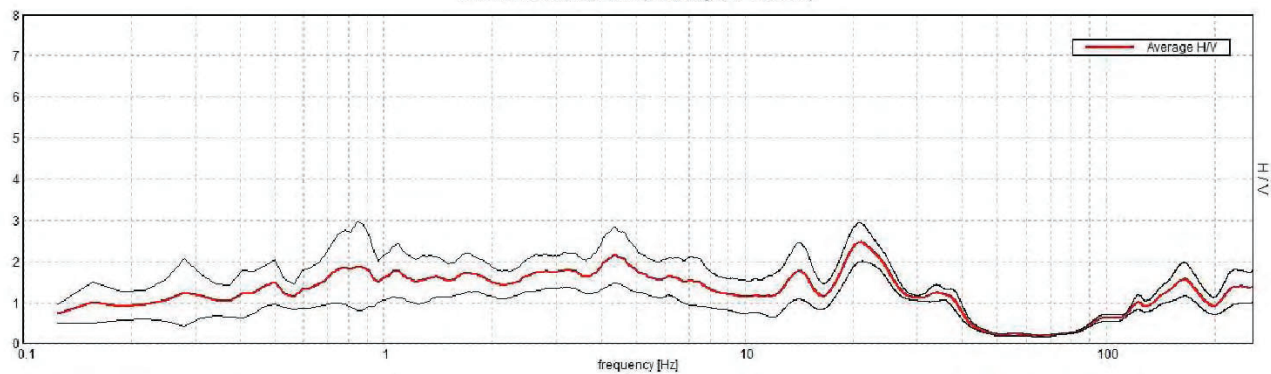


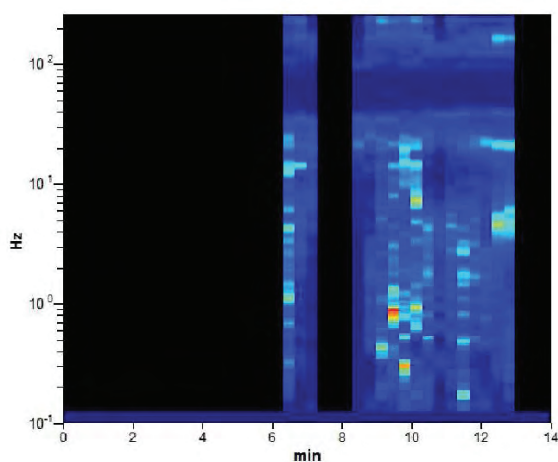
fig. 4

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

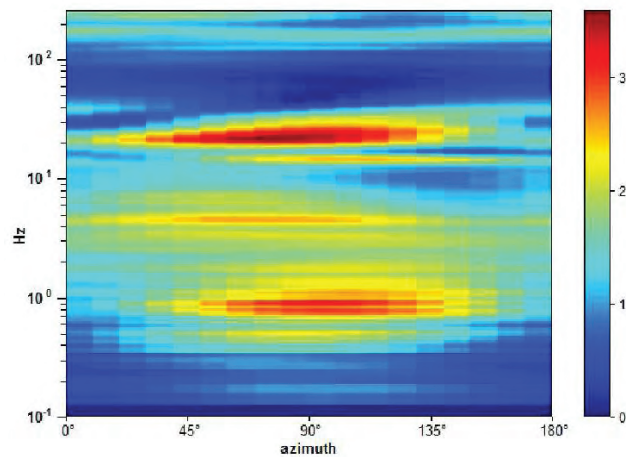
Max. H/V at 20.88 ± 8.44 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



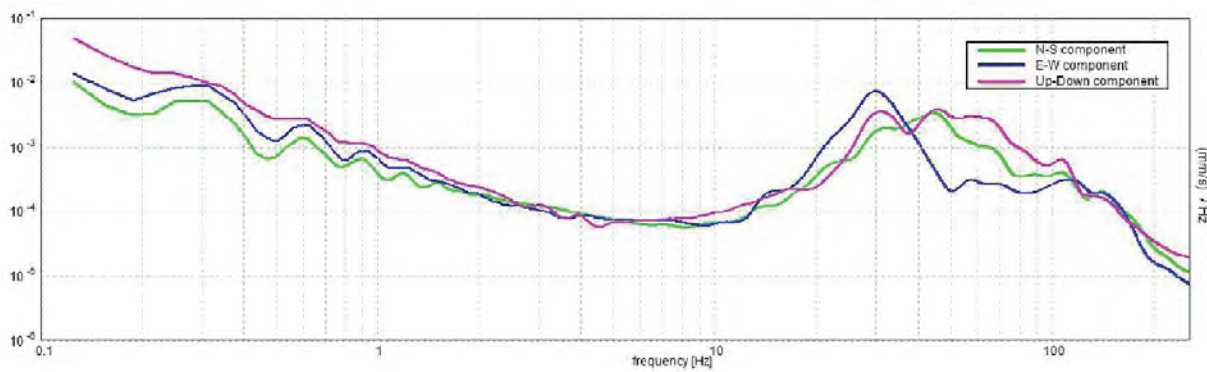
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente.**]

Picco H/V a 20.88 ± 8.44 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

| | | | |
|--|--------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $20.88 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $7097.5 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 1003 | OK | |

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

| | | | |
|--|---------------------|----|----|
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 17.0 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 27.531 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.47 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.40441 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $8.44214 < 1.04375$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.4668 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

CONSIDERAZIONI FINALI SUL RISCHIO SISMICO

Velocità equivalente = 459 m/s

Bedrock sismico a 9 metri.

CLASSE B

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO

8. CONSIDERAZIONI GENERALI IN CONDIZIONI SISMICHE

Il Comune di Gaiole in Chianti, in base alla delibera GRT n.421 del 26/05/2014 che ha aggiornato la classificazione sismica regionale, è stato inserito nella zona sismica 3 (per la consultazione della mappa vedi <http://www.regione.toscana.it/-/classificazione-sismica-della-toscana>).

L'aggiornamento della delibera ha reso coerente la classificazione sismica regionale con i criteri nazionali di stima della pericolosità sismica (O.P.C.M. 3519/2006, NTC 2008 e

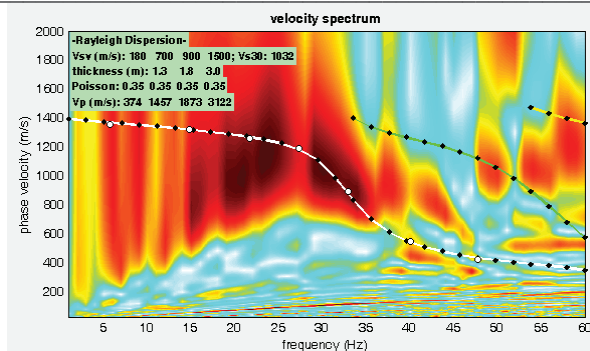


Figura 6 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 7).

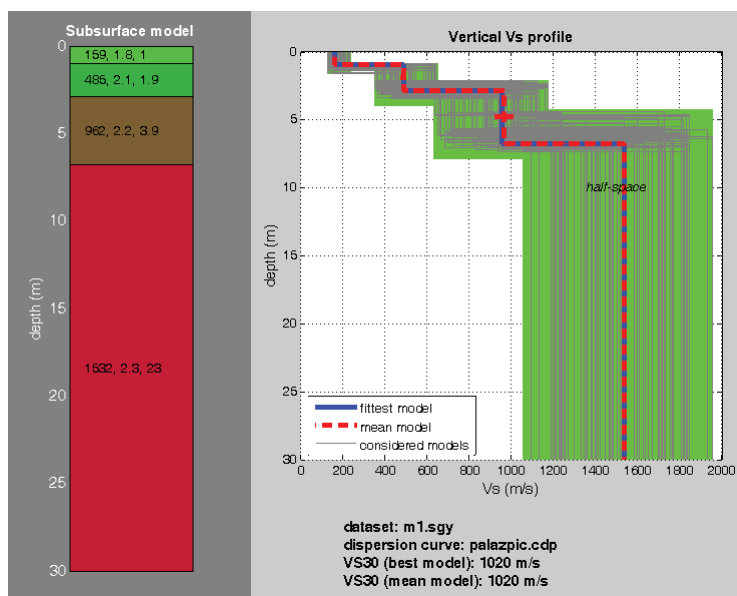


Figura 7 – Andamento della velocità Vs con la profondità

2.4 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 8 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura nei due punti di indagine.

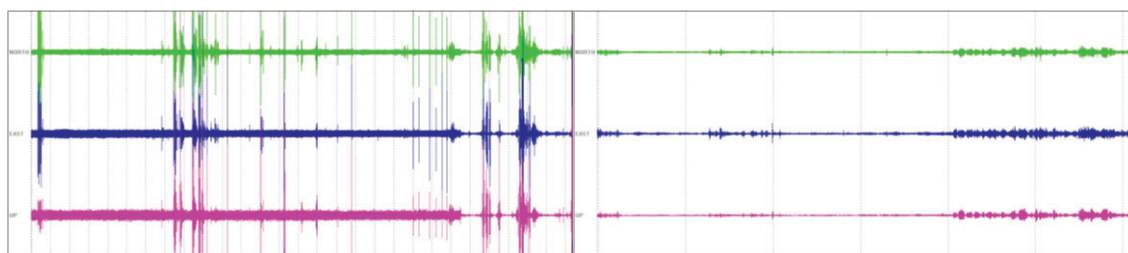


Fig. 8 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nel punto di misura

Da segnale misurato è possibile per ogni componente ottenere lo spettro di risposta frequenza contro velocità su frequenza sintetizzato per le tre componenti nella figura 9

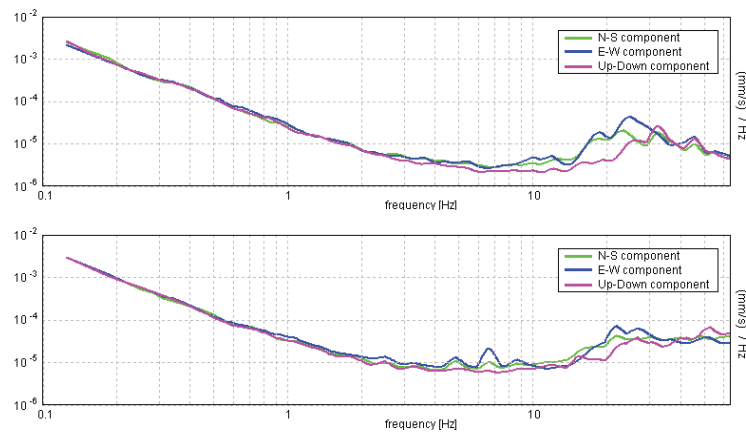


Fig. 9 - Andamento degli spettri $f-v/f$ nelle tre componenti nel punto di misura.

Dall'analisi degli spettri è possibile ottenere per le varie frequenze il rapporto H/V che indica la presenza di fenomeni di risonanza (figura 10).

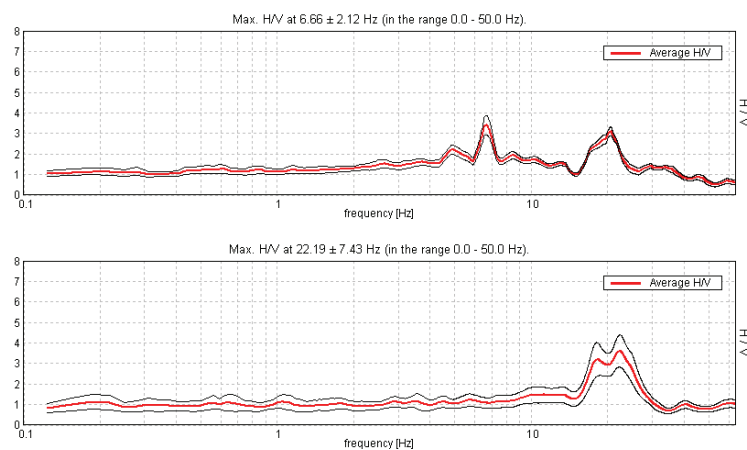


Fig. 10 - Andamento del rapporto H/V alle varie frequenze nel punto di misura.

In letteratura si ritengono significativi picchi con ampiezza maggiore di 2. Dall'analisi dei dati relativi nell'area in esame appare che nell'intervallo di frequenze di normale interesse per le strutture compreso tra 0.2 e 20 Hz è presente un picco con frequenza 18 Hz. e ampiezza 3.2.

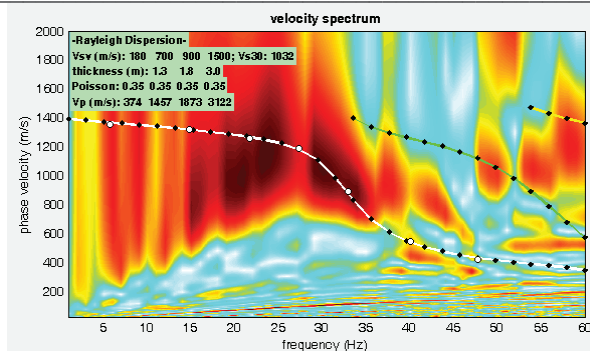


Figura 6 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 7).

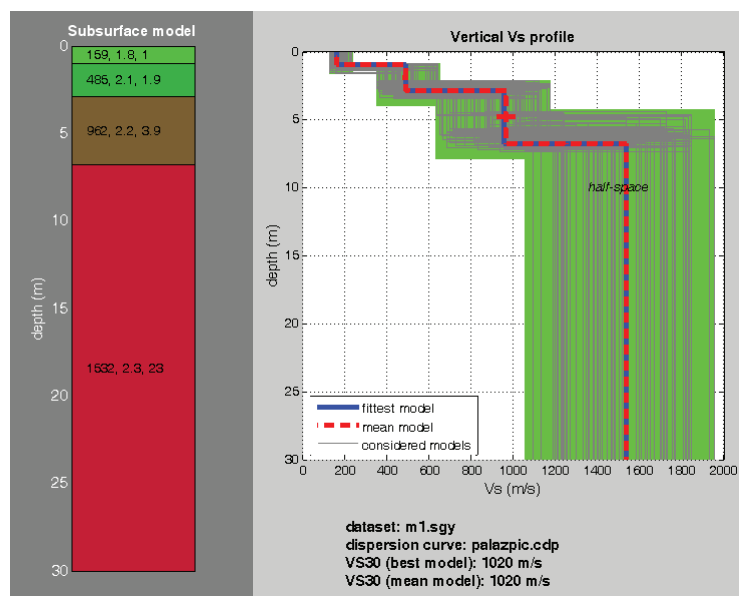


Figura 7 – Andamento della velocità Vs con la profondità

2.4 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 8 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura nei due punti di indagine.

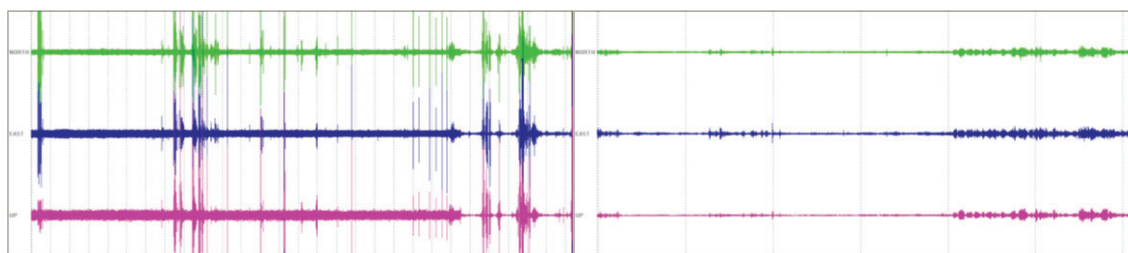


Fig. 8 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nel punto di misura

Da segnale misurato è possibile per ogni componente ottenere lo spettro di risposta frequenza contro velocità su frequenza sintetizzato per le tre componenti nella figura 9

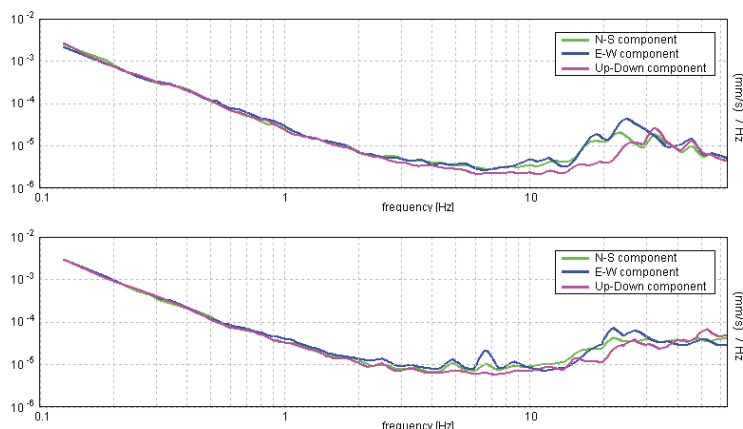


Fig. 9 - Andamento degli spettri $f-v/f$ nelle tre componenti nel punto di misura.

Dall'analisi degli spettri è possibile ottenere per le varie frequenze il rapporto H/V che indica la presenza di fenomeni di risonanza (figura 10).

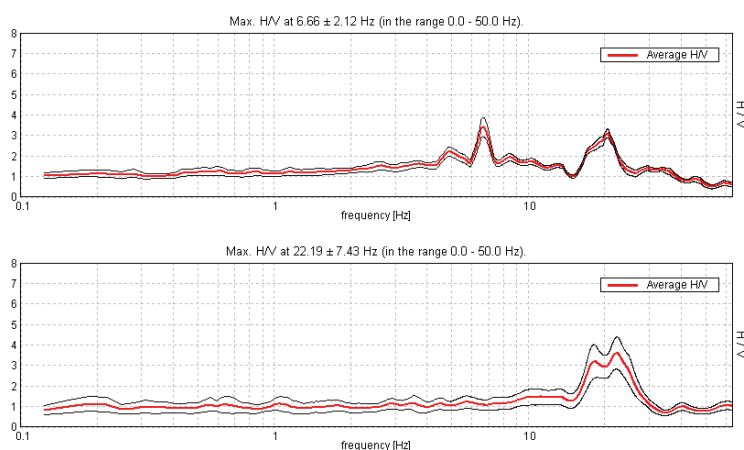


Fig. 10 - Andamento del rapporto H/V alle varie frequenze nel punto di misura.

In letteratura si ritengono significativi picchi con ampiezza maggiore di 2. Dall'analisi dei dati relativi nell'area in esame appare che nell'intervallo di frequenze di normale interesse per le strutture compreso tra 0.2 e 20 Hz è presente un picco con frequenza 18 Hz. e ampiezza 3.2.

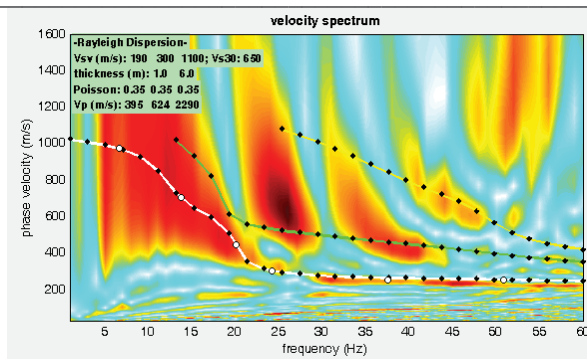


Figura 6 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 7).

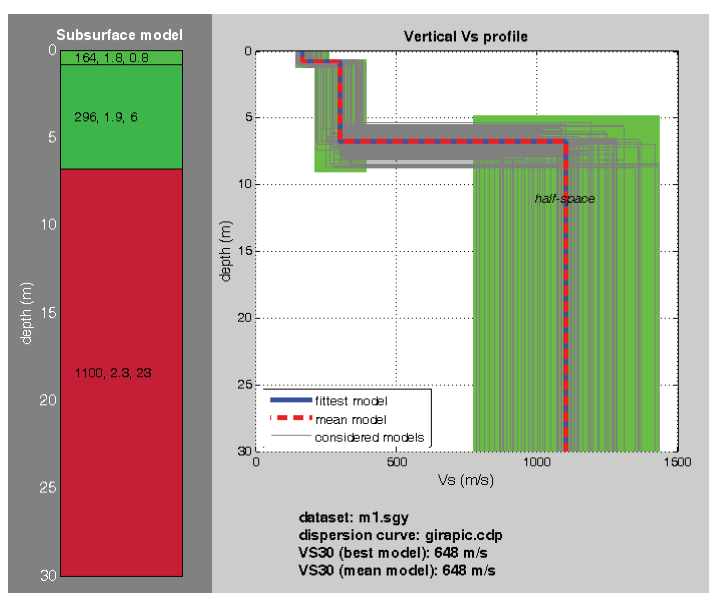


Figura 7 – Andamento della velocità Vs con la profondità

2.4 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 8 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura nei due punti di indagine.

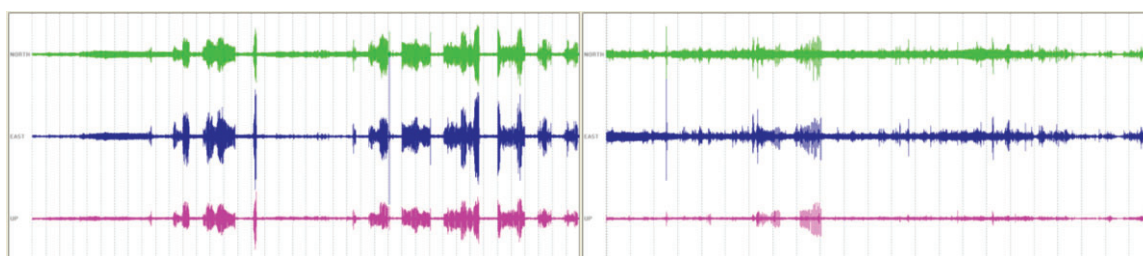


Fig. 8 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nei punti di misura

Da segnale misurato è possibile per ogni componente ottenere lo spettro di risposta frequenza contro velocità su frequenza sintetizzato per le tre componenti nella figura 9

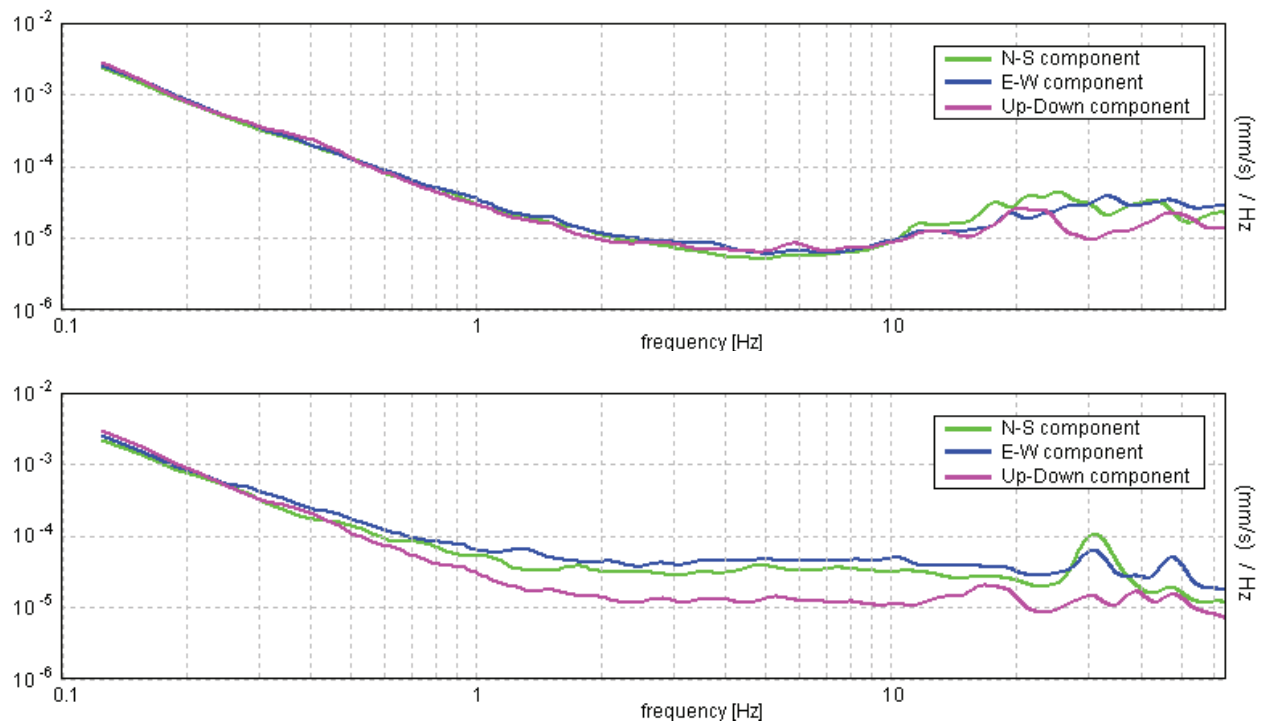


Fig. 9 - Andamento degli spettri $f-v/f$ nelle tre componenti nel punto di misura.

Dall'analisi degli spettri è possibile ottenere per le varie frequenze il rapporto H/V che indica la presenza di fenomeni di risonanza (figura 10).

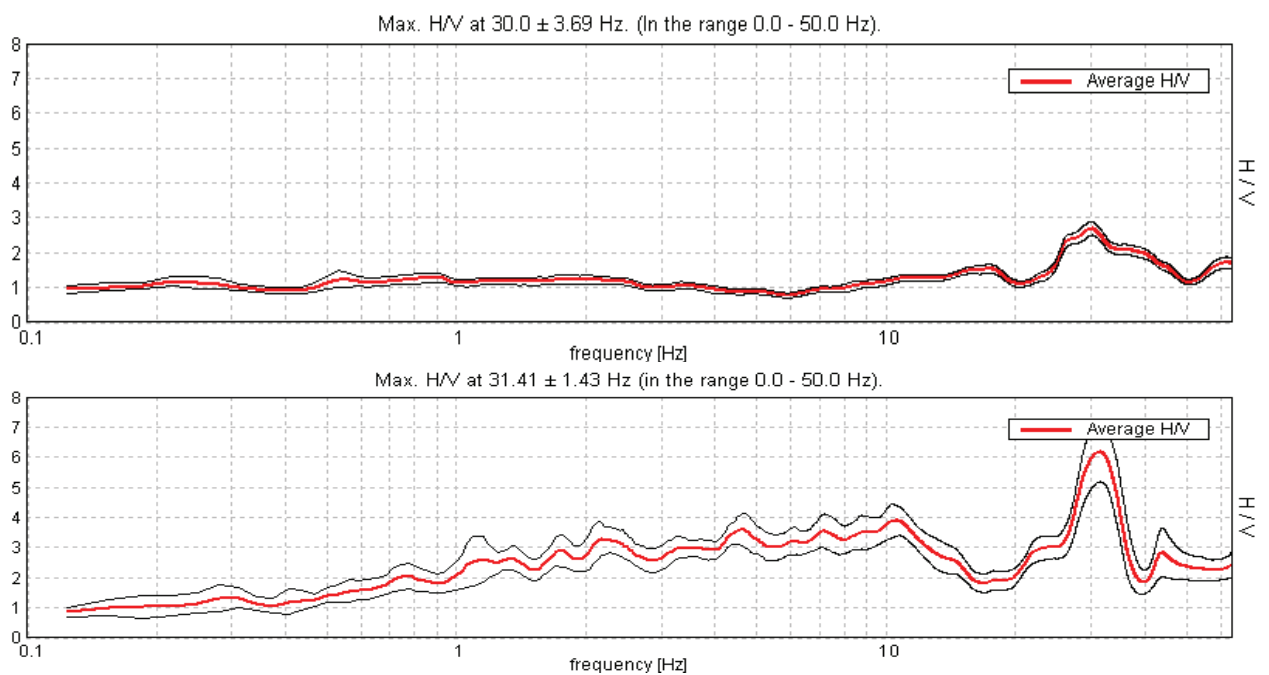


Fig. 10 - Andamento del rapporto H/V alle varie frequenze nel punto di misura.

In letteratura si ritengono significativi picchi con ampiezza maggiore di 2. Dall'analisi dei dati relativi nell'area in esame appare che nell'intervallo di frequenze di normale interesse per le strutture compreso tra 0.2 e 20 Hz è presente nella misura 2 un picco con frequenza 10.32 Hz. e ampiezza 3.88, La misura 2 è risultata non di ottima qualità per la presenza di un forte vento che rende difficoltosa la sua interpretazione.

punto 3, che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico.

Installazione di un apposito numero di piezometri per l'individuazione della profondità della falda acquifera se presente.

Data la previsione di volumi interrati importanti e modifiche al profilo del piano campagna mediante terrazzamenti, dovranno essere eseguite apposite verifiche di stabilità globale del pendio e dei fronti di scavo.

Aspetti idraulici

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici, quanto previsto è attuabile e non sussistono limitazioni di carattere idraulico; tutte le opere non devono comunque determinare aggravii di pericolosità.

Tutela degli acquiferi:

L'area è ricadente in classe di sensibilità 3 per la quale il PTCP2010 non prevede nessun vincolo.

9 INDAGINE SISMICA

Con riferimento alle prescrizioni di cui al D.P.G.R. del 09.07.2009 n. 36/R che disciplina le modalità di svolgimento delle indagini geognostiche e sismiche per le opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico è stata effettuata un'indagine sismica che comprende l'esecuzione di una prova in foro down-hole ed un rilievo tromometrico ubicati come riportato nella tavola allegata.

9.1 DOWN-HOLE

Il rapporto riferisce le risultanze ottenute da un'indagine geofisica finalizzata a fornire il valore V_{s30} utile per la classificazione del terreno nelle varie categorie di suolo come prescritto dalla nuova normativa antisismica. Lo scopo è di ricostruire, sulla base delle caratteristiche fisiche, i rapporti geometrici dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area indagata e di determinare i moduli elastici dinamici in sito dei terreni mediante la misura della velocità sismica. Per ottenere tali risultati è stata realizzata 1 una prova Down-Hole su di un foro di sondaggio appositamente attrezzato per definire la successione sismica stratigrafica in modo diretto e quindi calcolare il valore V_{s30} su tali risultati. E' stato eseguito anche un rilievo tromometrico. Nella presente relazione sono descritte, secondo un criterio essenzialmente geofisico, le modalità d'esecuzione della fase di acquisizione dei dati sperimentali e le metodologie interpretative dei dati geofisici.

9.1.1 Generalità

La prova down-hole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante due ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

9.1.2 Sorgenti e strumentazioni

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle

estremità opposte da un a mazza da 10 kg, in grado di generare onde SH di notevole contenuto energetico, uniformi sia nella direzione di propagazione sia nella polarizzazione (+ e -) e, di contro, con una generazione di onde P trascurabile.

È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della traversina con il terreno, in accordo con le disposizioni del Prof. P. Signanini e delle Istruzioni Tecniche aggiornate: in particolare è stato riportato sopra la massicciata costituita da ghiaietto uno strato di terreno limoso-sabbioso di circa 20 cm, dove è stata posta la trave.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dai fori di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m (per la misura precisa veder lo schema di acquisizione di ciascun sondaggio). Il sistema di ricezione è costituito da una coppia di geofoni tridimensionali rigidamente collegati tra loro da una barra in p.v.c. (distanza intergeofonica = 1.00 m) dotata di uno smorzatore intermedio in gomma in modo da evitare qualsiasi interazione sismica tra i due sensori.

L'accoppiamento del sistema con le pareti del foro è garantito da 4 stantuffi pneumatici comandati dall'esterno, con pressione regolabile fino a 10 atm.

9.1.3 Interpretazione sismogrammi ed estrapolazione della dromocrona

I sismogrammi di campagna sono stati visualizzati direttamente in campagna tramite software Ambrogeo 7.0 della Ambrogeo. I files così ottenuti sono stati trattati tramite Winsim 10.1 e Windowhole della Wgeosoft, dove direttamente si è svolta la sommatoria delle tracce per avere un miglior controllo energetico.

Le tracce sono state riallineate metro per metro, così, per ogni profondità si è potuto visualizzare direttamente le 4 tracce registrate (S) in due battute o le due tracce in p.

Quindi, tramite un analisi visuale delle tracce si è proceduto a scegliere quella con le migliori doti di leggibilità e le altre sono state eliminate.

Si è ricavato quindi un sismogramma con una traccia per metro, e partendo da questo si è effettuato il picking scegliendo la finestra temporale più adeguata per ciascuna registrazione (100ms per le p, 400 ms per le S).

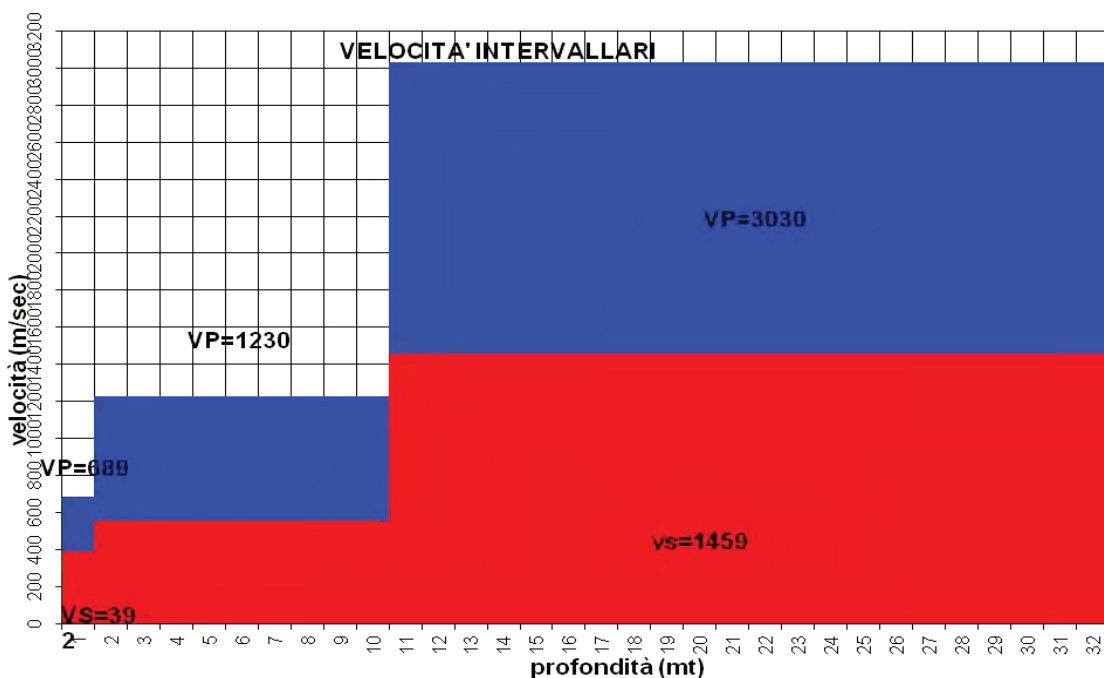
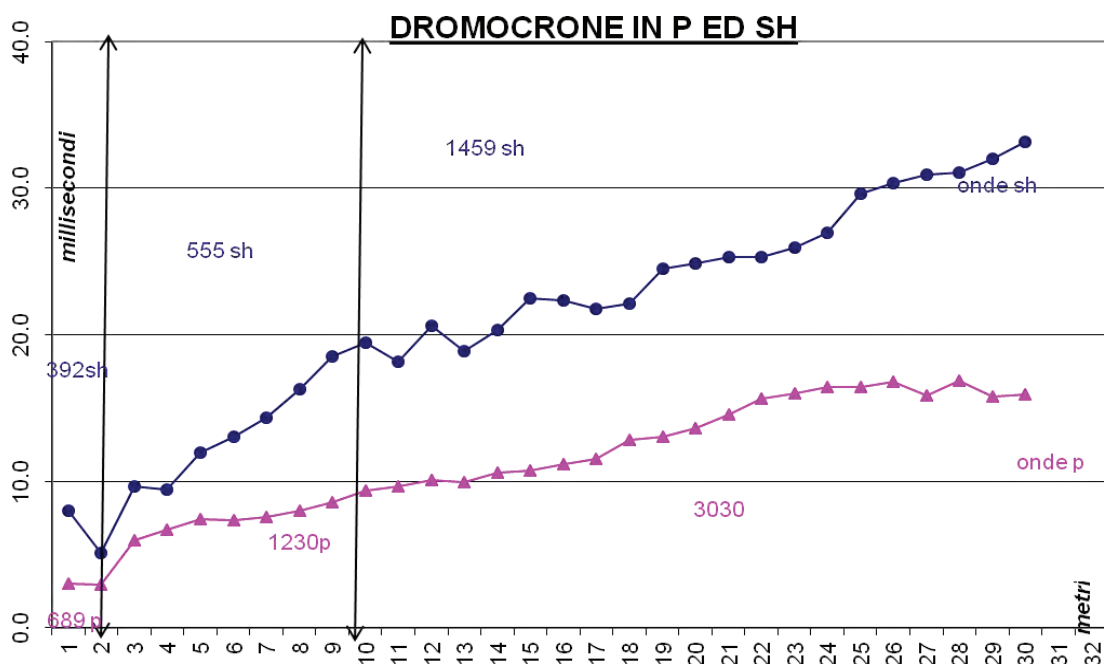
9.1.4 Risultati ottenuti e velocità Vs

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità.

In particolare per ogni tratto individuato è stata tracciata una retta di correlazione tramite foglio di lavoro open office.

Sono stati riconosciuti i seguenti sismostrati:

| Profondità (m) | Vs (m/s) | Vp (m/s) |
|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 0-2 | 392 | 689 |
| 2-10 | 555 | 1230 |
| 10-30 | 1459 | 3030 |



9.2 HVSR

- Tromino Micromed:



| | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Number of channels | 3+1 analog |
| Amplifiers | all channels with differential inputs |
| Noise | < 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling |
| Input impedance | 10^6 Ohm |
| Frequency range | DC - 360 Hz |
| Sampling frequency | 16384 Hz per channel |
| Oversampling frequency | 32x, 64x, 128x |
| A/D conversion | ≥ 24 bit equivalent |
| Max analog input | 51.2 mV (781 nV/digit) |

Rapporto H/V

Strumento: TRZ-0135/01-11

Formato dati: 16 byte

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/02/28

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV1

Address: Loc. Monti

Latitude: 4808941

Longitude: 1696248

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 400 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2024/02/28 10:08:41

Recording length: 21.17 min

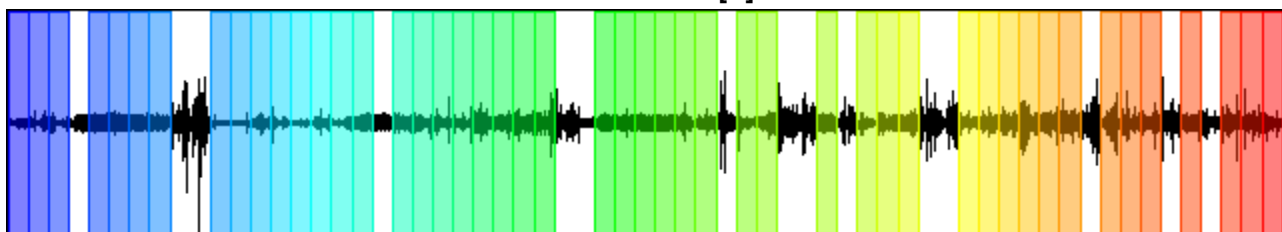
Windows count: 48

Average windows length: 20

Signal coverage: 75.59%

1062 Counts

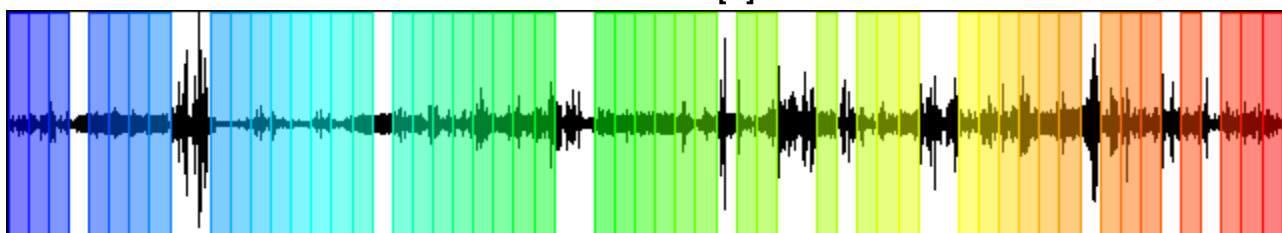
CHANNEL #1 [V]



-2206 Counts

2801 Counts

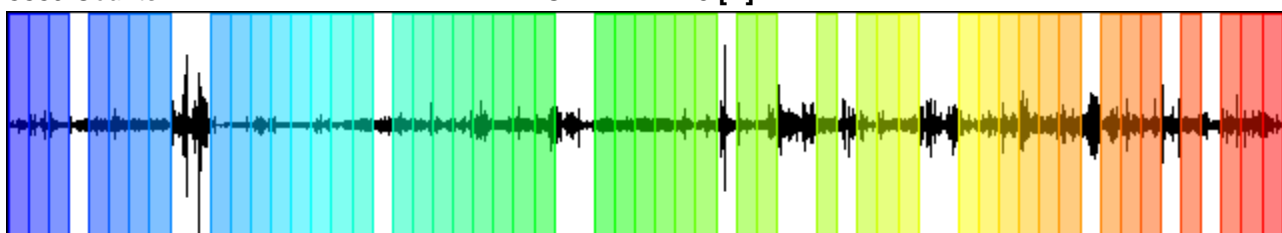
CHANNEL #2 [N]



-2583 Counts

3339 Counts

CHANNEL #3 [E]



-4701 Counts

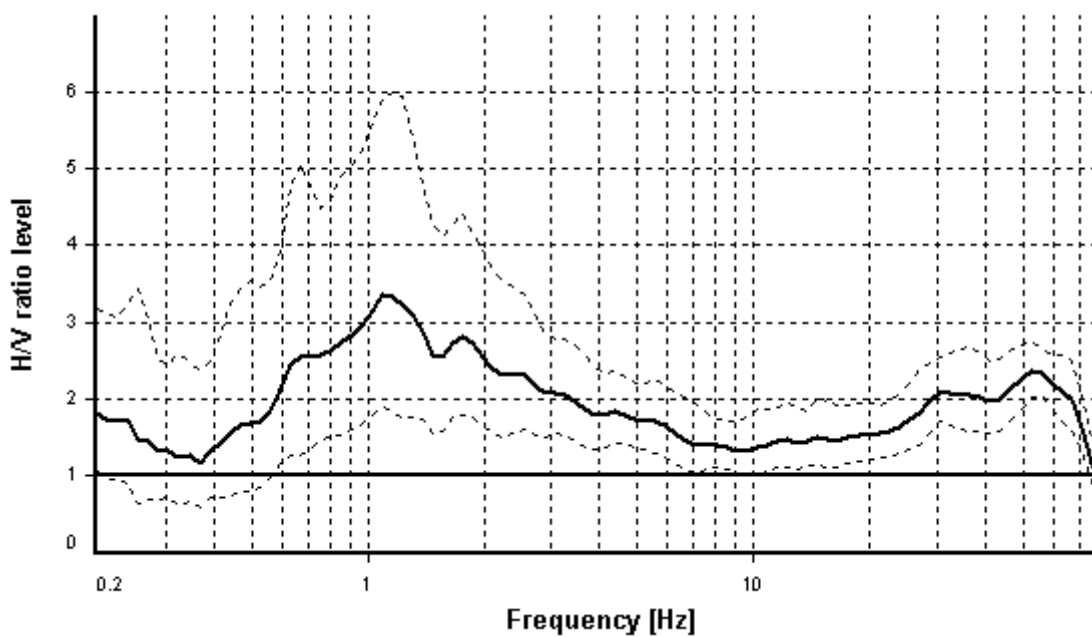
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

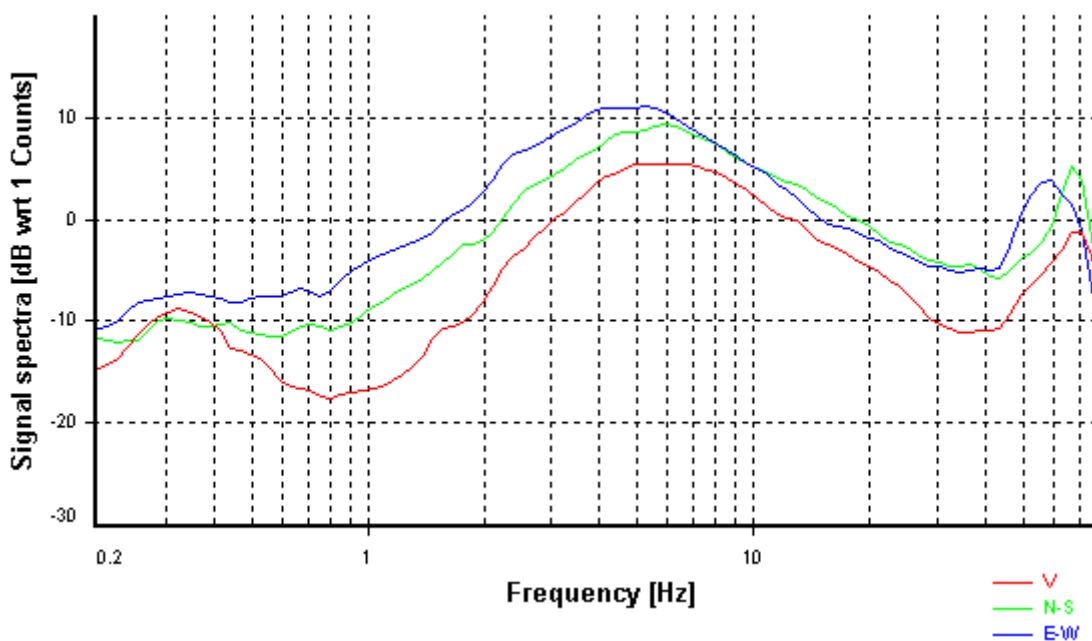
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

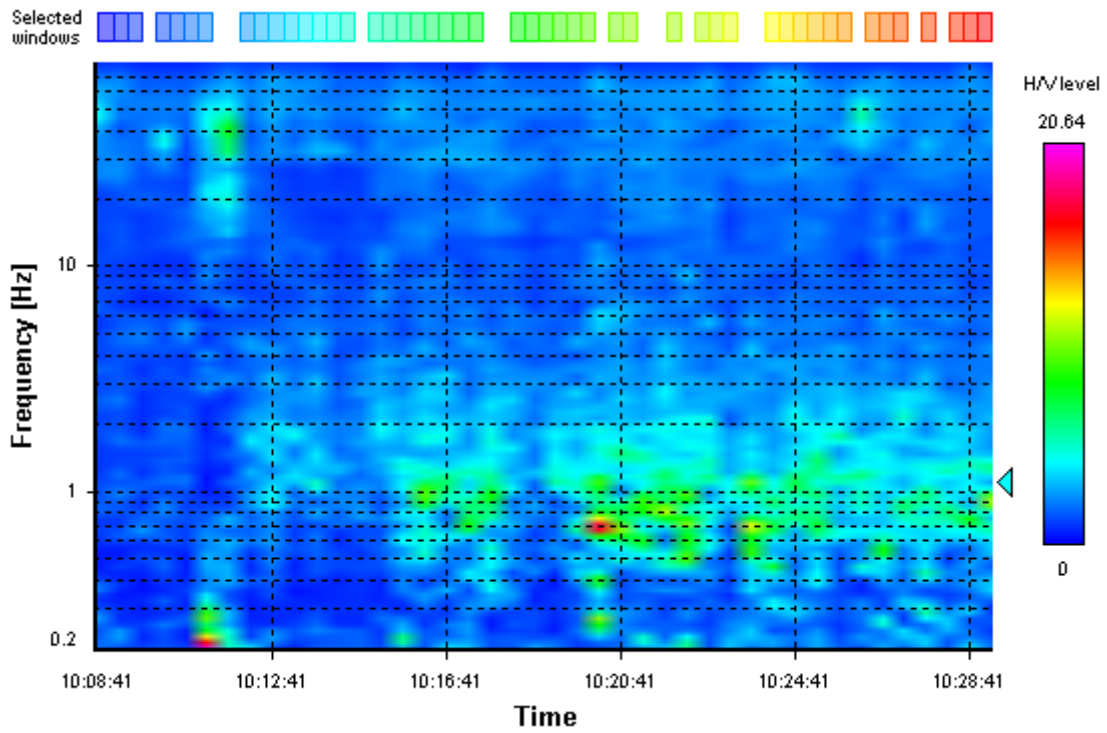
HVSR average



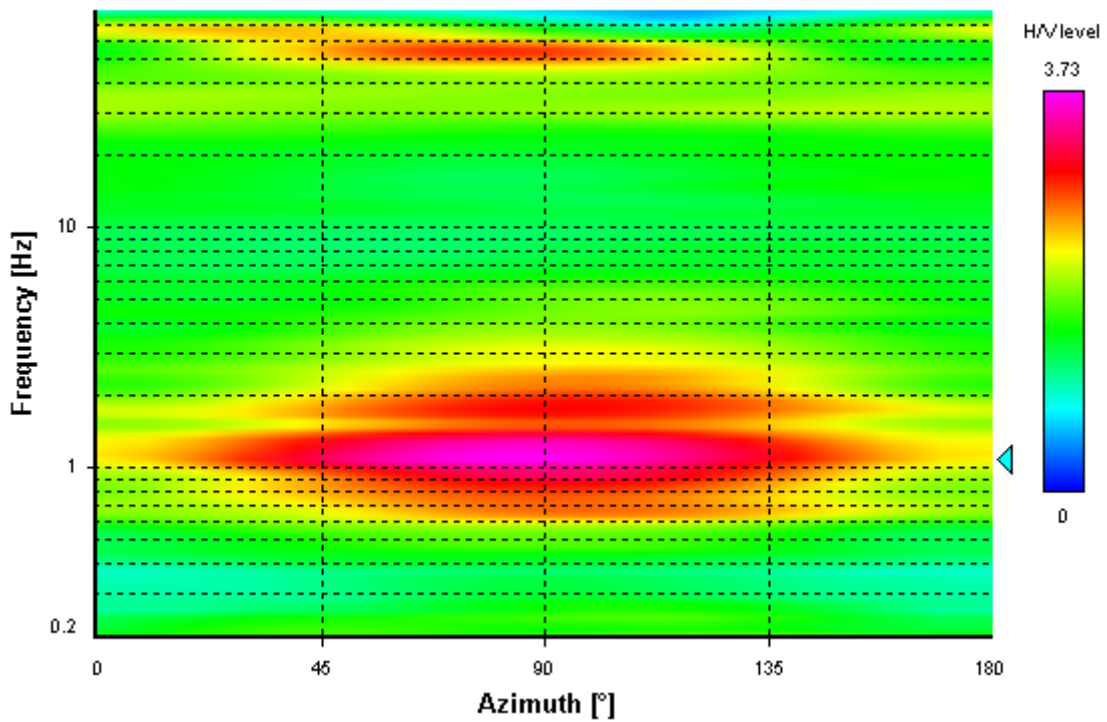
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



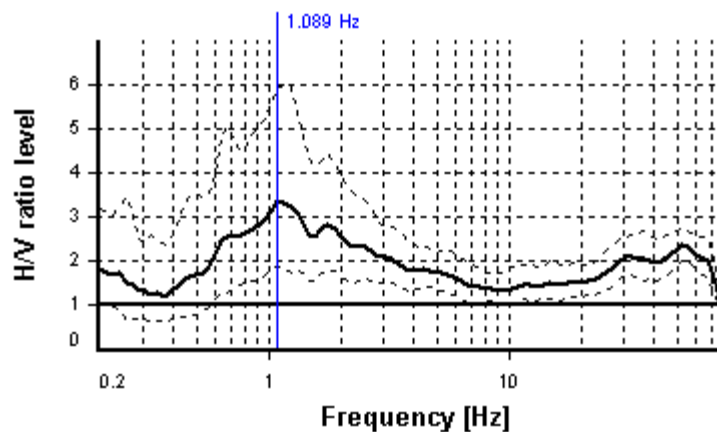
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.089 Hz

A_0 amplitude = 3.349

Average $f_0 = 1.080 \pm 0.212$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 48 valid windows (length > 9.18 s) out of 48 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 1045.29 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0.46666 Hz | OK |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $A_0 > 2$ | 3.35 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 6.24% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.21177 \geq 0.10888 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.76552 < 1.78 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/02/28

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV2

Address: Loc. Monti

Latitude: 4808166

Longitude: 1696354

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 372 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

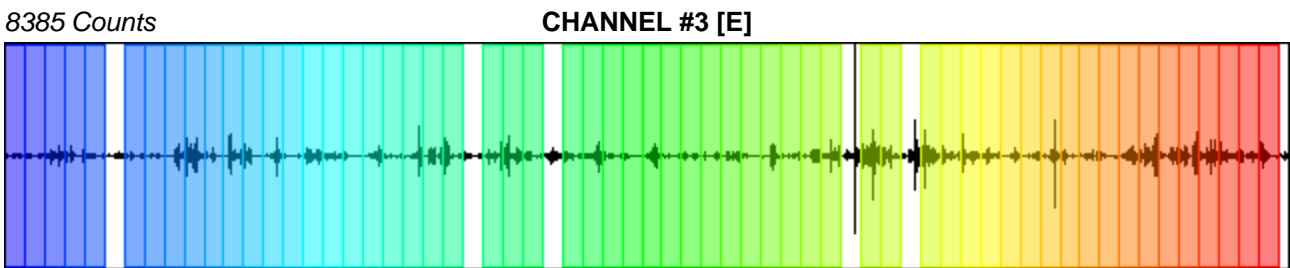
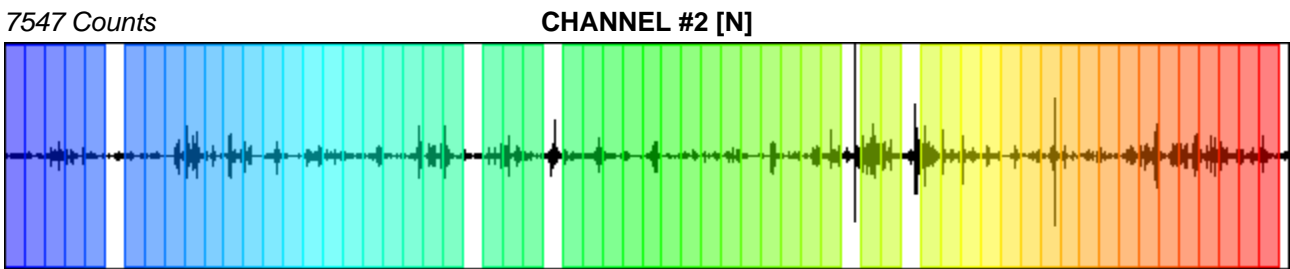
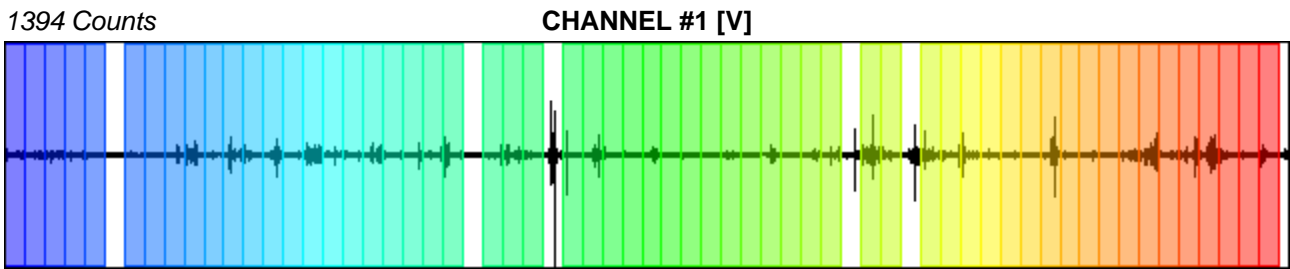
Recording start time: 2024/02/28 10:42:27

Recording length: 21.5 min

Windows count: 59

Average windows length: 20

Signal coverage: 91.47%



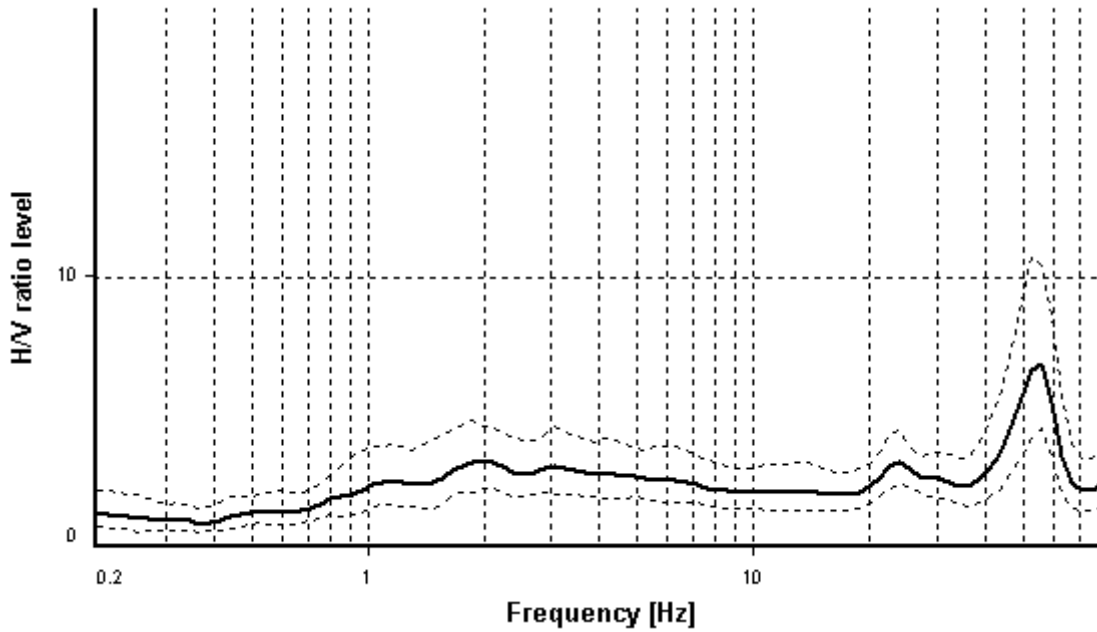
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

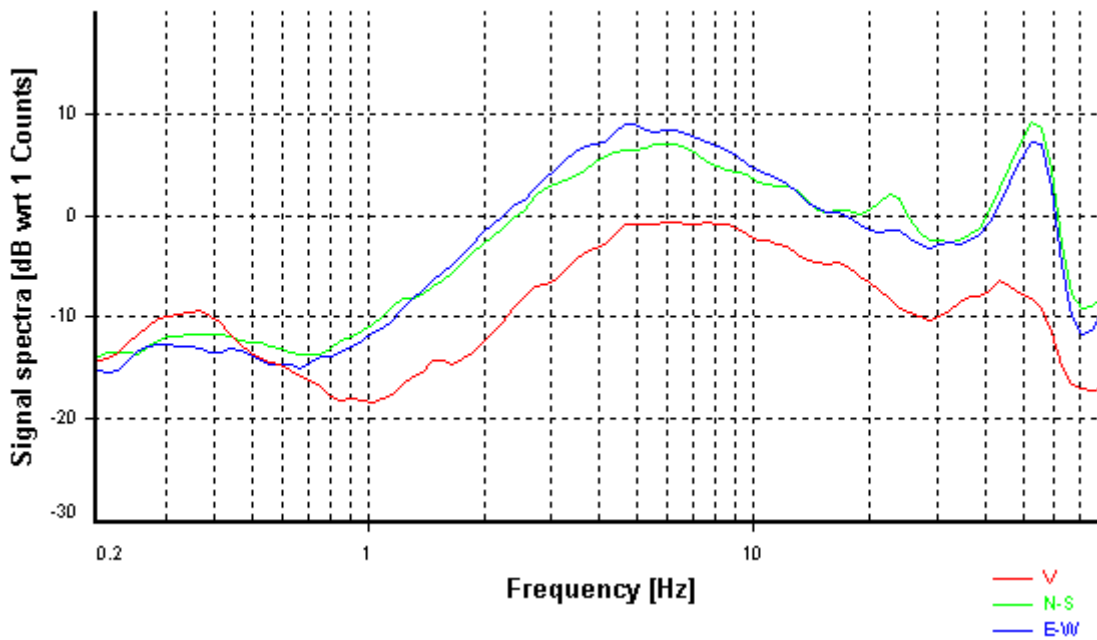
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

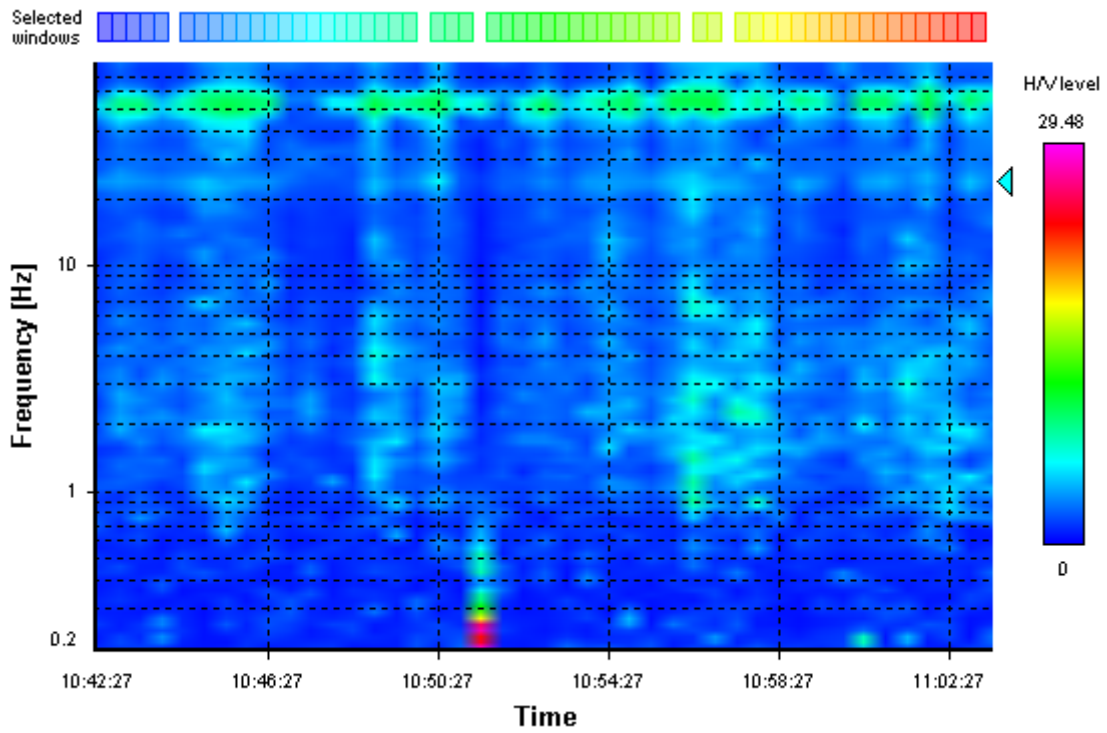
HVSR average



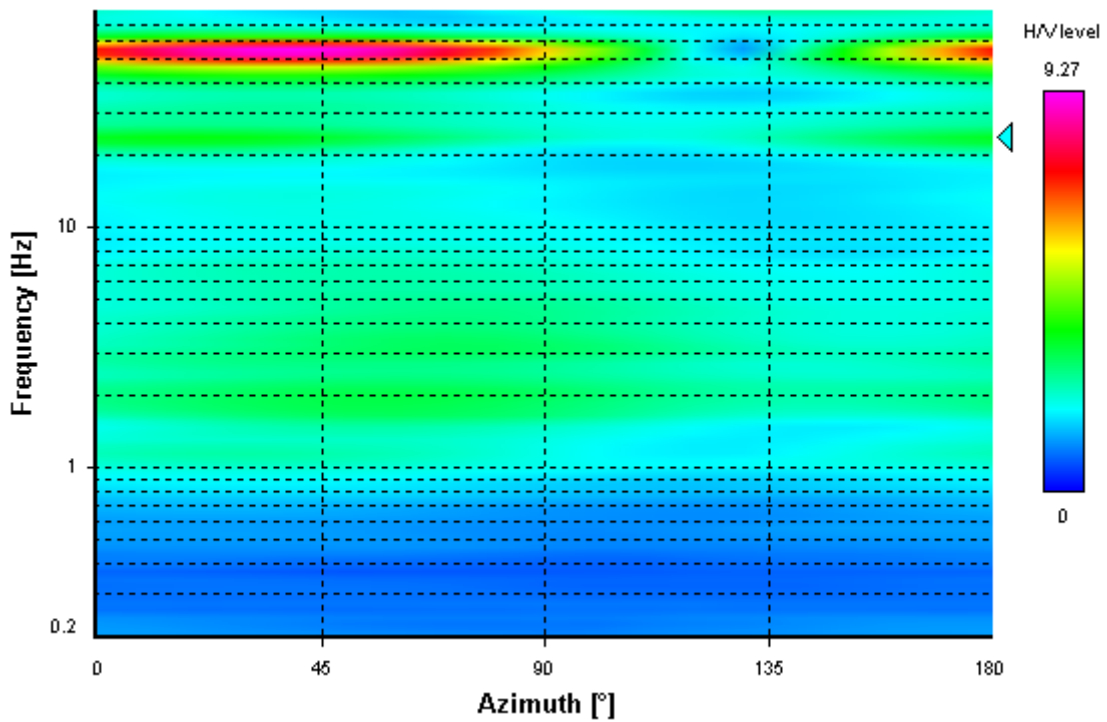
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



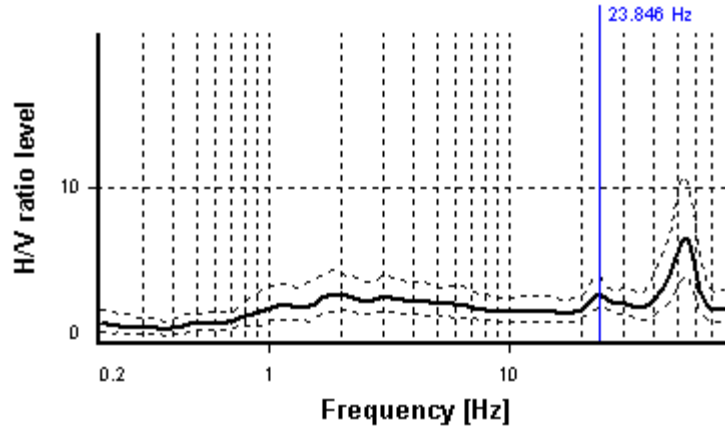
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

23.846 Hz

A_0 amplitude = 3.103

Average f_0 = 25.313 ± 3.213



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 59 valid windows (length > 0.42 s) out of 59 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 28138.65 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $A_0 > 2$ | 3.1 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0% ≤ 5% | OK |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 3.21277 ≥ 1.19232 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.37094 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/03/06

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV03

Address: Loc. Pianella

Latitude: 4804163

Longitude: 1696434

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 267 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: debole

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

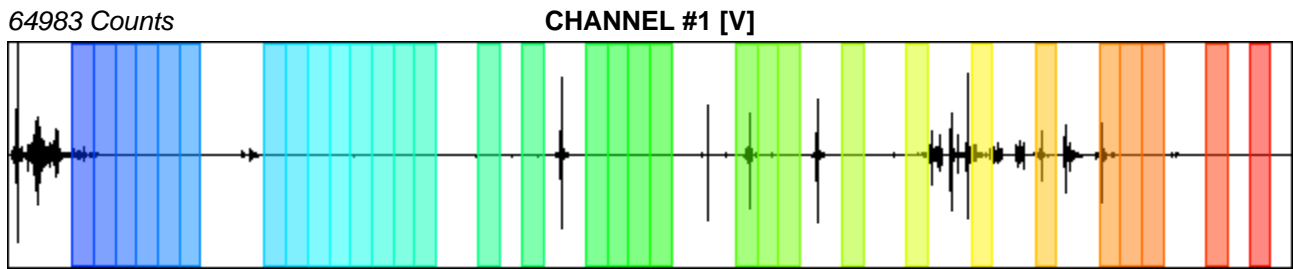
Recording start time: 2024/02/28 12:25:47

Recording length: 20 min

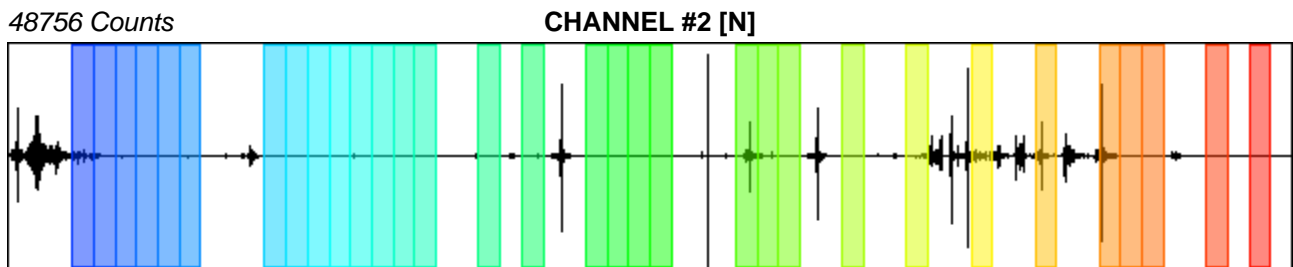
Windows count: 32

Average windows length: 20

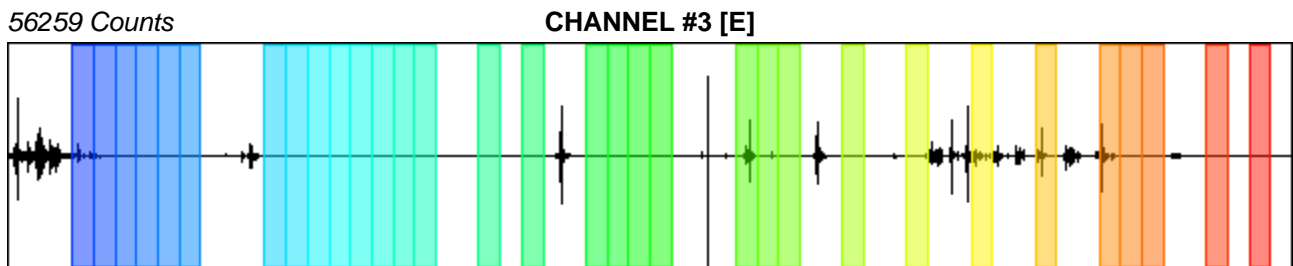
Signal coverage: 53.33%



-50661 Counts



-53202 Counts



-78974 Counts

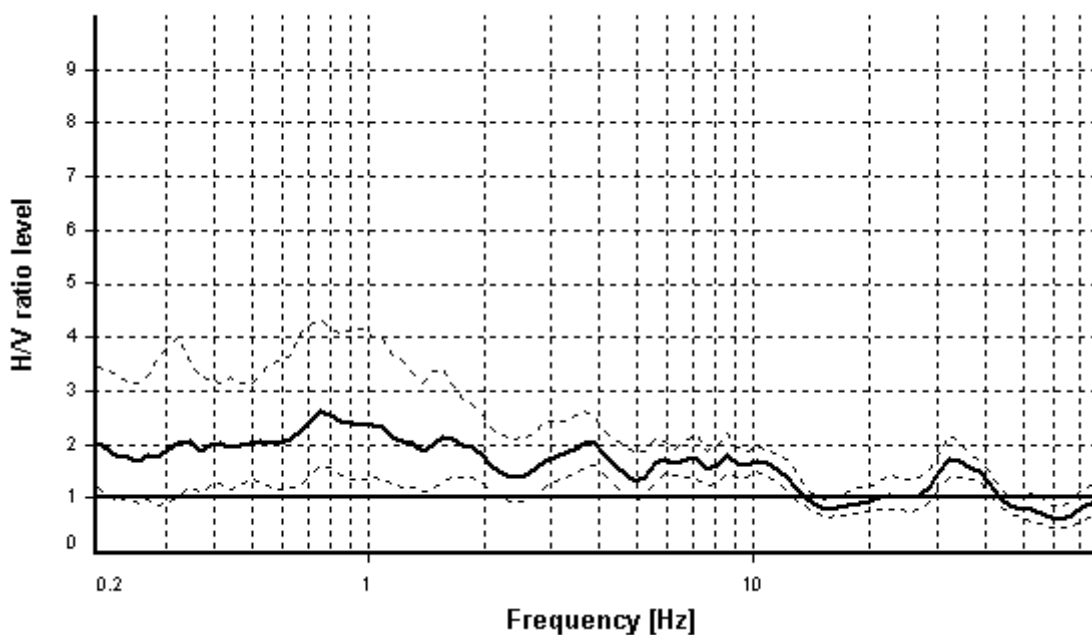
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

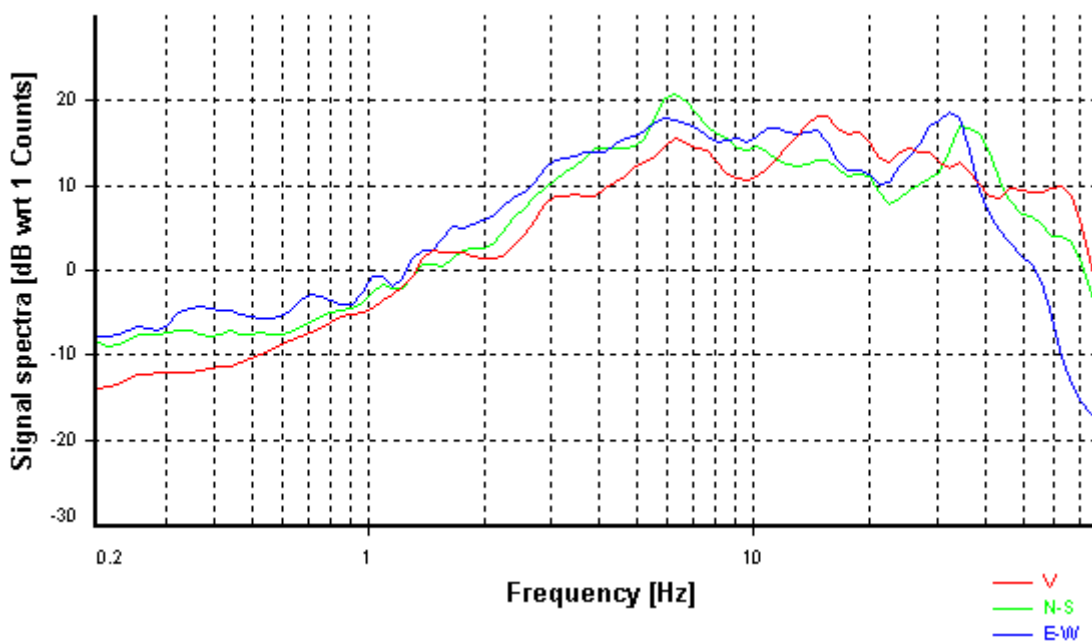
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

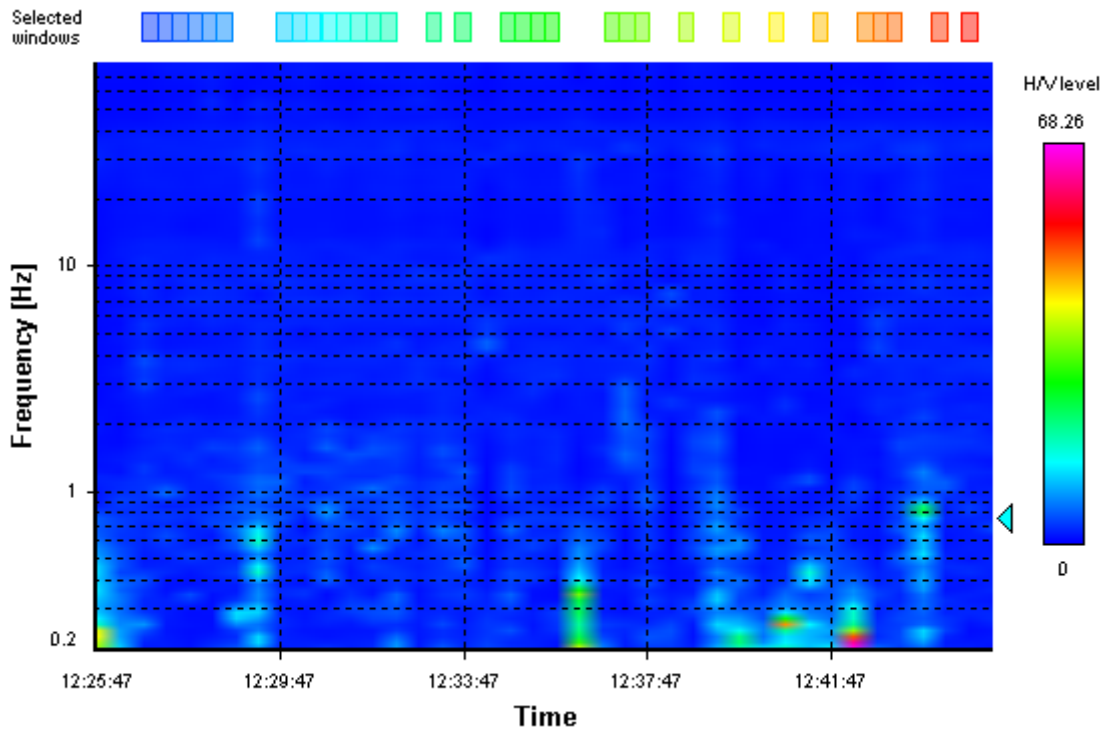
HVSR average



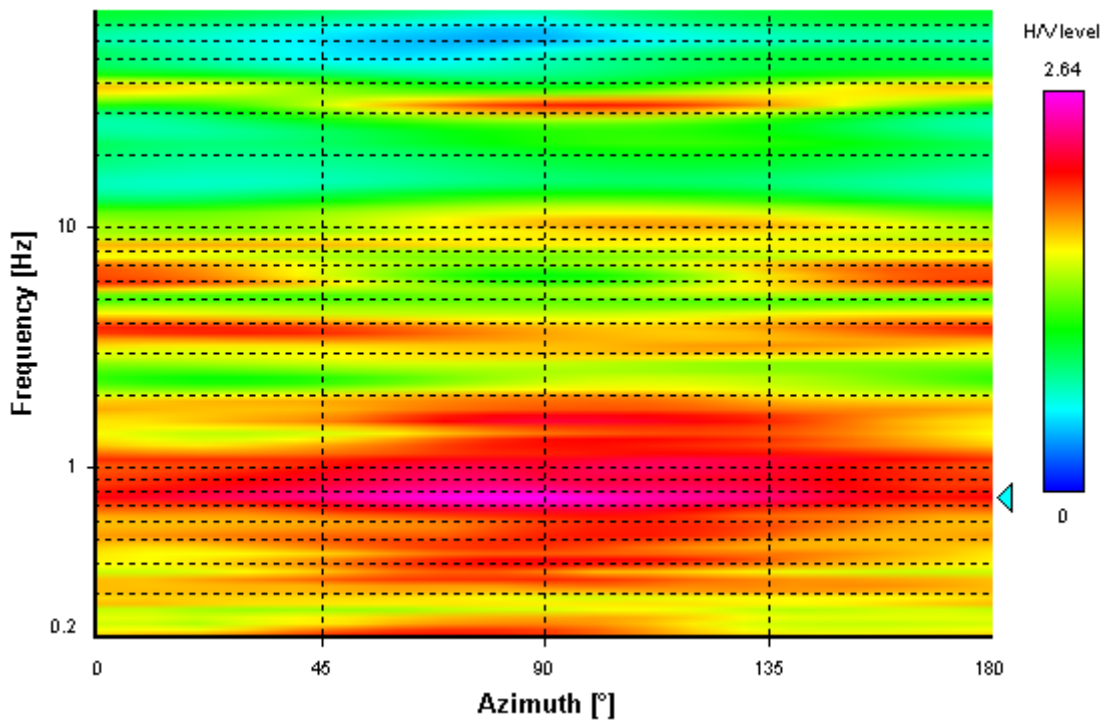
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



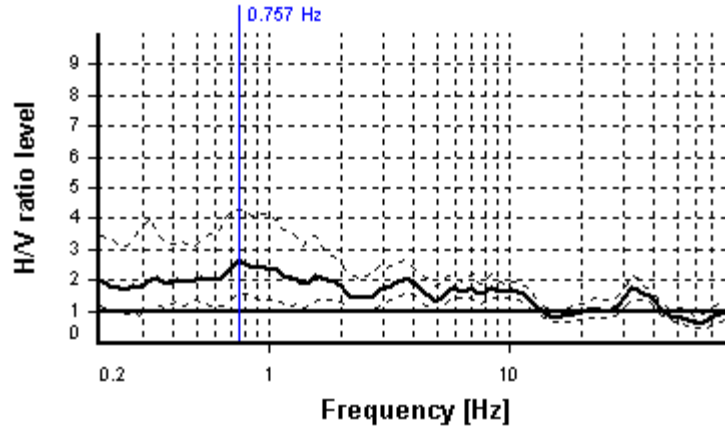
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.757 Hz

A_0 amplitude = 2.635

Average $f_0 = 0.822 \pm 0.162$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|----|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 32 valid windows (length > 13.2 s) out of 32 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 484.67 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $A_0 > 2$ | 2.64 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0% <= 5% | OK |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.16192 >= 0.11359 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.65362 < 2 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

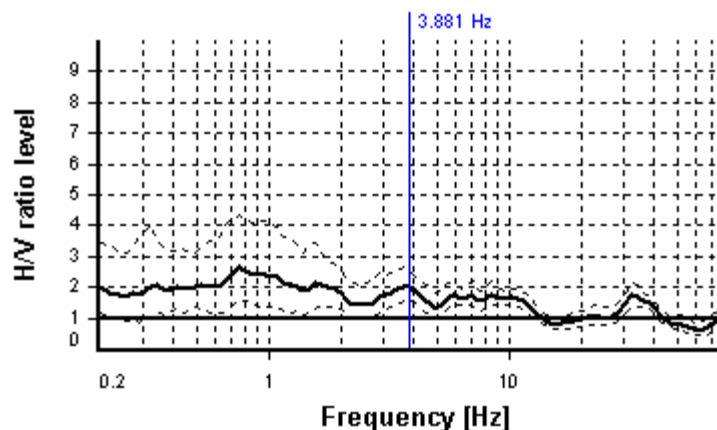
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.881 Hz

A_0 amplitude = 2.024

Average $f_0 = 3.662 \pm 0.590$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 32 valid windows (length > 2.58 s) out of 32 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 2483.69 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 13.83154 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 2.02 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 5.87% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.58956 >= 0.19404 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.24632 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/02/28

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV4

Address: Loc. Pianella

Latitude: 48904093

Longitude: 1695935

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 239 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

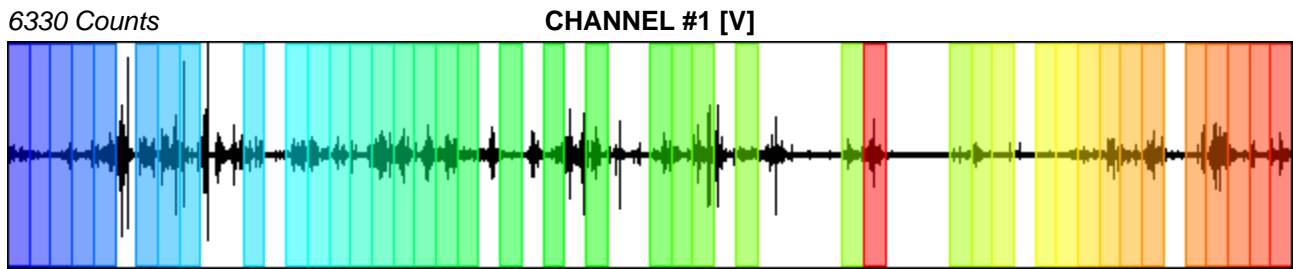
Recording start time: 2024/02/28 13:42:16

Recording length: 20 min

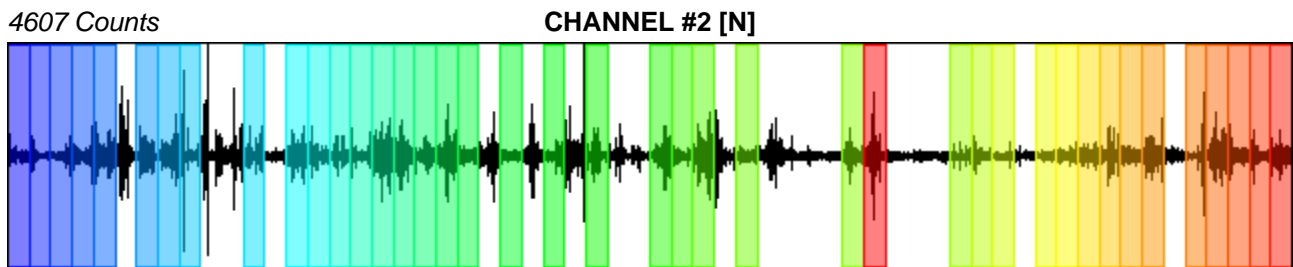
Windows count: 41

Average windows length: 20

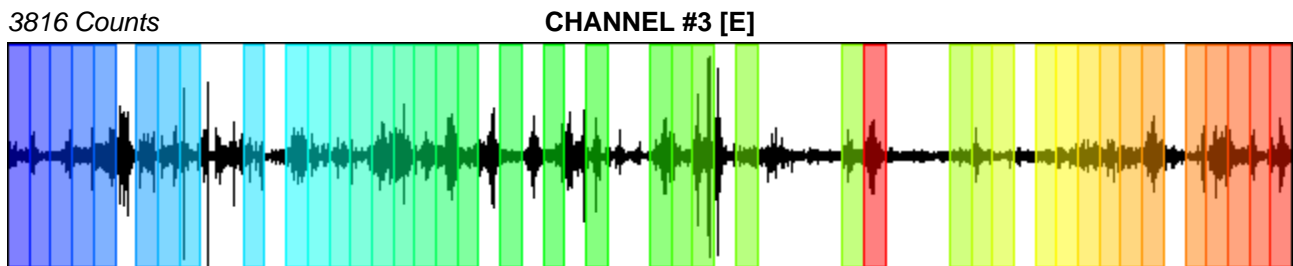
Signal coverage: 68.33%



-4856 Counts



-4114 Counts



-4296 Counts

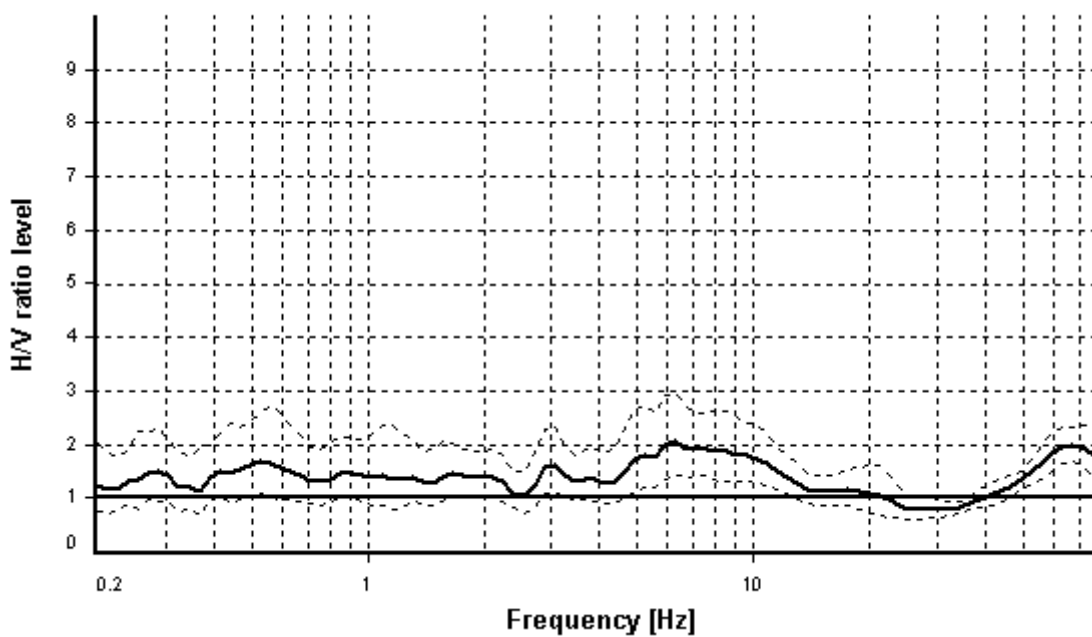
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

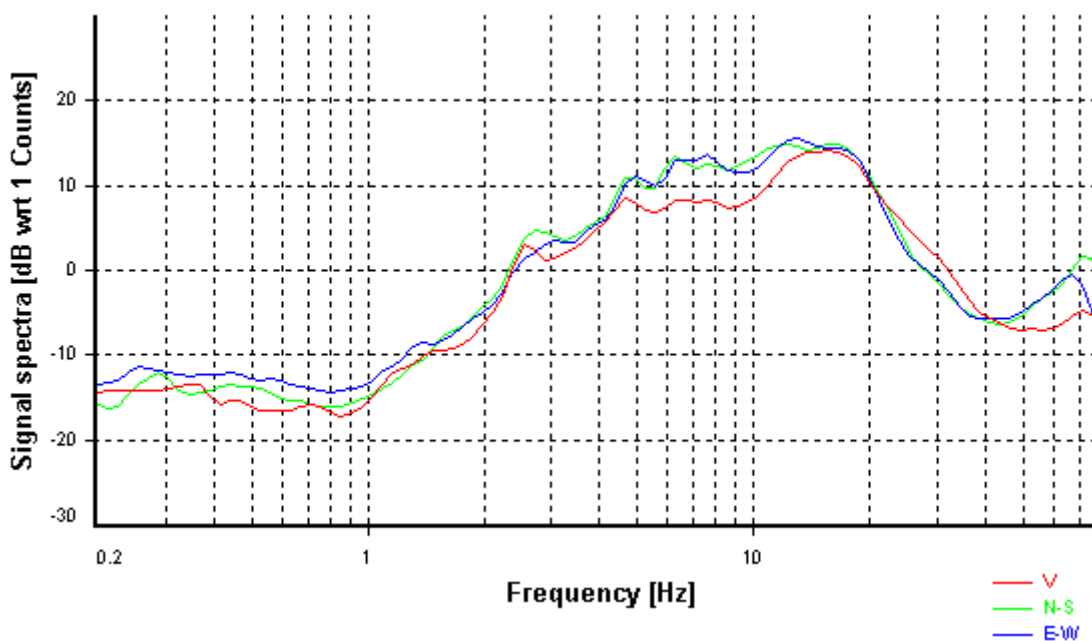
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

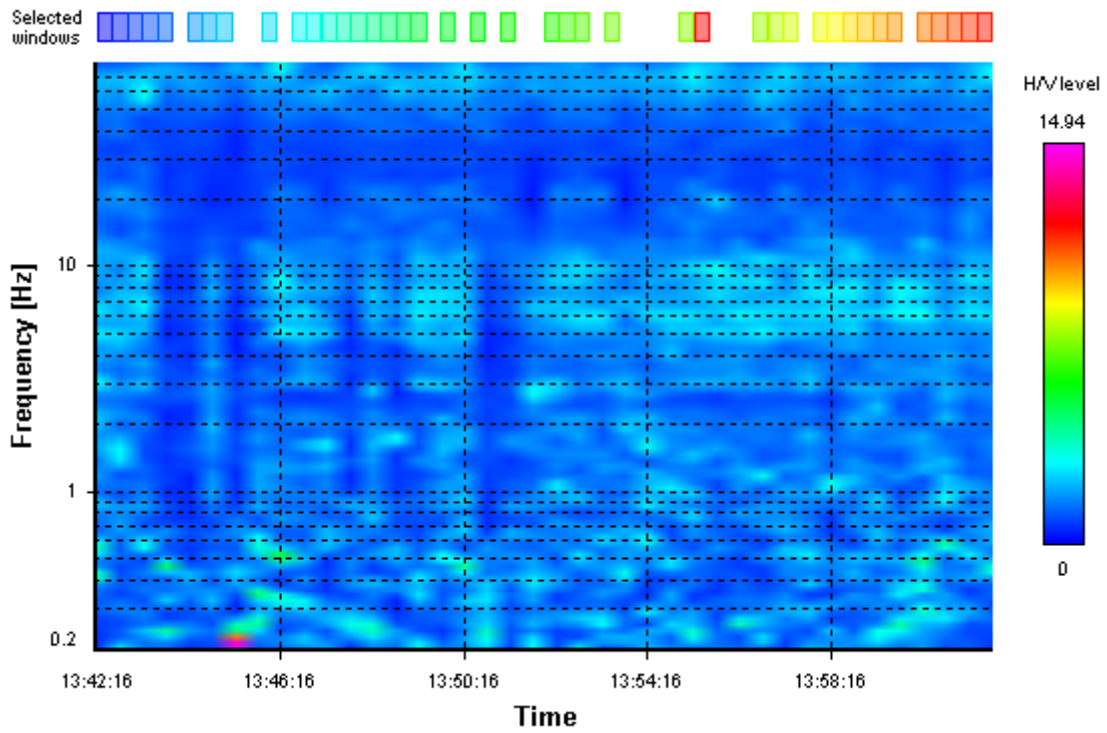
HVSR average



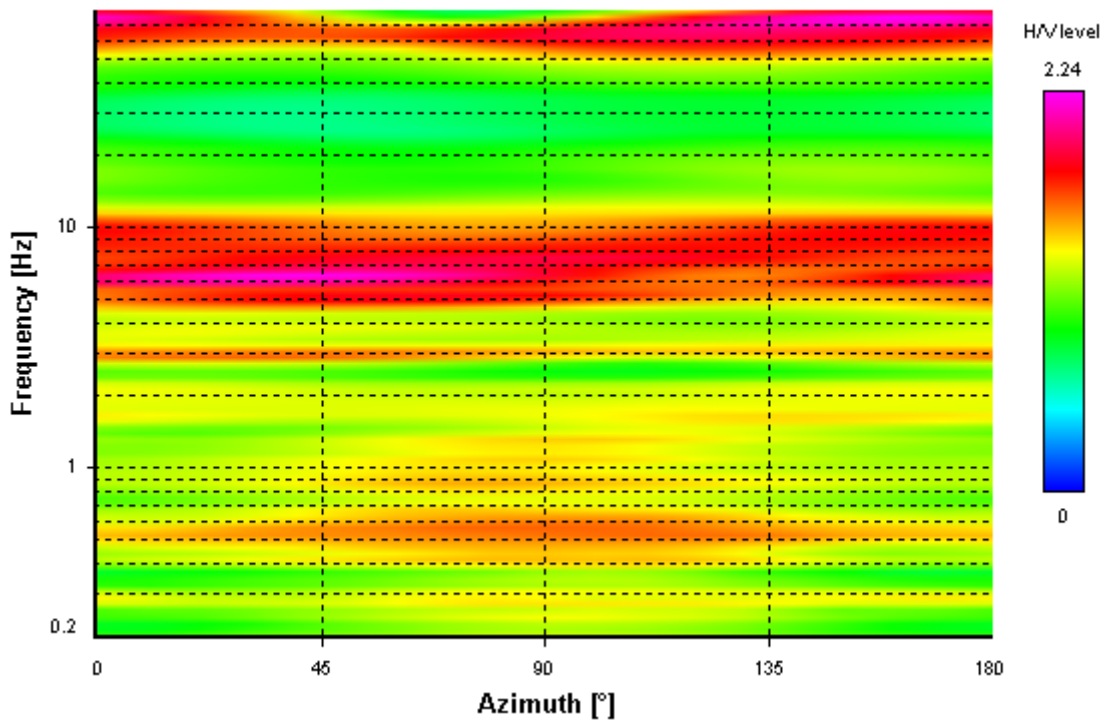
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



SURVEY INFORMATION

Date: 2024/03/06

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV5

Address: Loc. Castagnoli

Latitude: 4812930

Longitude: 1698331

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 485 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2024/03/06 12:36:19

Recording length: 20 min

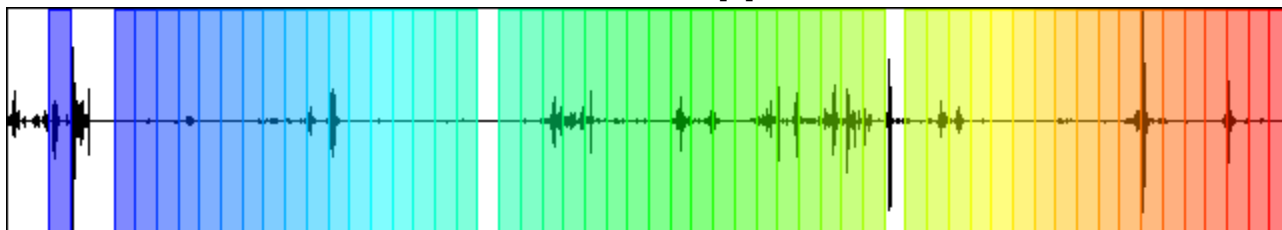
Windows count: 54

Average windows length: 20

Signal coverage: 90%

10015 Counts

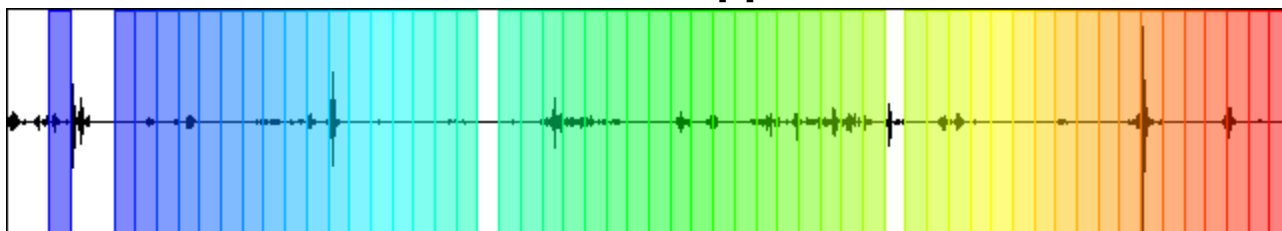
CHANNEL #1 [V]



-10124 Counts

24638 Counts

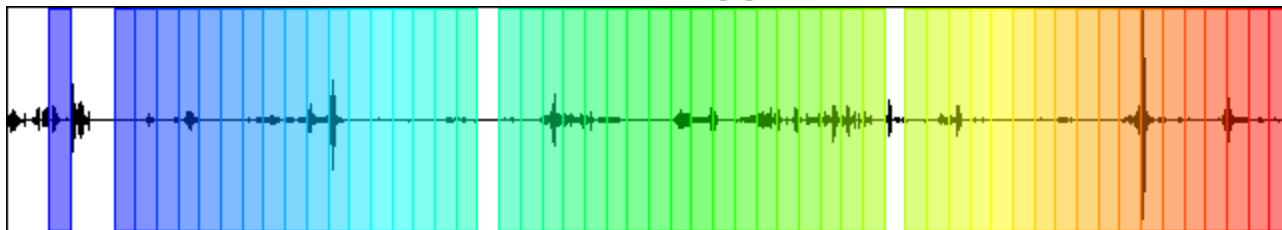
CHANNEL #2 [N]



-28952 Counts

17819 Counts

CHANNEL #3 [E]



-15908 Counts

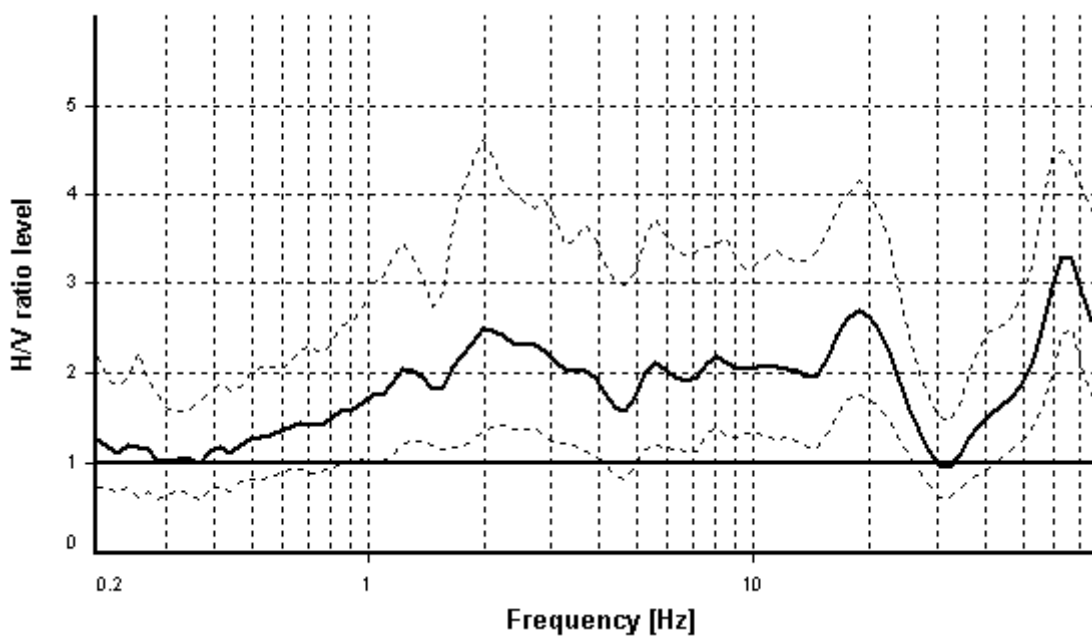
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

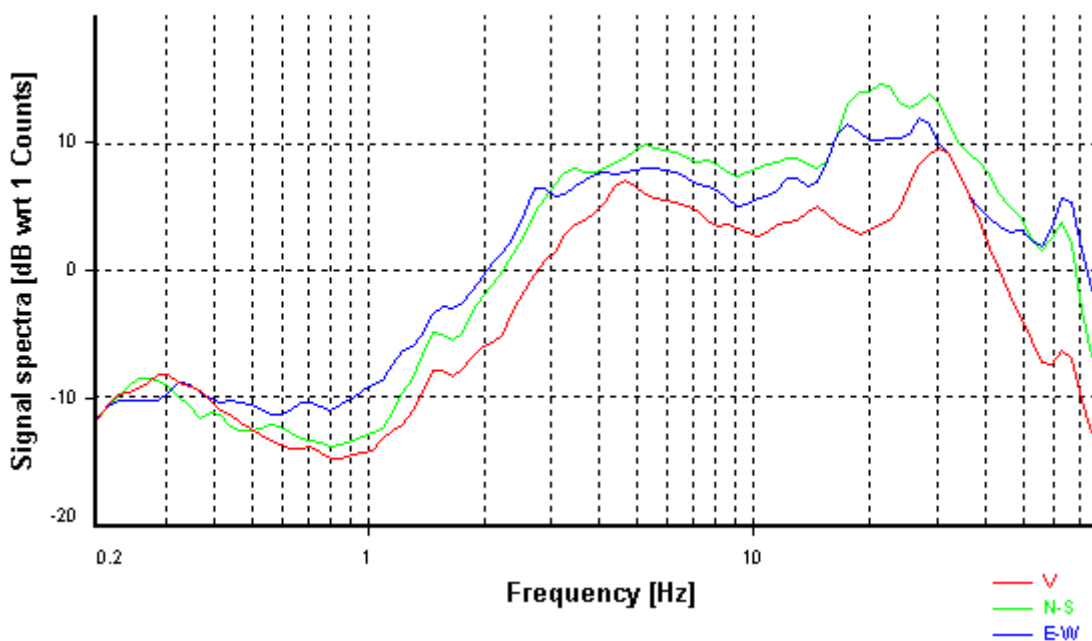
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

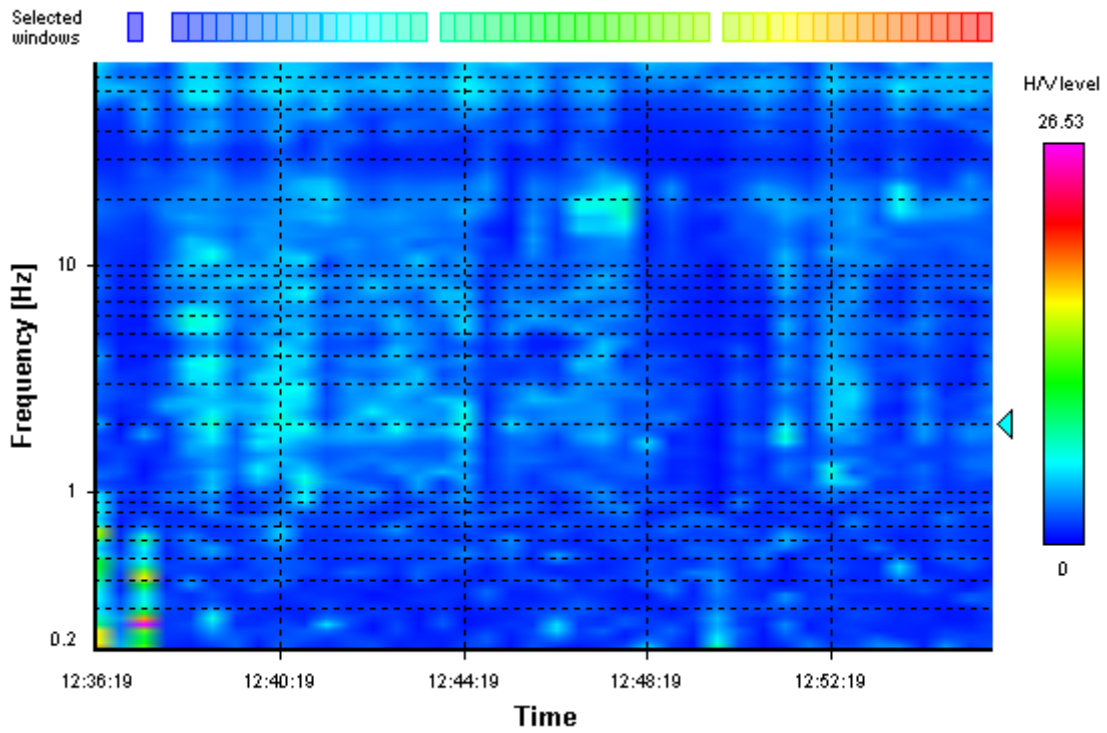
HVSR average



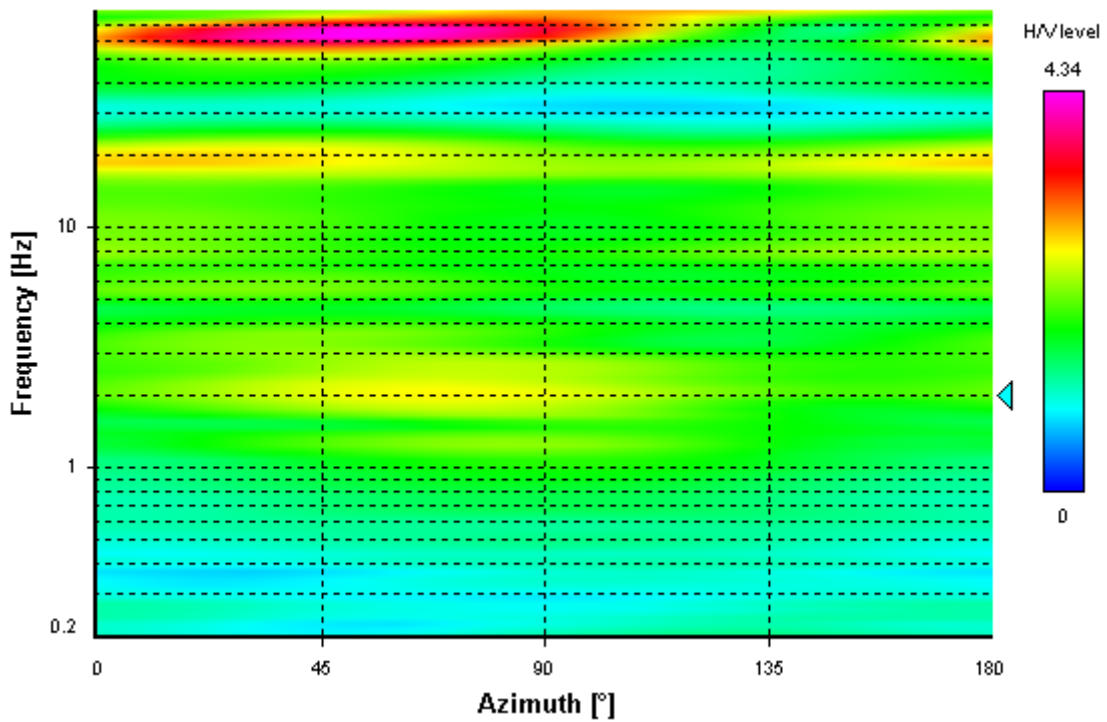
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



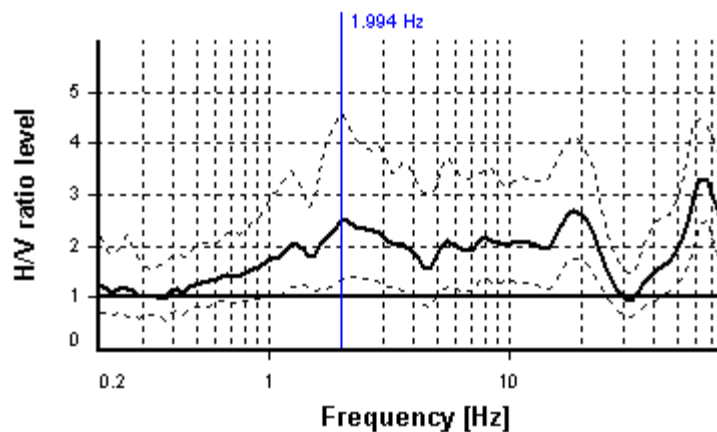
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.994 Hz

A_0 amplitude = 2.496

Average $f_0 = 2.143 \pm 0.391$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 54 valid windows (length > 5.01 s) out of 54 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 2153.89 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $A_0 > 2$ | 2.5 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 12.87% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.39123 >= 0.19943 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.84229 >= 1.78 | NO |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

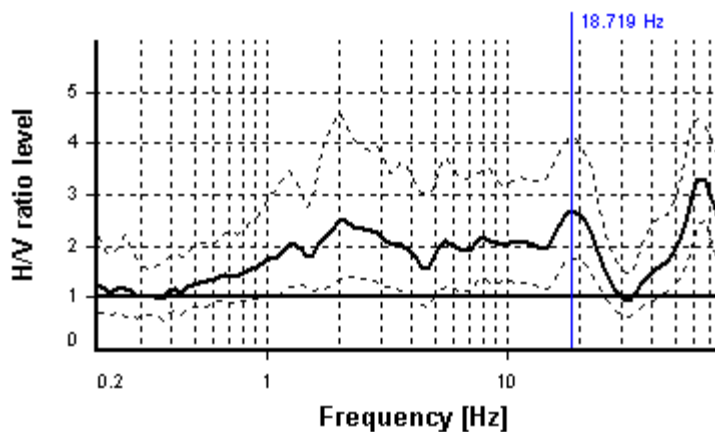
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

18.719 Hz

A_0 amplitude = 2.705

Average f_0 = 17.841 ± 2.898



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|----|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 54 valid windows (length > 0.53 s) out of 54 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 20216.75 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 26.91461 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 2.71 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0% ≤ 5% | OK |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 2.8976 ≥ 0.93596 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.53471 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/02/28

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV6

Address: Loc. San Martino al Vento

Latitude: 4812330

Longitude: 1698219

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 480 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2024/02/28 15:29:49

Recording length: 20 min

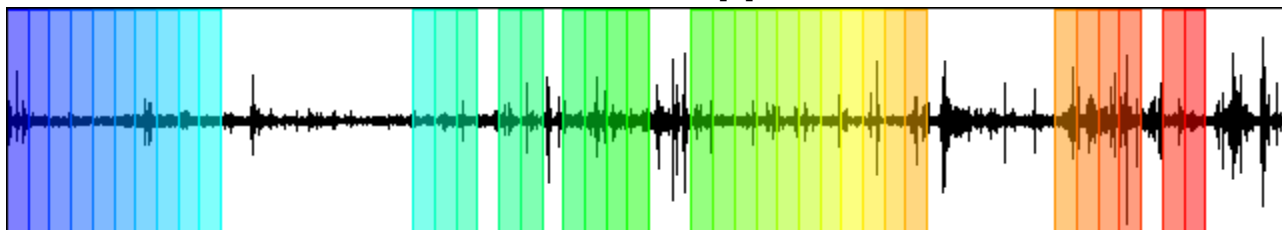
Windows count: 36

Average windows length: 20

Signal coverage: 60%

710 Counts

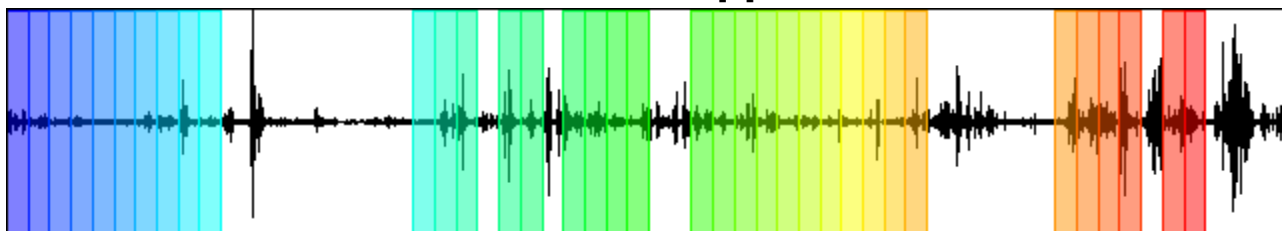
CHANNEL #1 [V]



-955 Counts

3880 Counts

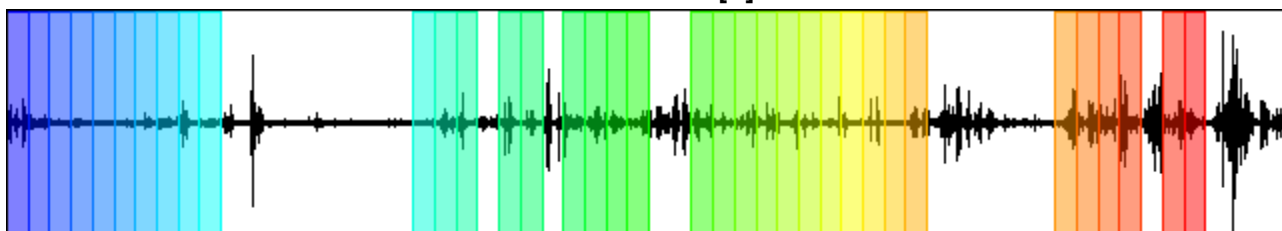
CHANNEL #2 [N]



-3311 Counts

2533 Counts

CHANNEL #3 [E]



-3051 Counts

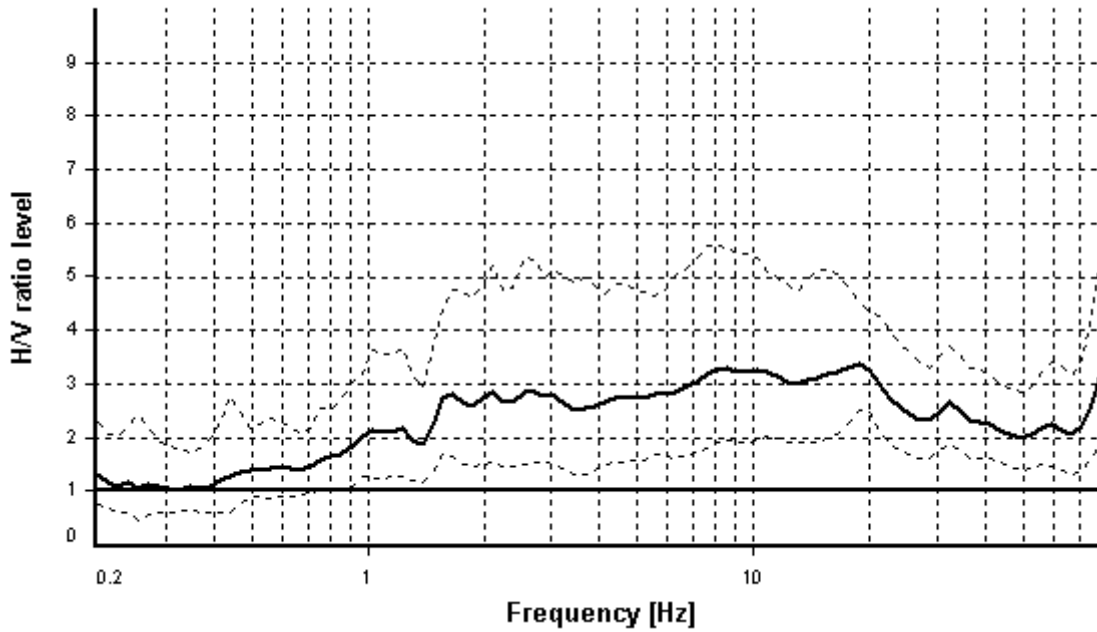
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

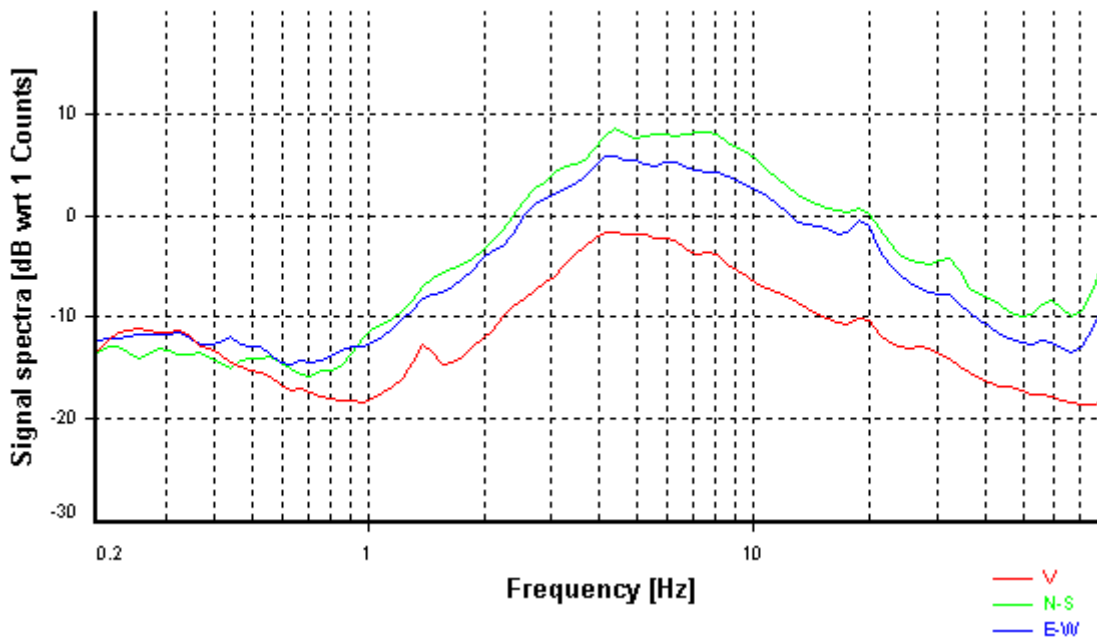
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

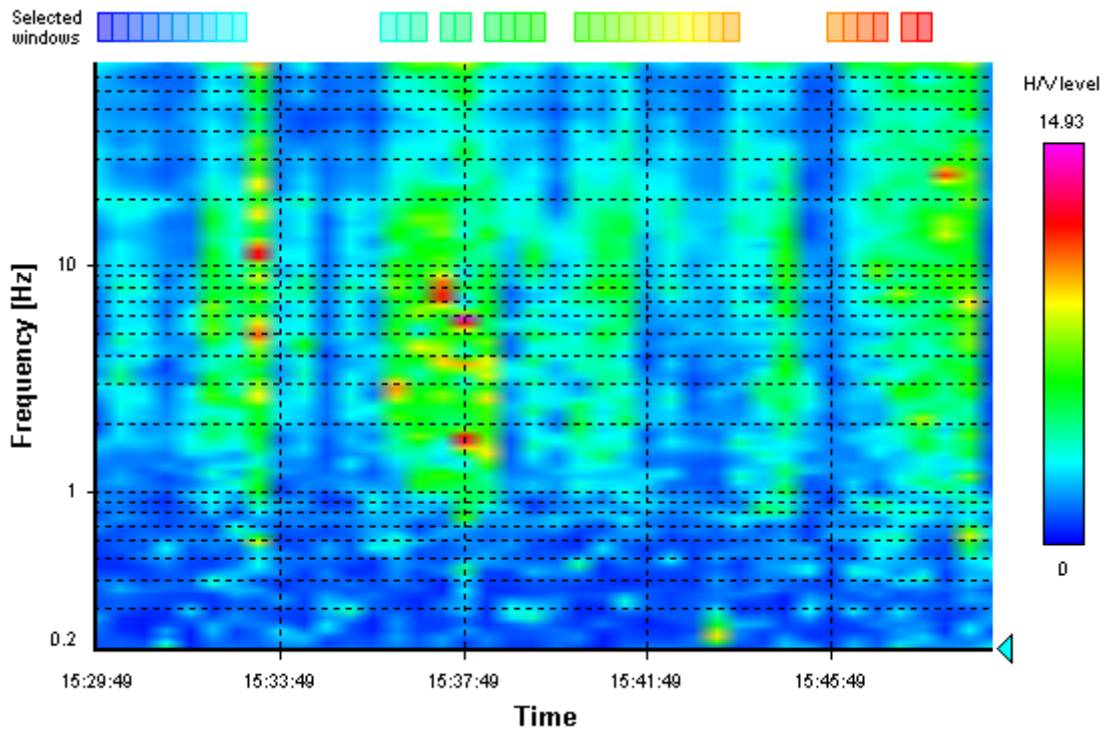
HVSR average



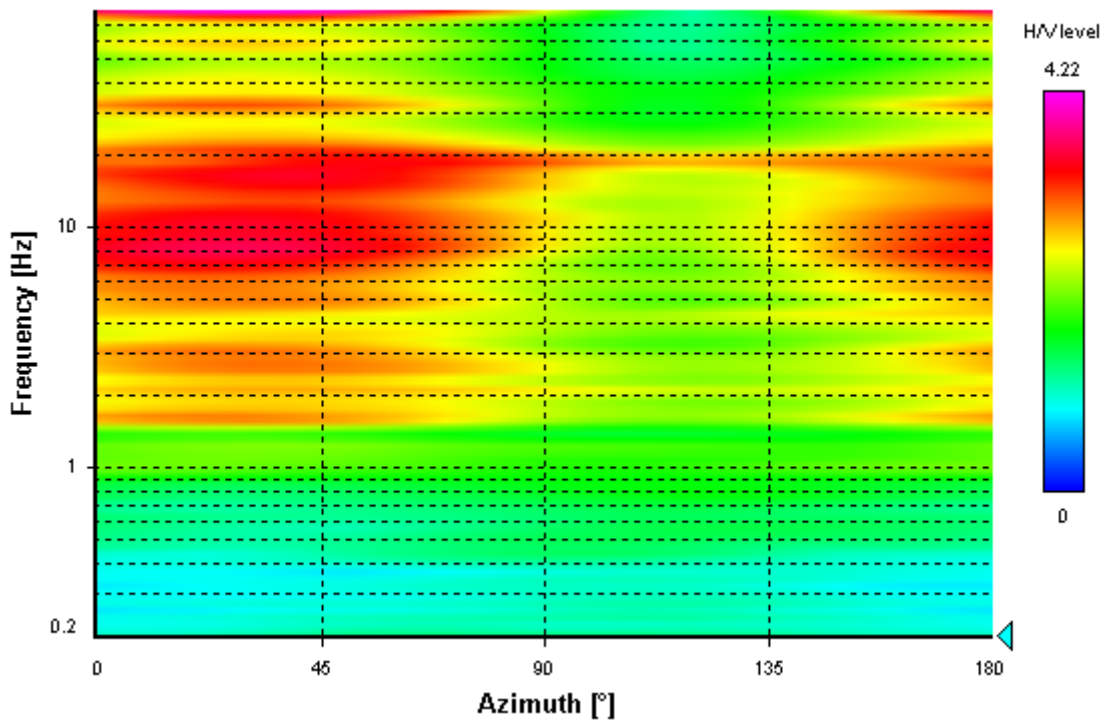
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



SURVEY INFORMATION

Date: 2024/02/28

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV7

Address: Loc. Rietine

Latitude: 4812962

Longitude: 1697361

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 455 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

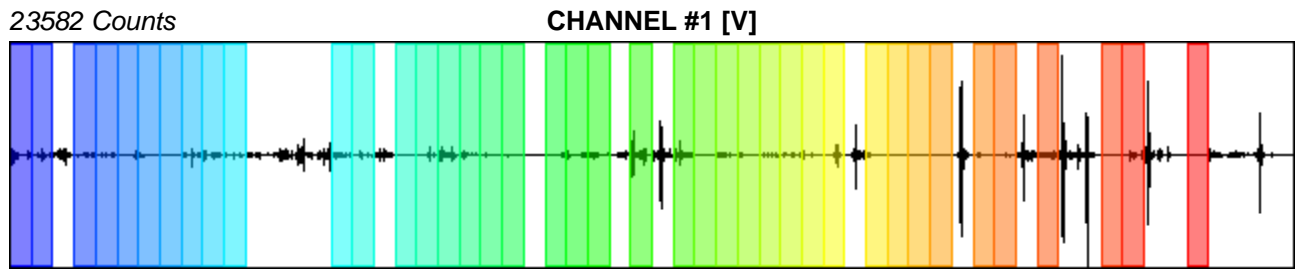
Recording start time: 2024/02/28 16:05:58

Recording length: 20 min

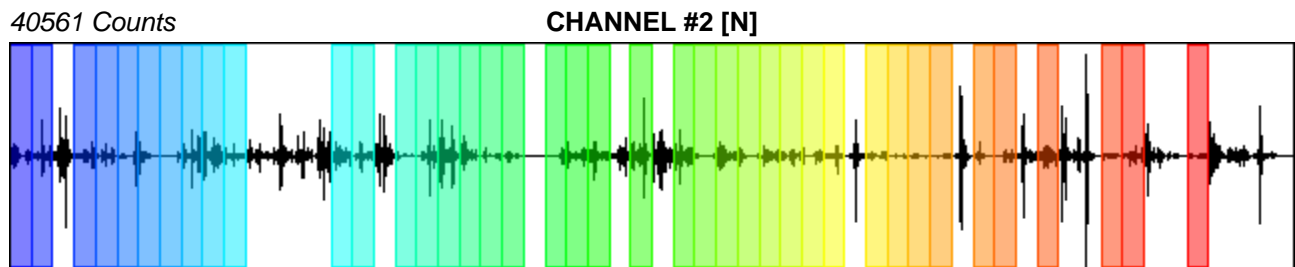
Windows count: 40

Average windows length: 20

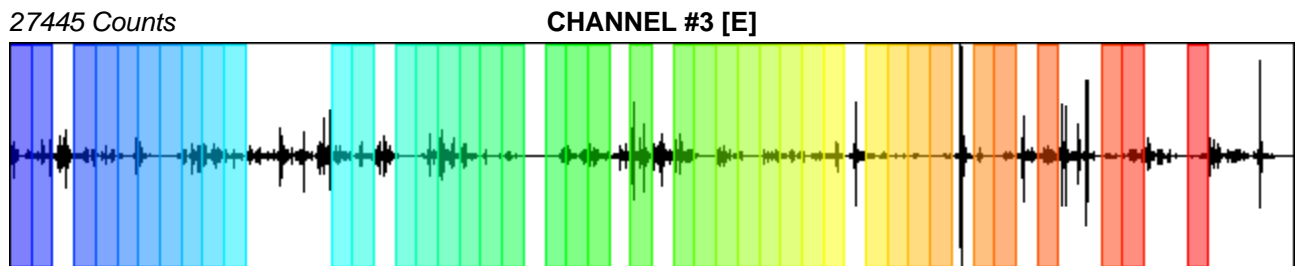
Signal coverage: 66.67%



-26619 Counts



-44127 Counts



-27307 Counts

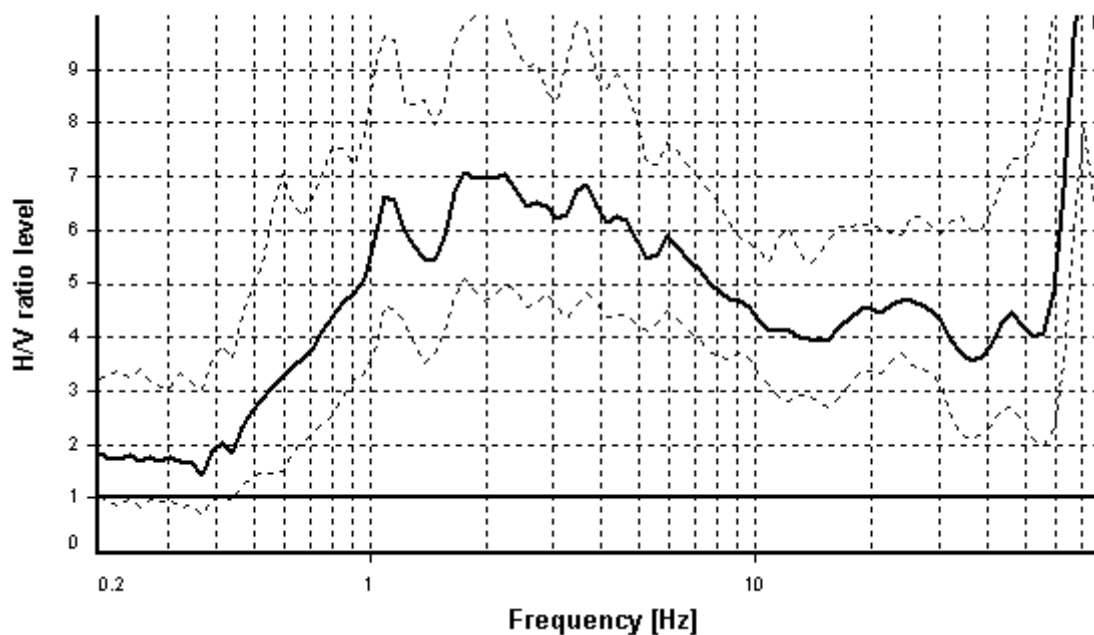
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

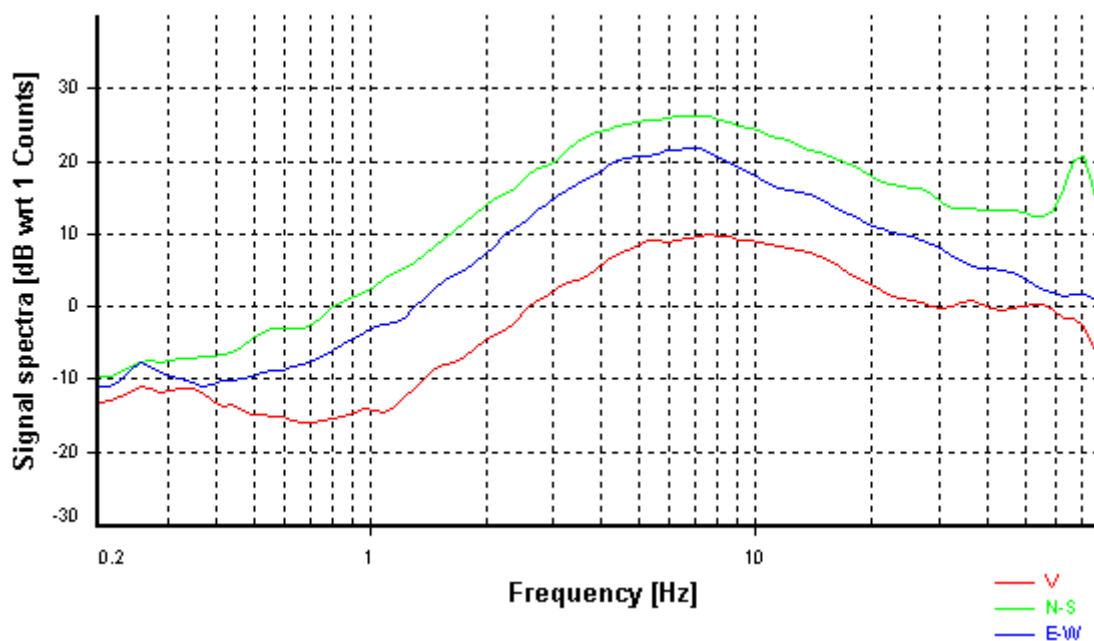
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

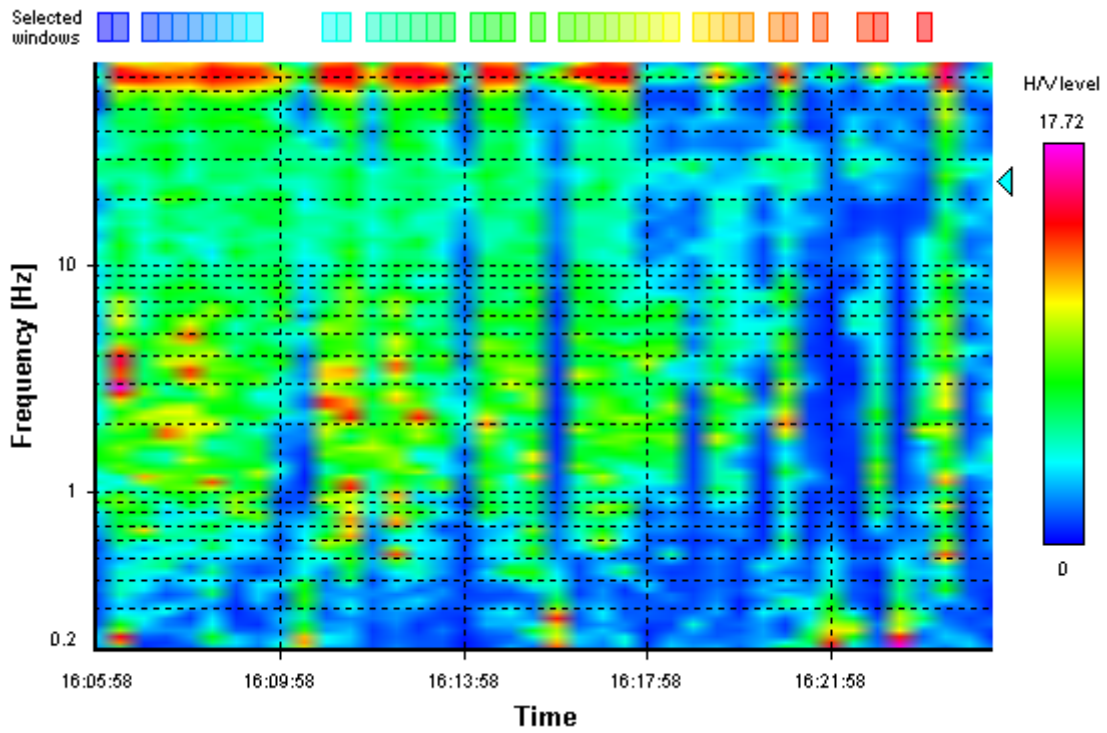
HVSR average



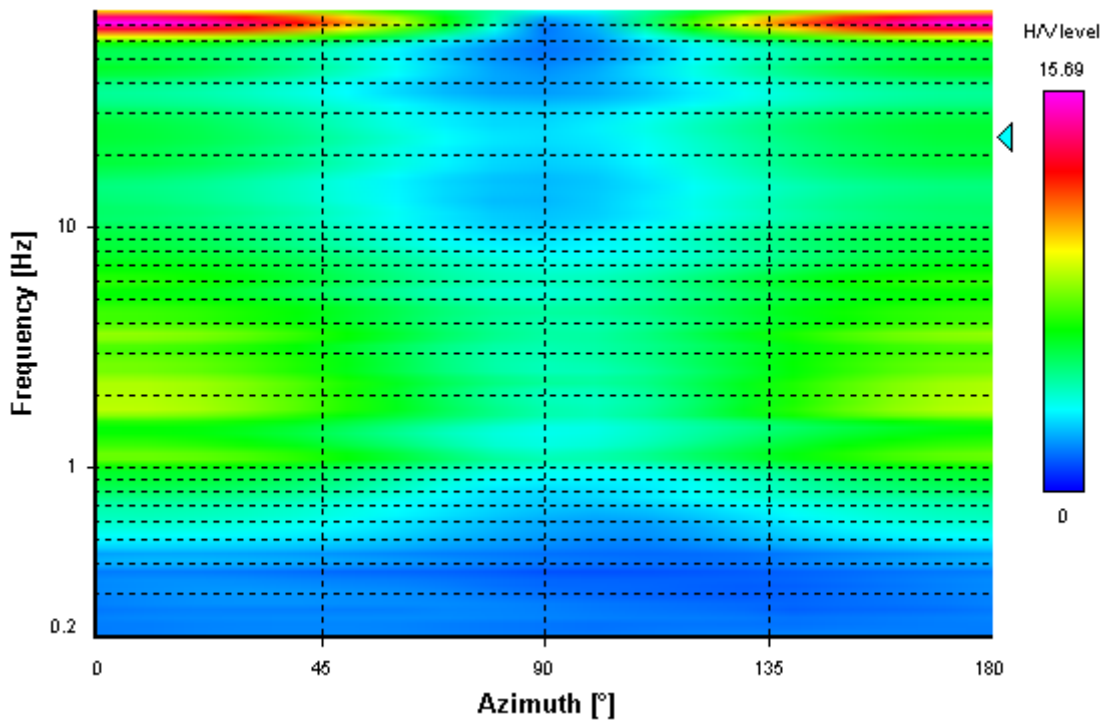
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



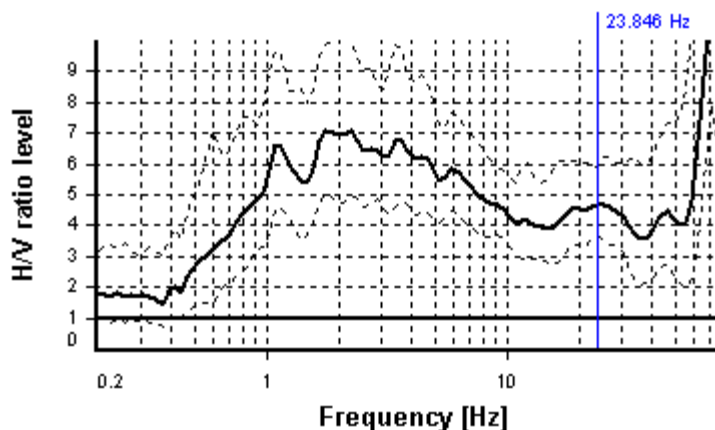
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

23.846 Hz

A_0 amplitude = 4.674

Average $f_0 = 24.020 \pm 4.996$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 40 valid windows (length > 0.42 s) out of 40 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 19077.05 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $A_0 > 2$ | 4.67 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 6.24% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 4.99574 >= 1.19232 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.26392 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/03/06

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV8

Address: Via Buonarroti - Gaiole in Chianti

Latitude: 4815372

Longitude: 1697011

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 346 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2024/03/06 12:54:37

Recording length: 20.67 min

Windows count: 37

Average windows length: 20

Signal coverage: 59.68%

8396 Counts

CHANNEL #1 [V]



-7870 Counts

12447 Counts

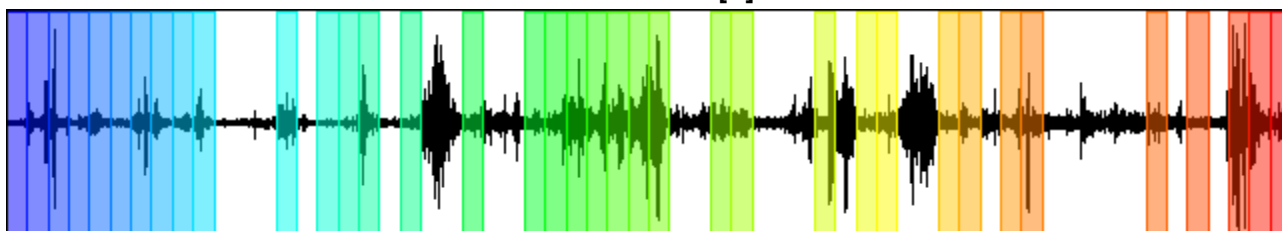
CHANNEL #2 [N]



-9946 Counts

5891 Counts

CHANNEL #3 [E]



-6648 Counts

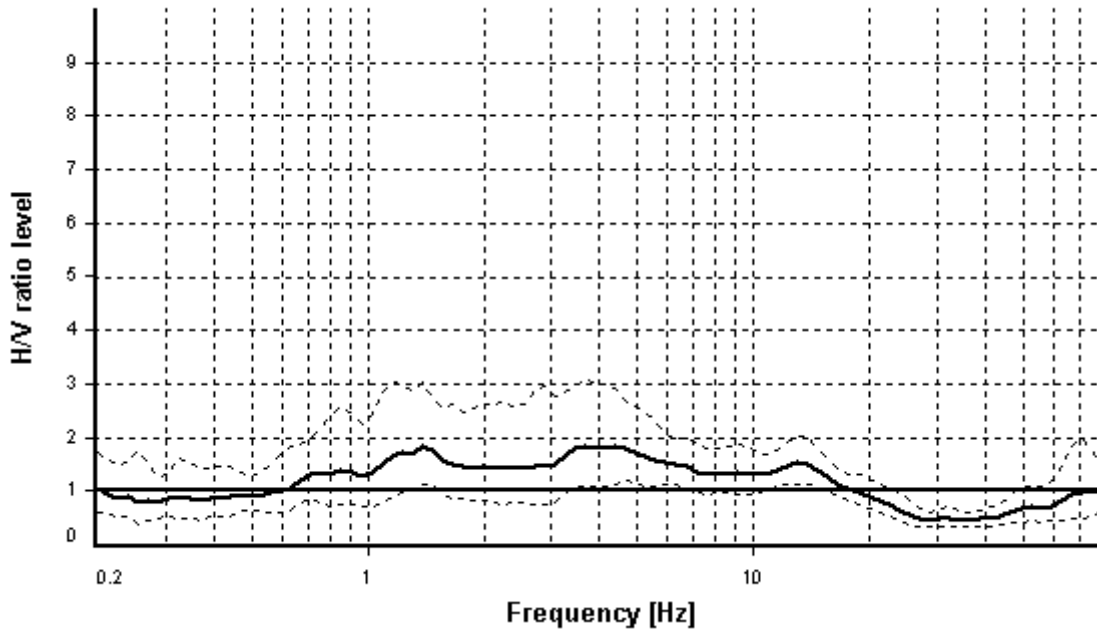
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

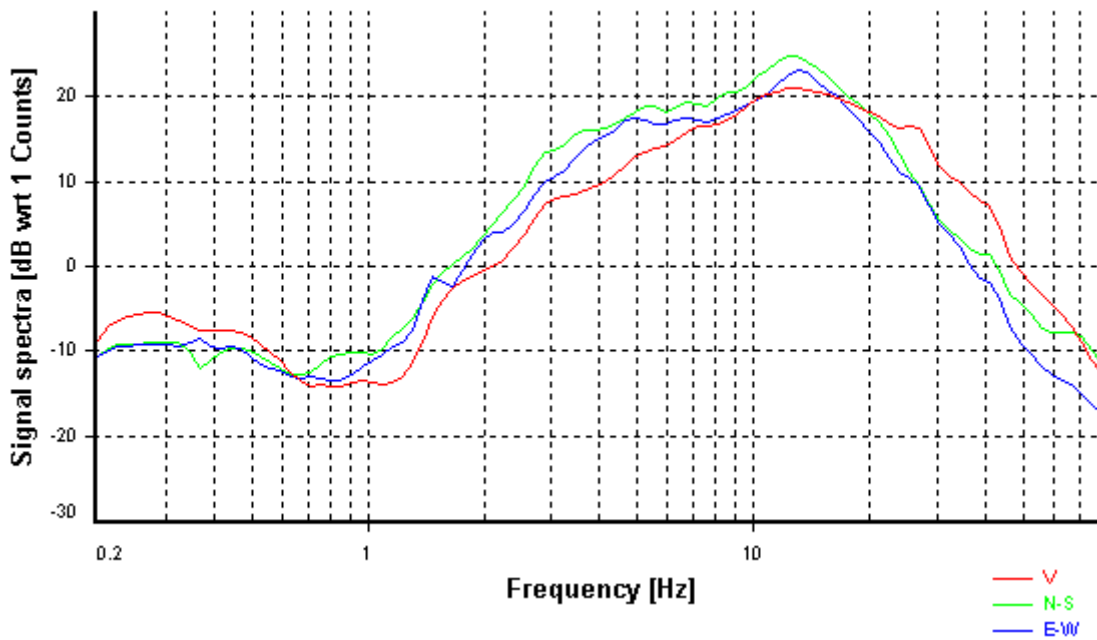
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

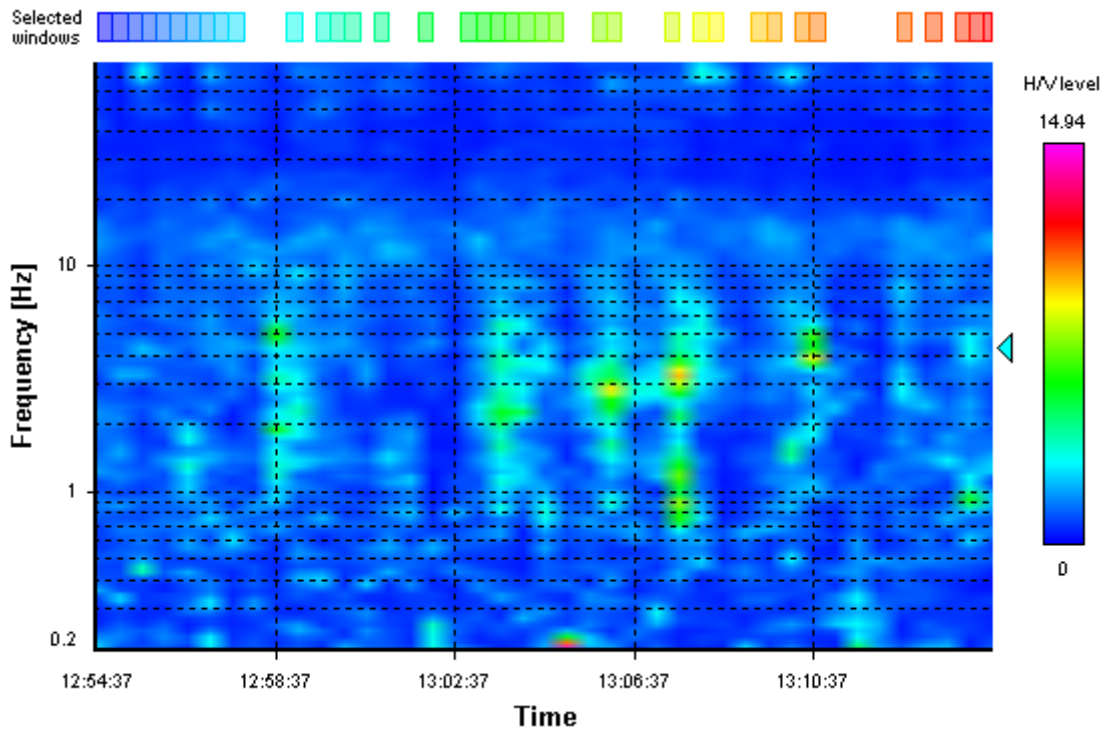
HVSR average



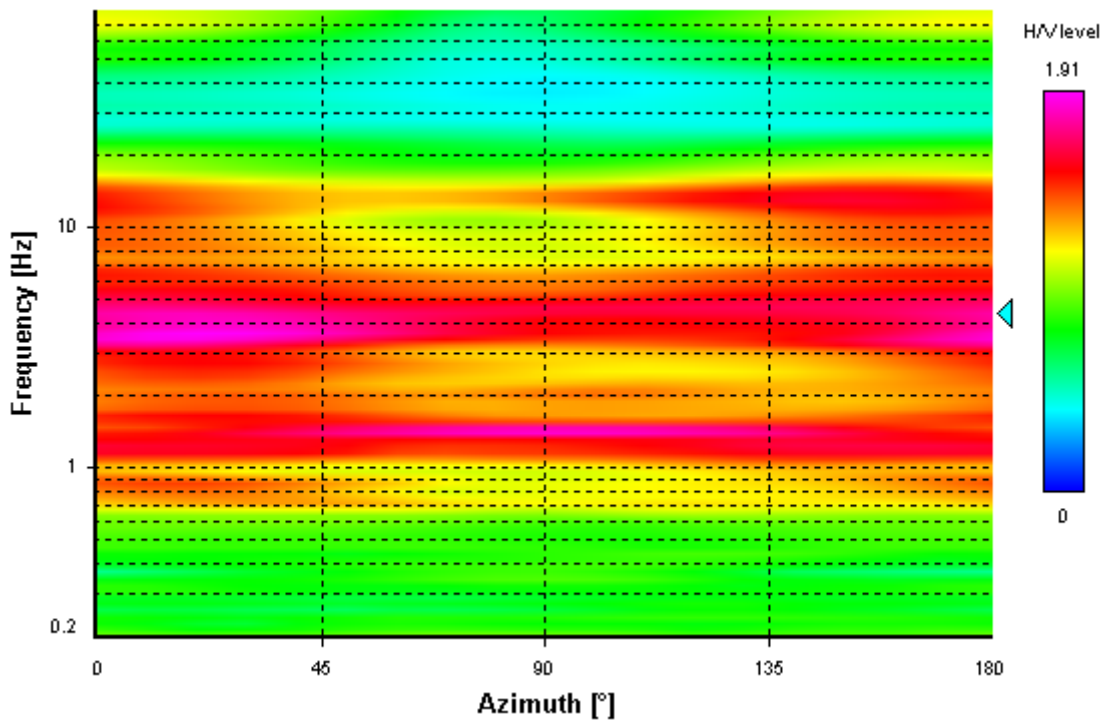
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



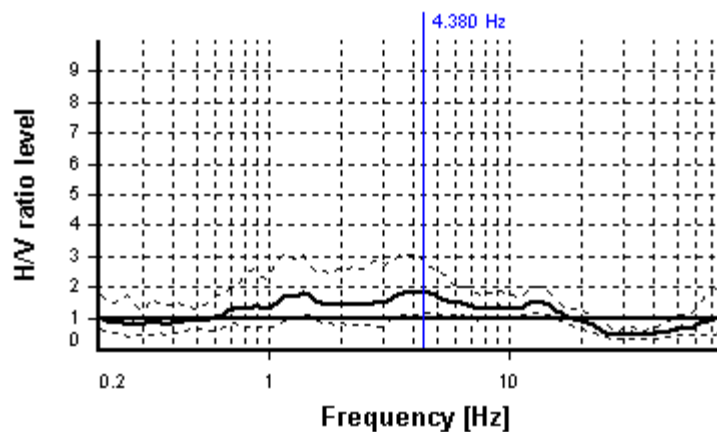
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.380 Hz

A_0 amplitude = 1.823

Average $f_0 = 4.371 \pm 0.871$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 37 valid windows (length > 2.28 s) out of 37 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 3241.28 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 1 times in 23 | NO |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $A_0 > 2$ | 1.82 <= 2 | NO |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 16.6% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.87122 >= 0.21901 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.59751 >= 1.58 | NO |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/02/28

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV9

Address: Via Spaltenna - Gaiole in Chianti

Latitude: 4815622

Longitude: 1696720

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 375 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: debole

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2024/03/06 14:53:23

Recording length: 20 min

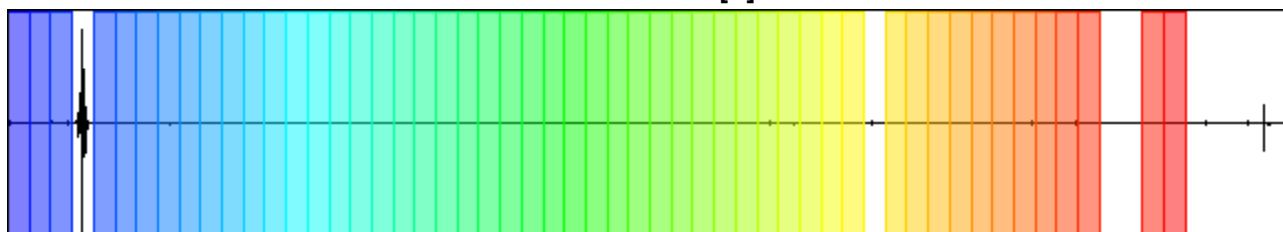
Windows count: 51

Average windows length: 20

Signal coverage: 85%

446250 Counts

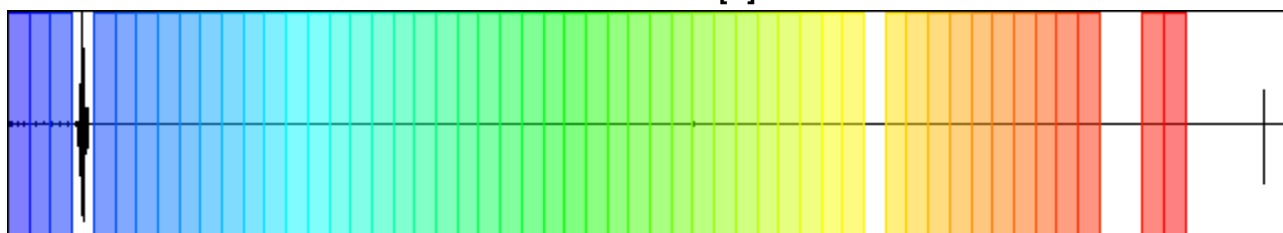
CHANNEL #1 [V]



-527361 Counts

2016144 Counts

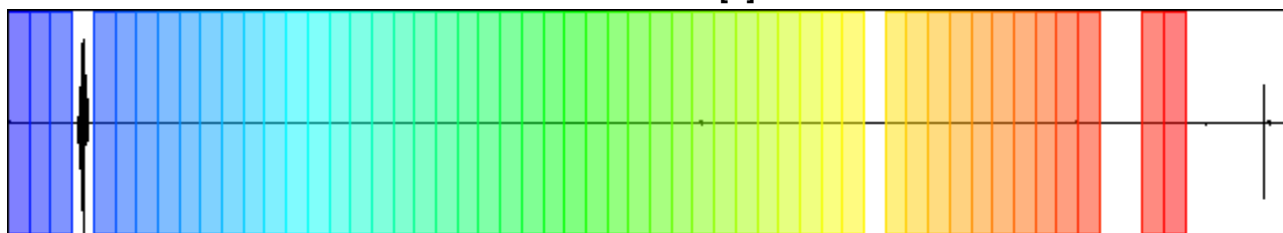
CHANNEL #2 [N]



-1748579 Counts

997650 Counts

CHANNEL #3 [E]



-1318939 Counts

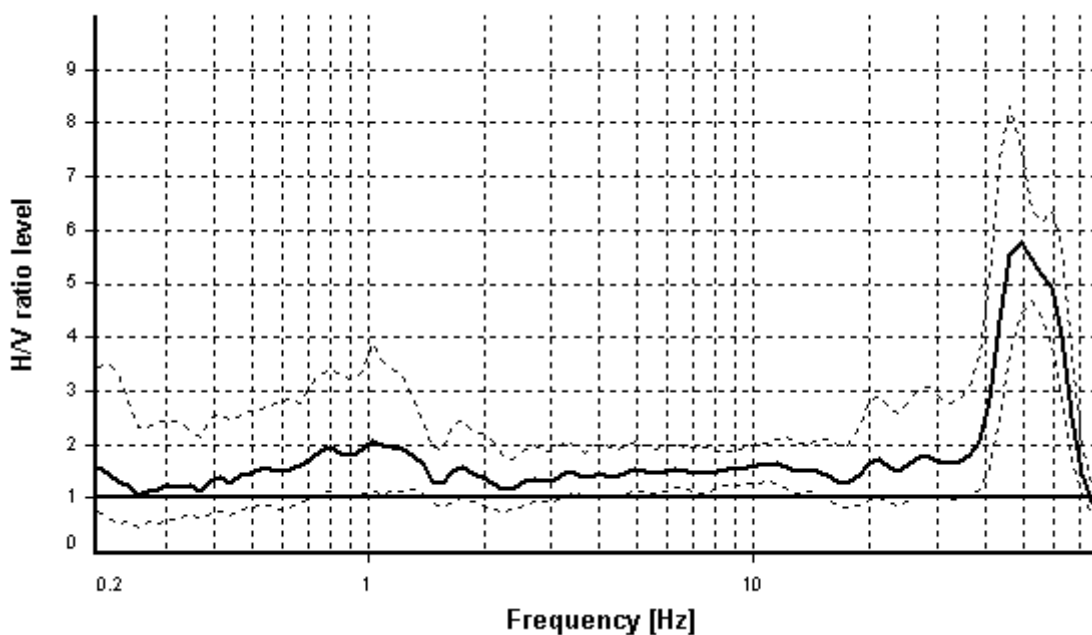
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

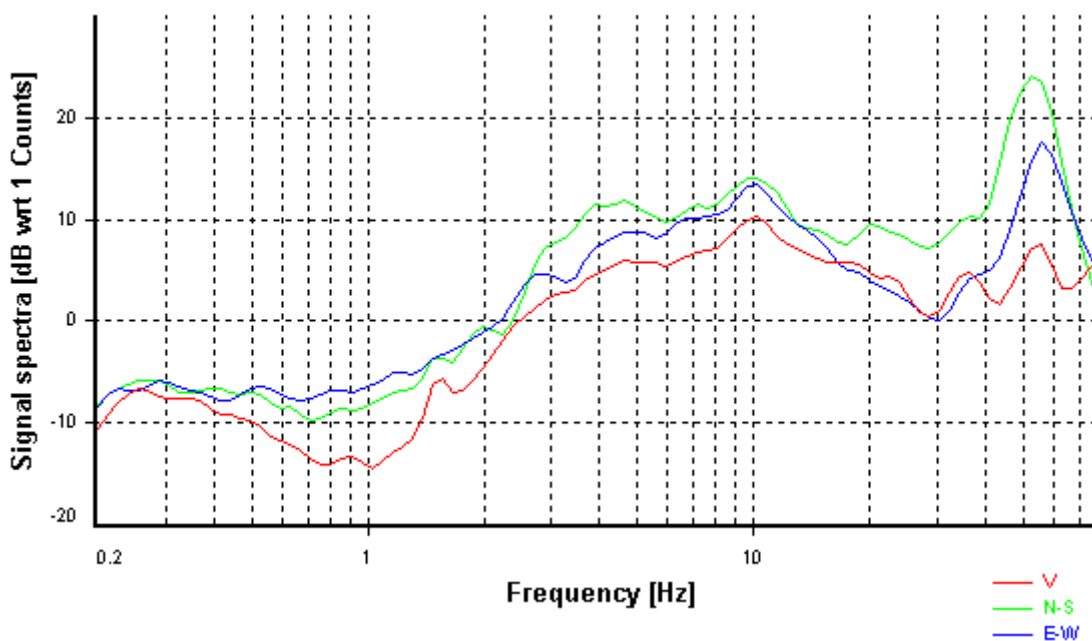
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

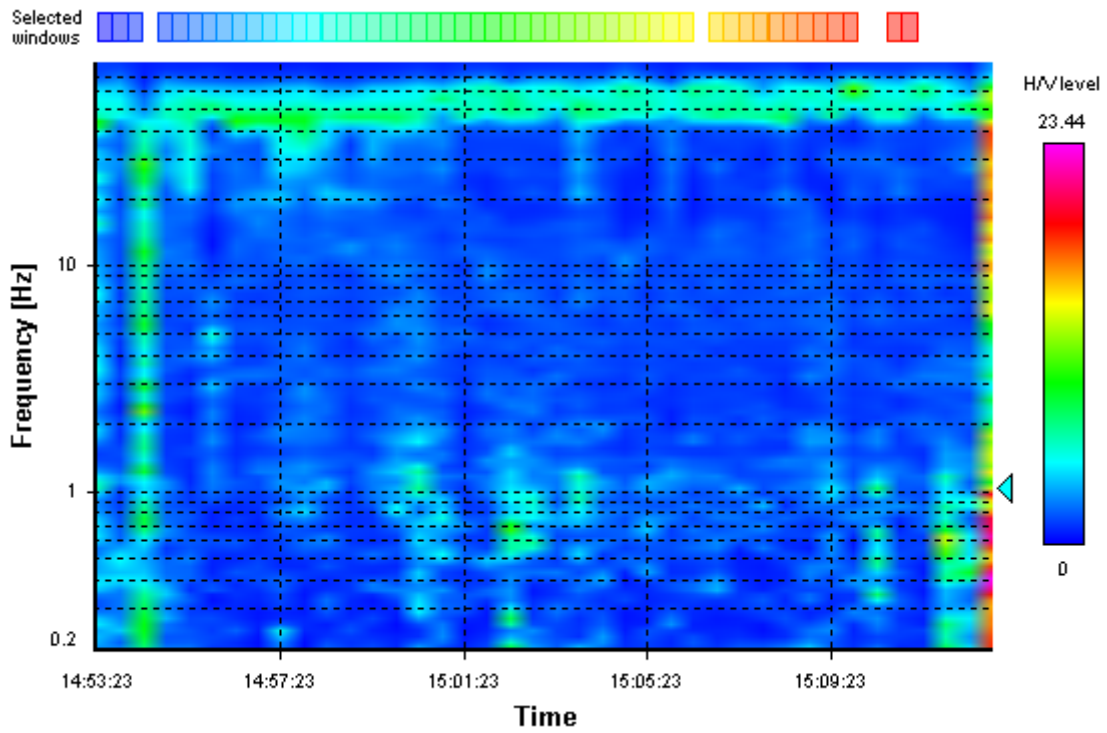
HVSR average



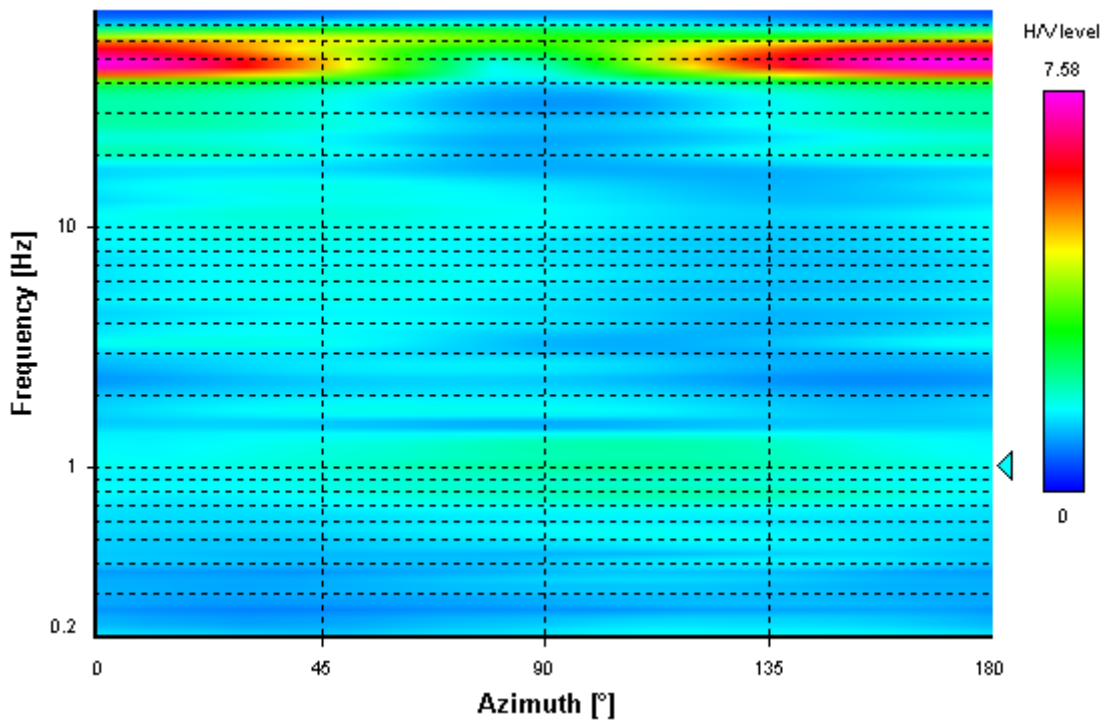
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



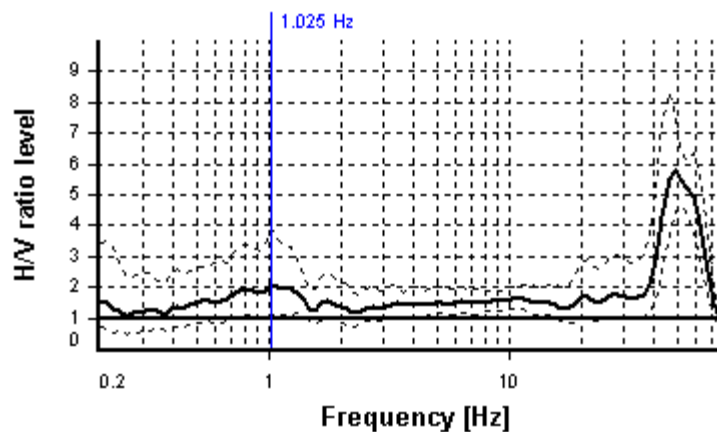
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.025 Hz

A_0 amplitude = 2.078

Average $f_0 = 0.967 \pm 0.197$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|----|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 51 valid windows (length > 9.76 s) out of 51 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 1045.4 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $A_0 > 2$ | 2.08 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 27.39% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.19675 >= 0.10249 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.87277 >= 1.78 | NO |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/03/06

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV10

Address: Loc. Lecchi

Latitude: 4811914

Longitude: 1694519

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 425 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

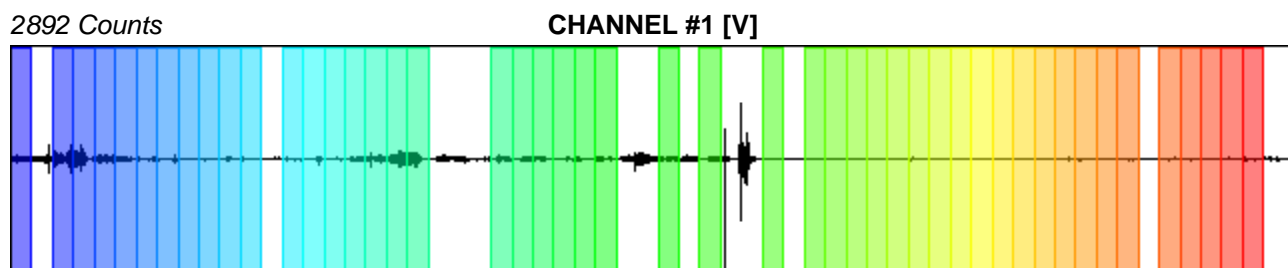
Recording start time: 2024/03/06 15:05:12

Recording length: 20.5 min

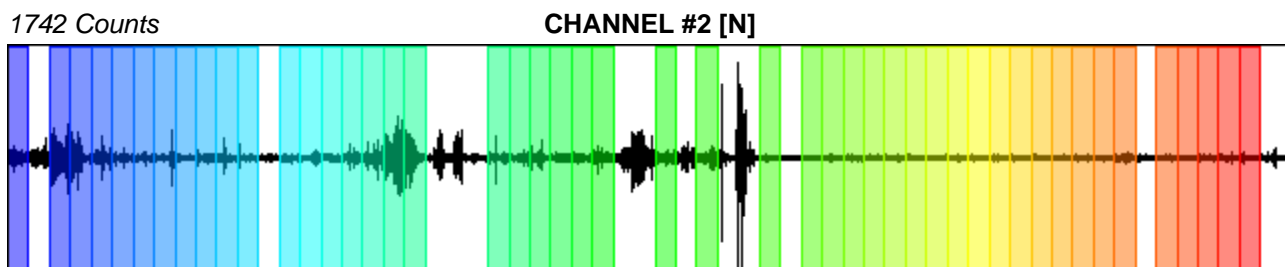
Windows count: 48

Average windows length: 20

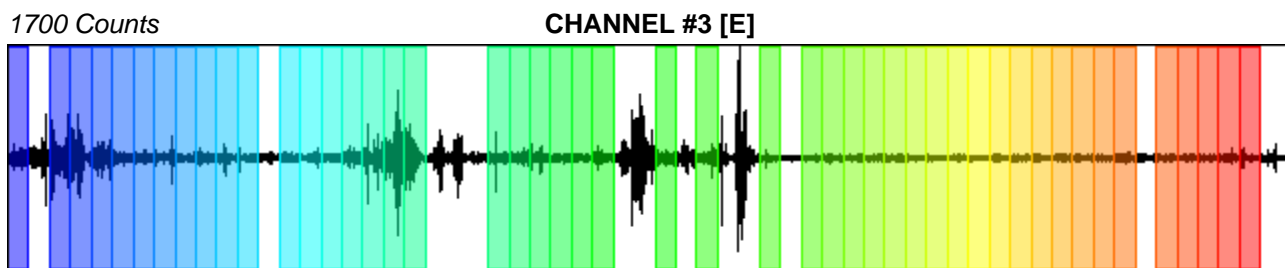
Signal coverage: 78.05%



-5685 Counts



-2033 Counts



-1420 Counts

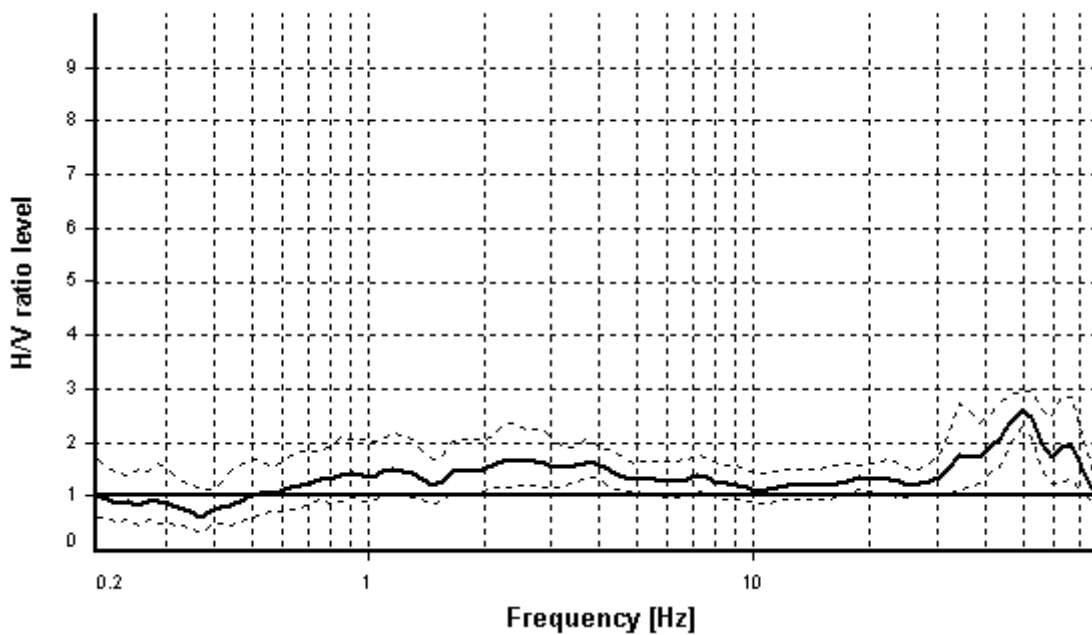
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

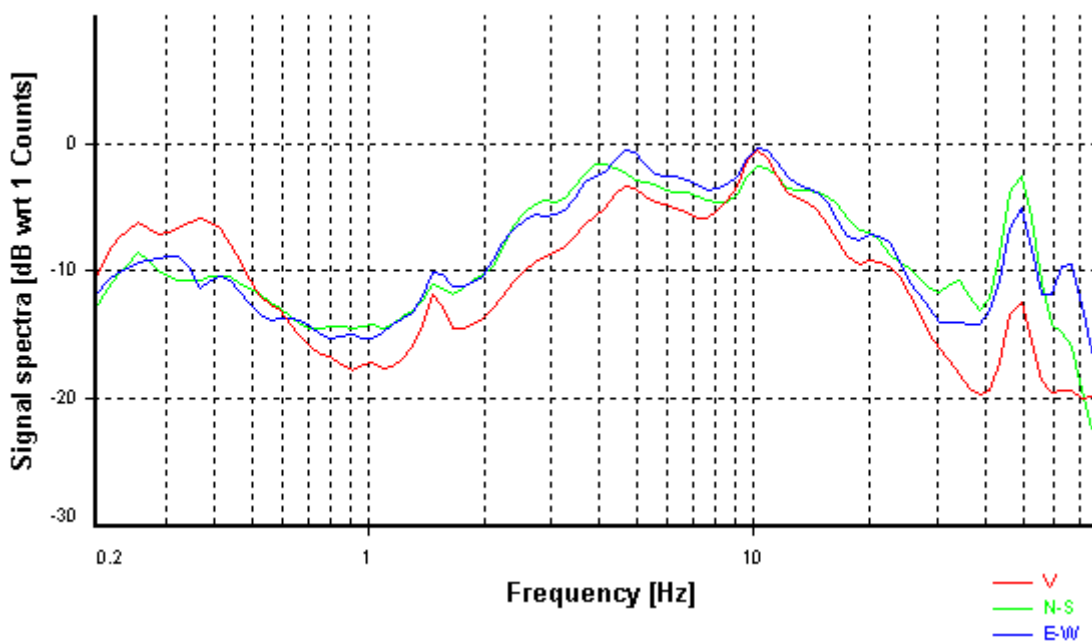
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

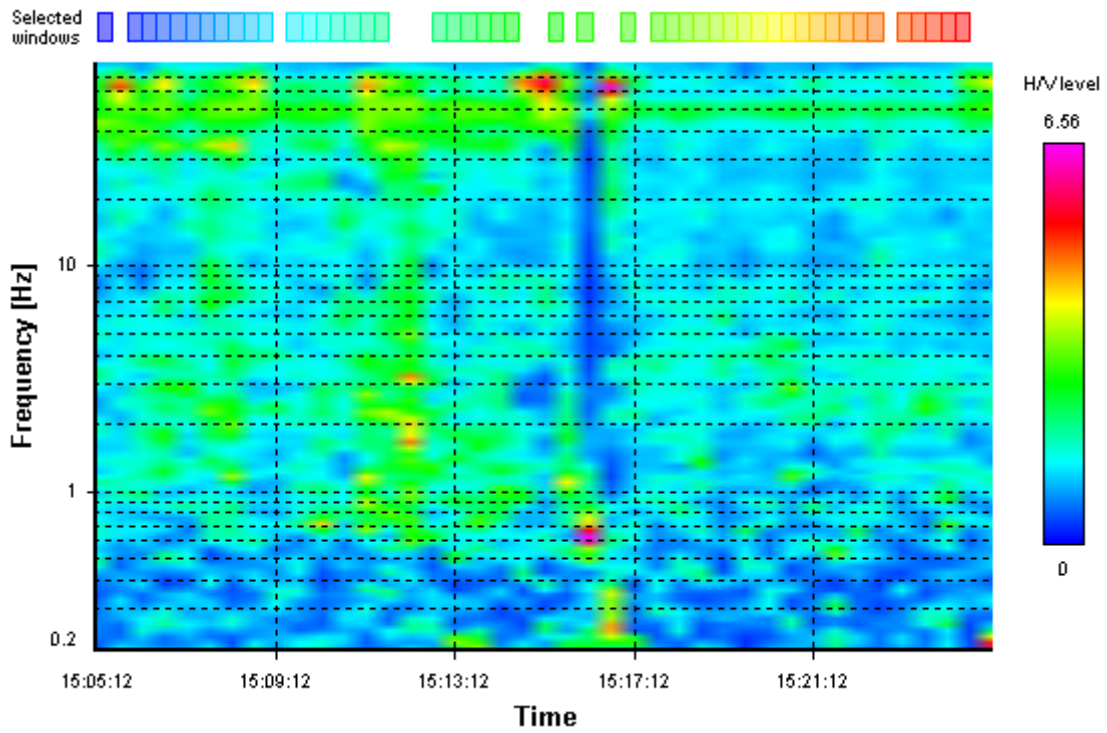
HVSR average



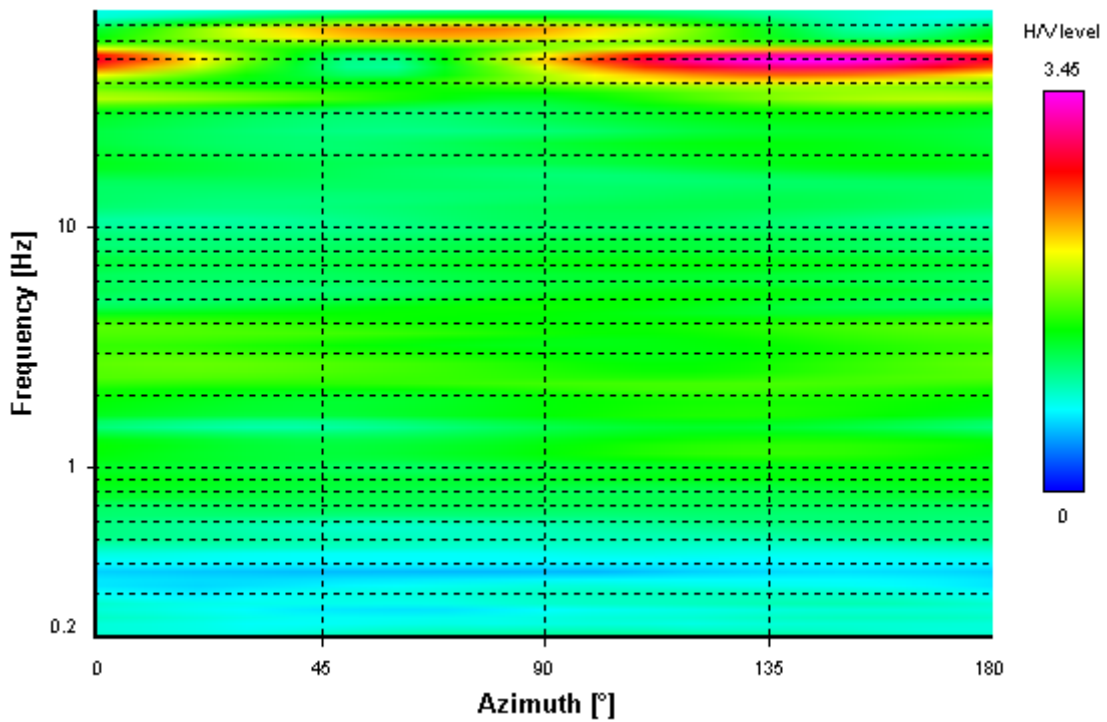
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



SURVEY INFORMATION

Date: 2024/03/06

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV11

Address: Loc. Lecchi

Latitude: 4811607

Longitude: 1694153

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 408 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: assente

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

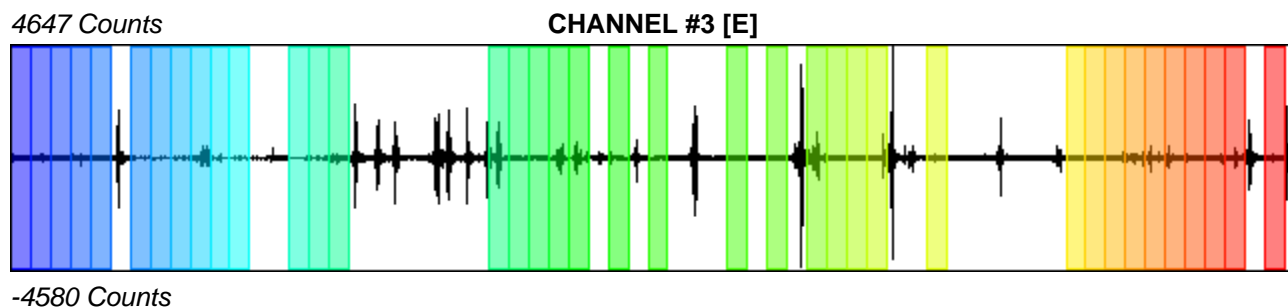
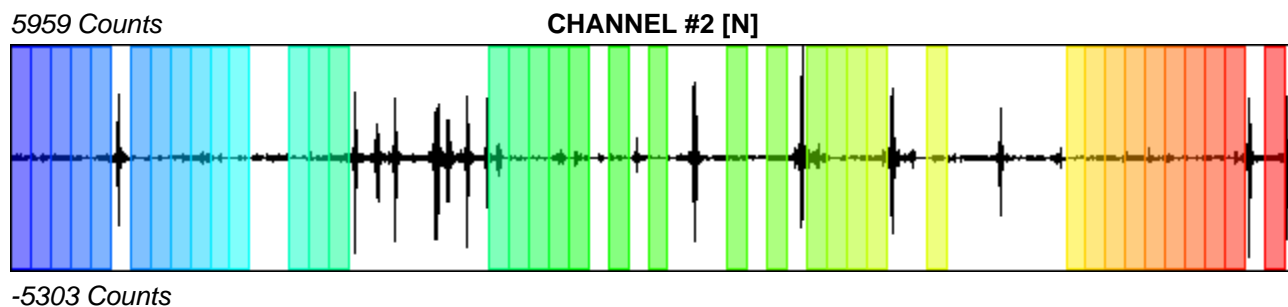
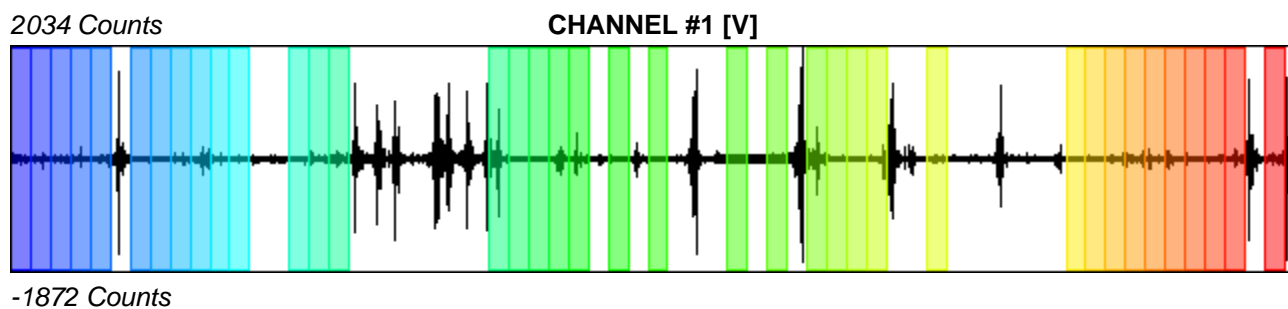
Recording start time: 2024/03/06 15:33:22

Recording length: 21.5 min

Windows count: 38

Average windows length: 20

Signal coverage: 58.91%



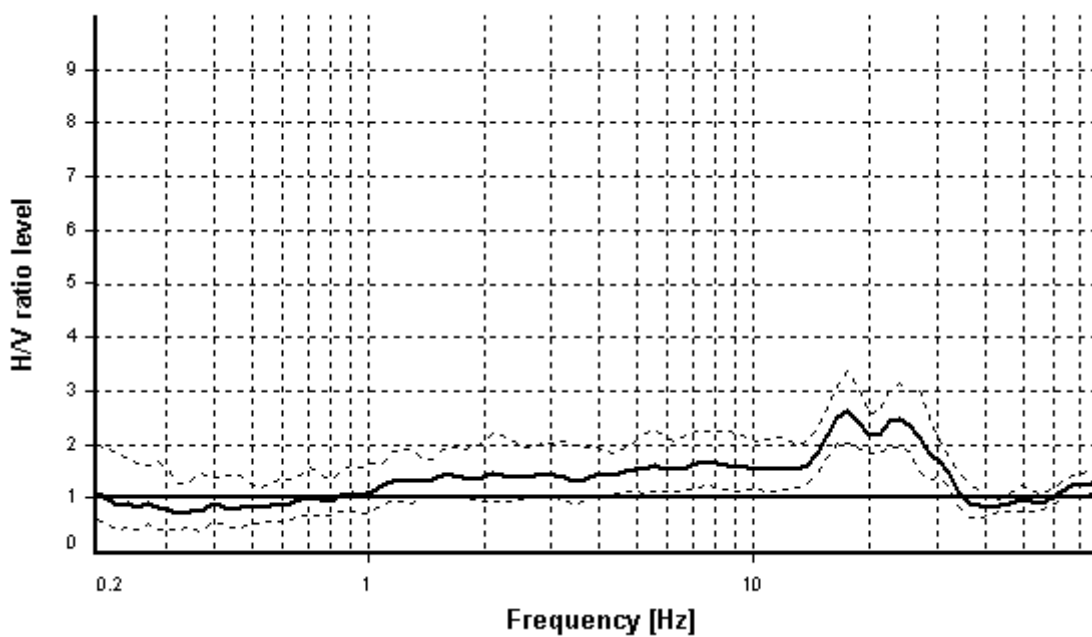
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

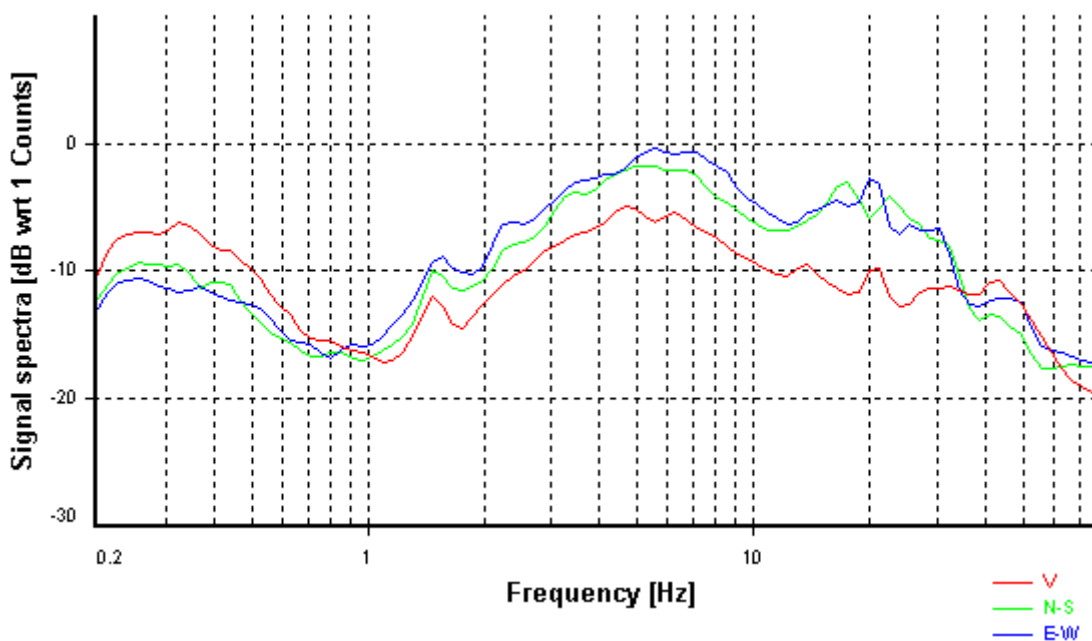
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

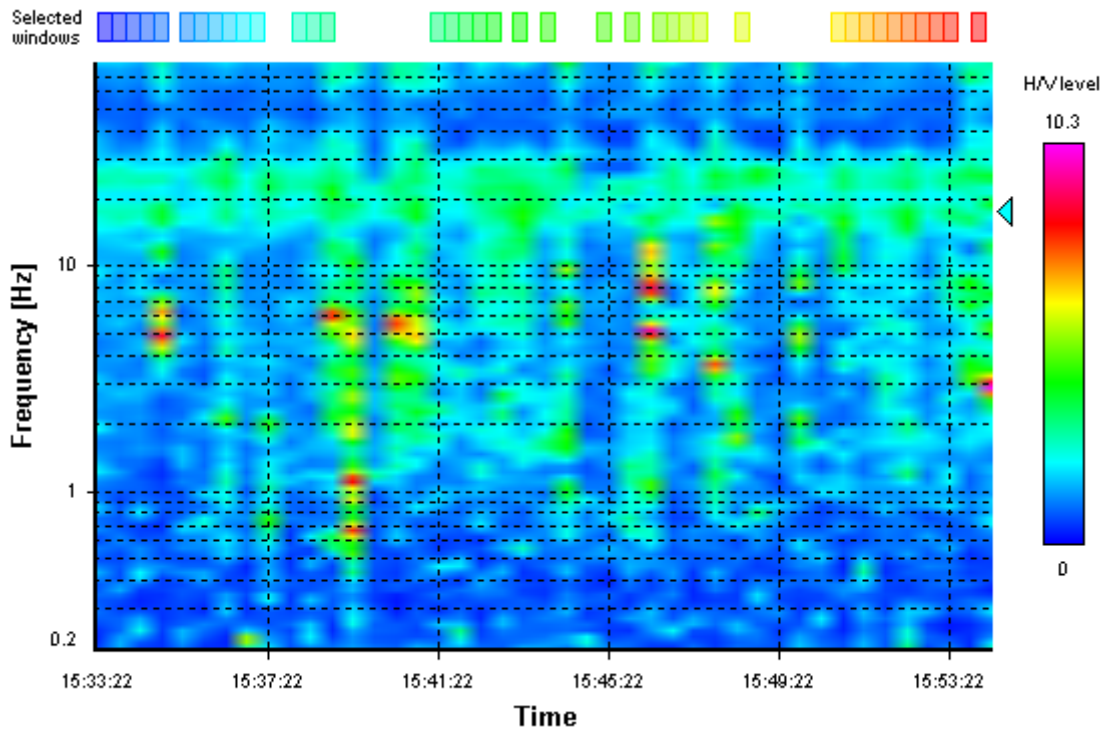
HVSR average



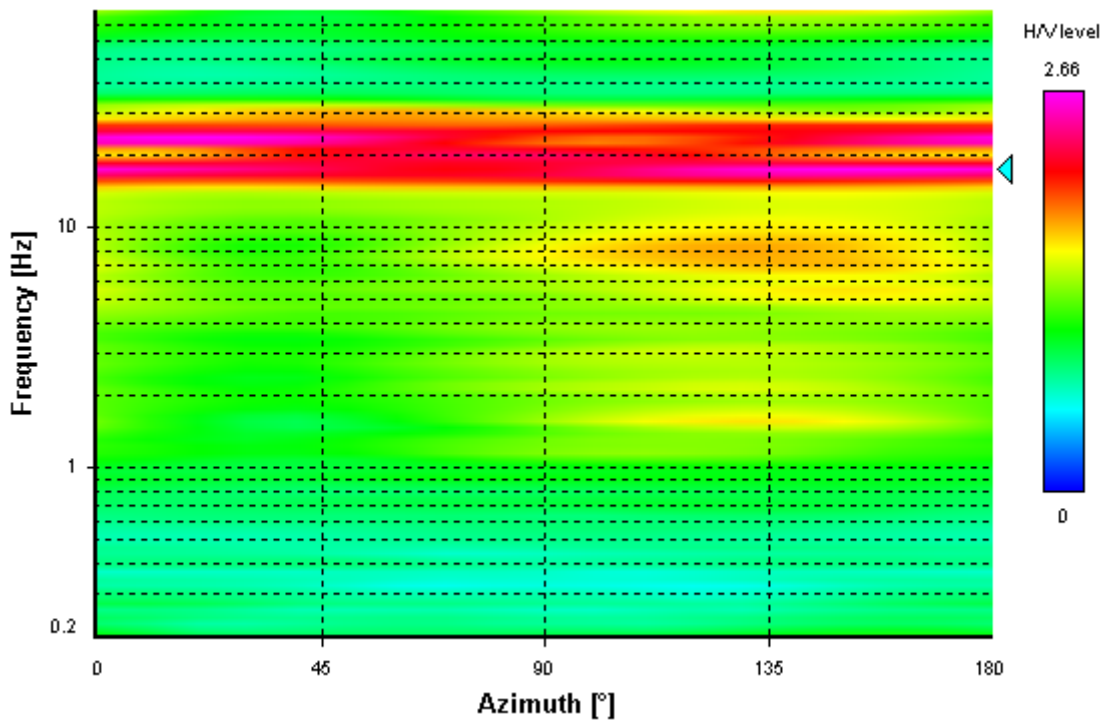
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



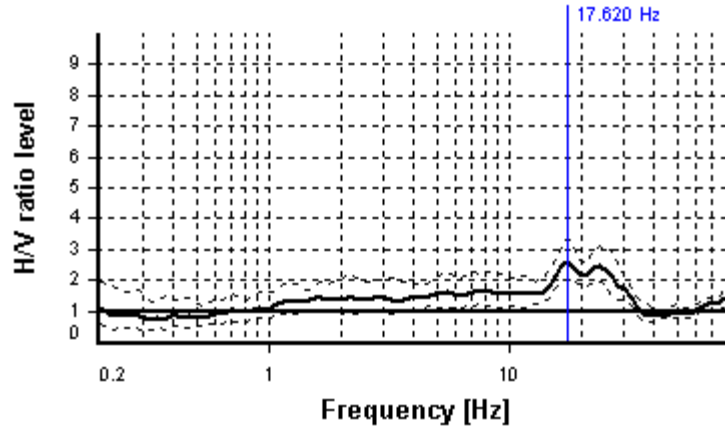
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

17.620 Hz

A_0 amplitude = 2.611

Average $f_0 = 20.135 \pm 3.254$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 38 valid windows (length > 0.57 s) out of 38 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 13391.15 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 0 Hz | NO |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 34.2864 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 2.61 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0% <= 5% | OK |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 3.254 >= 0.881 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.2874 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/03/06

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV12

Address: Loc. Pianella

Latitude: 4803441

Longitude: 1695944

Coordinate system: G.B. W

Elevation: 219 m

Weather: Vento: assente - Pioggia: debole

Notes: TRANSIENTI:
Traffico veicolare: assente
Macchinari industriali: assenti
Altro: --

STATION INFORMATION

Station code: 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

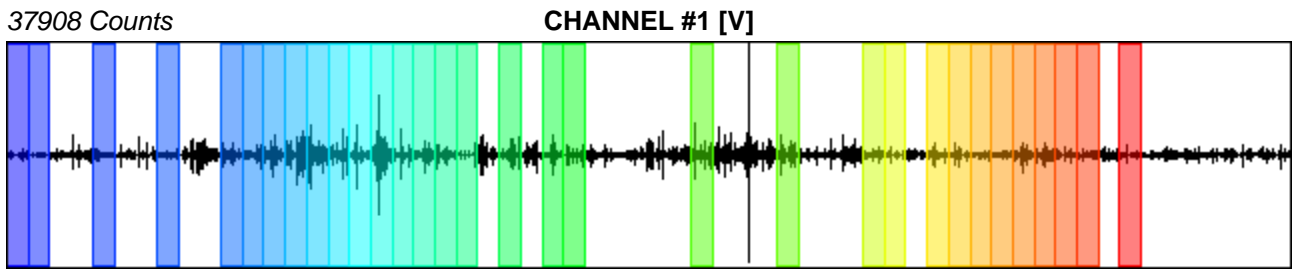
Recording start time: 2024/03/06 15:40:03

Recording length: 20 min

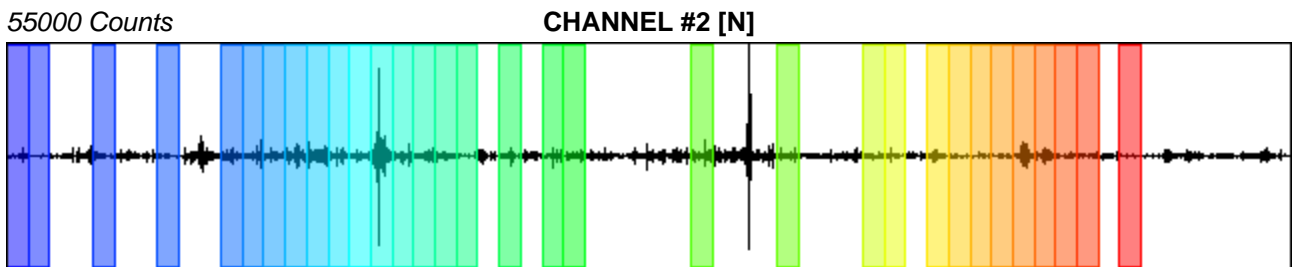
Windows count: 32

Average windows length: 20

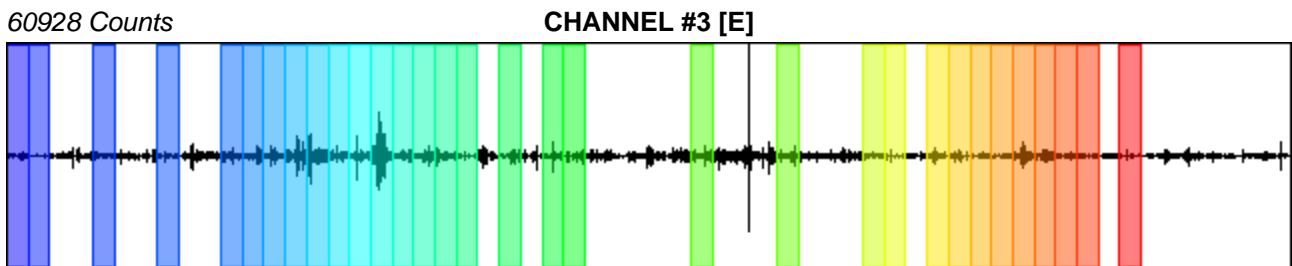
Signal coverage: 53.33%



-36257 Counts



-45984 Counts



-40870 Counts

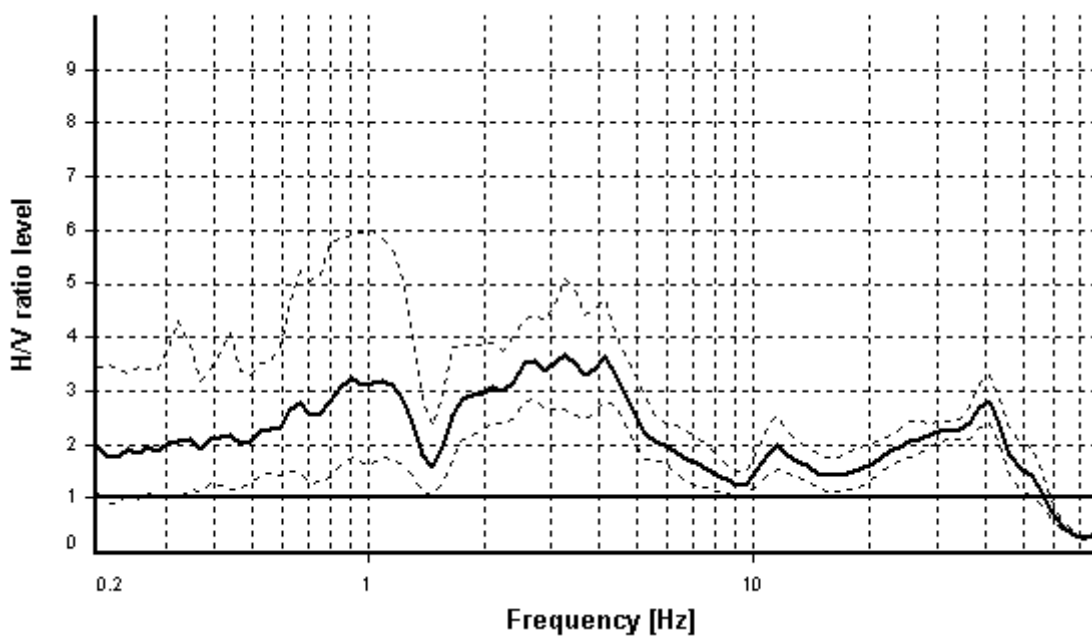
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

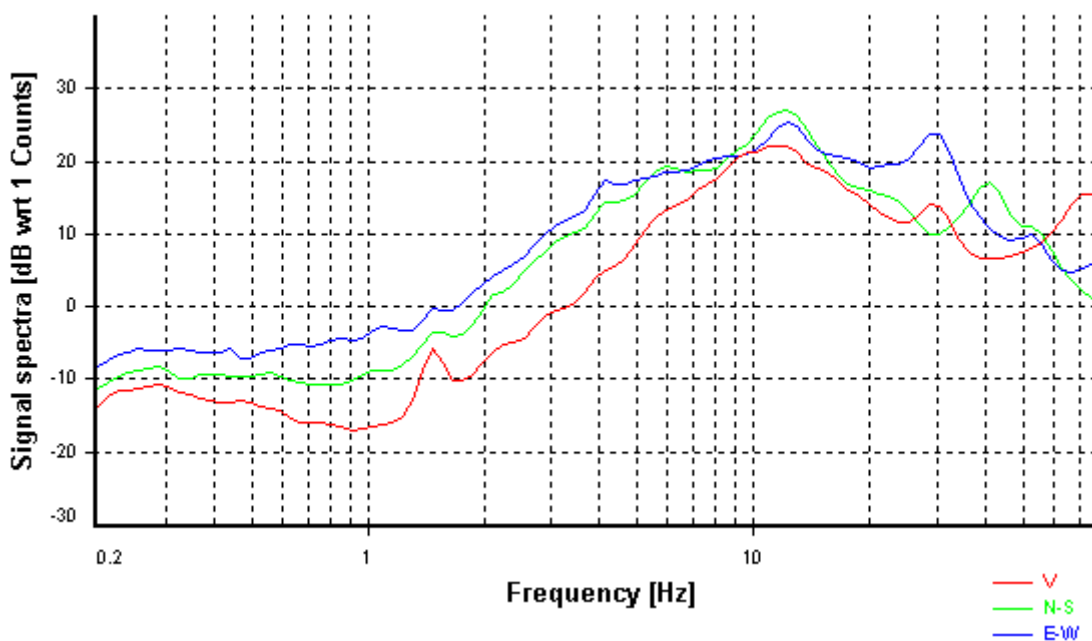
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

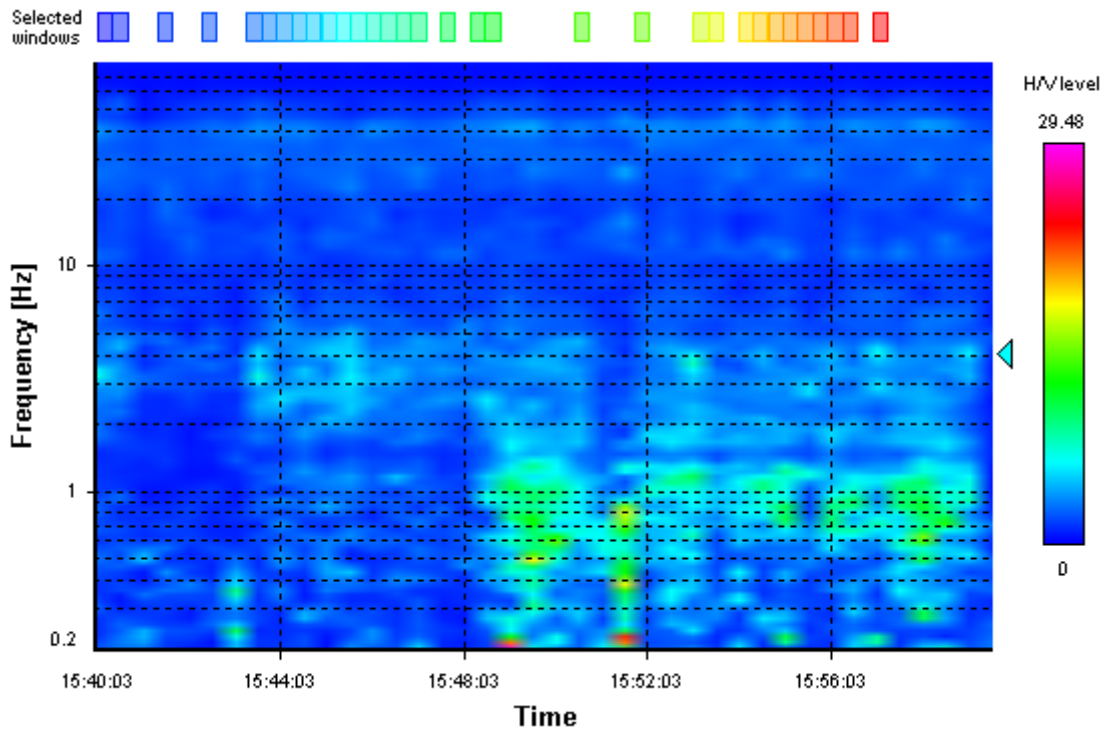
HVSR average



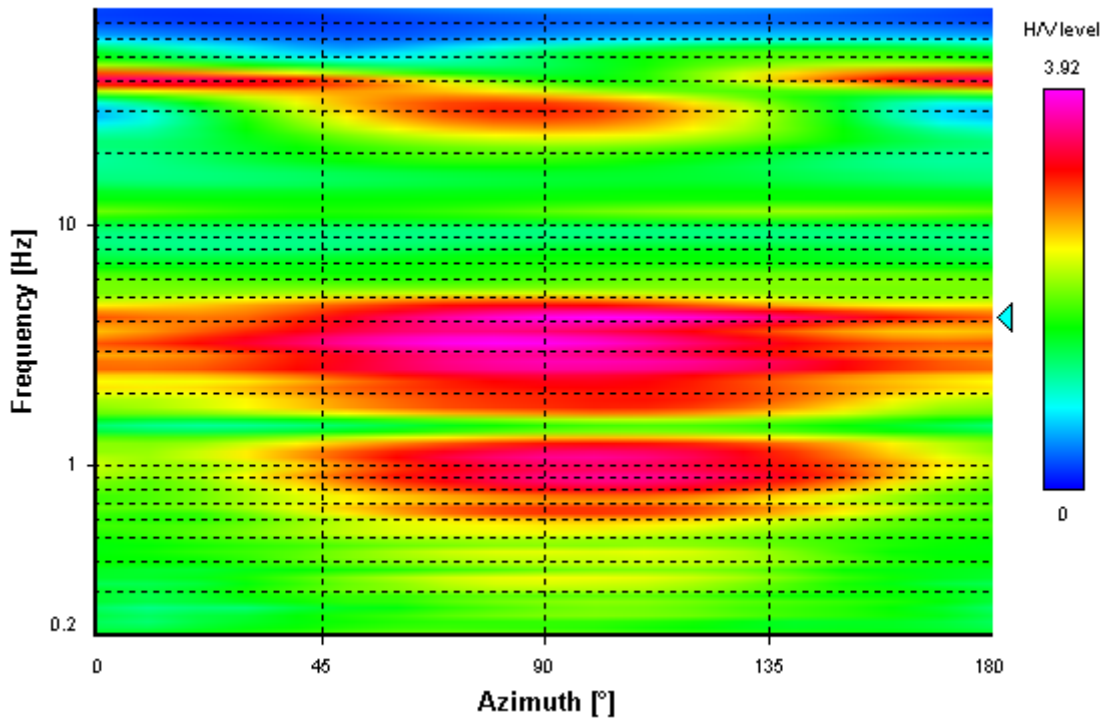
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



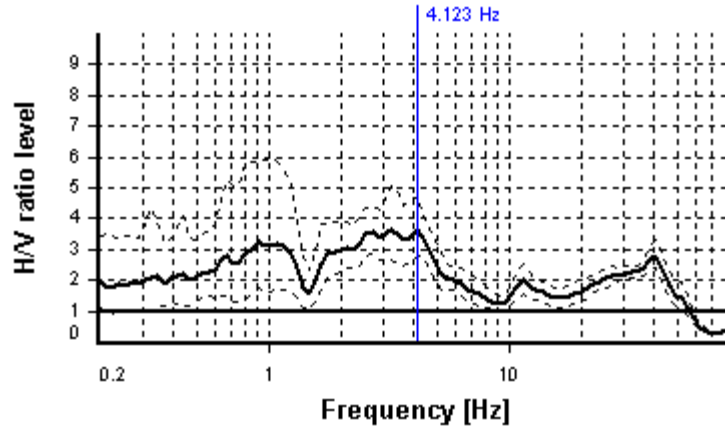
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.123 Hz

A_0 amplitude = 3.641

Average $f_0 = 3.619 \pm 0.511$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 32 valid windows (length > 2.43 s) out of 32 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 2638.65 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 1.47361 Hz | OK |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 6.69066 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 3.64 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 21.5% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.51143 \geq 0.20614 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.29353 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

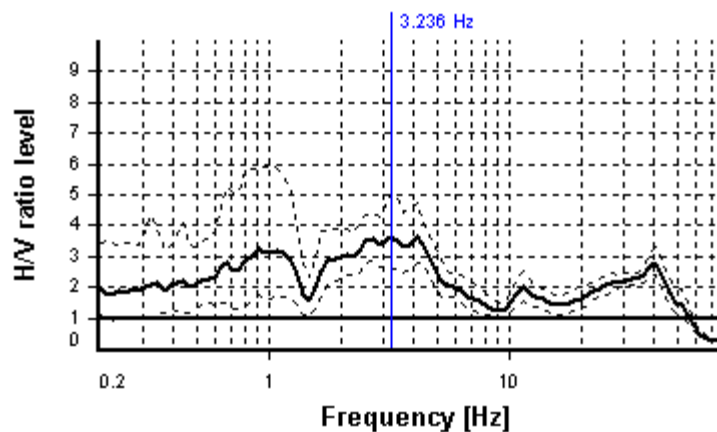
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.236 Hz

A_0 amplitude = 3.668

Average $f_0 = 3.275 \pm 0.719$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 32 valid windows (length > 3.09 s) out of 32 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 2071.32 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 1.47361 Hz | OK |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 6.69066 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 3.67 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 16.6% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.71944 >= 0.16182 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.38682 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

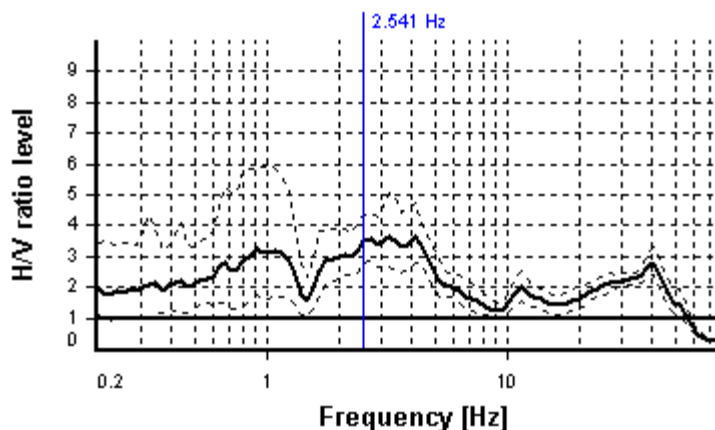
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.541 Hz

A_0 amplitude = 3.506

Average $f_0 = 2.542 \pm 0.596$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 32 valid windows (length > 3.94 s) out of 32 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 1625.98 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 23 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | 1.47361 Hz | OK |
| $\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | 6.69066 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 3.51 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 27.39% > 5% | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.59596 \geq 0.12703 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.24321 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | NO |

Dr Geol. Lucia Mosconi

STRATIGRAFIE SONDAGGI

| | | | |
|-------------|-----------------|-------|----------|
| Committente | Sig. Corsi Siro | Data | 20-03-09 |
| Localita' | Argenina | Quota | |

| Spessore strati | Profondita' | Litotipo | Stratigrafia | DESCRIZIONE | Carotaggio % | Campioni | Quota falda | SPT | Pocket penetrom. Kg/cm |
|-----------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|------------------------|
|-----------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|------------------------|

SONDAGGIO 1

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|-----|-----|--------------|---|---|--|--|--|----------------------|--|
| 1.1 | 1.1 | Tr | 1 | Terrano di riporto costituito da ciottoli con terreno sabbioso. | | | | SPT 1/S1 | |
| 0.6 | 1.7 | S | 2 | Sabbie argillose addensate di colore ocra arancio. | | | | 1,60-2,05 7-15-18 | |
| 1.2 | 2.9 | AS | 3 | Argilla sabbiosa ocra arancio debolmente variegata plastica. | | | | | |
| 2.1 | 5.0 | LS | 4 | Limo sabbioso argilloso grigio addensato con passate marroni. | | | | SPT 2/S1 | |
| | | | 5 | Fondo foro. | | | | 3,50-3,95 9-21-28 | |

SONDAGGIO 2

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|------|------|--------------|---|---|--|--|--|----------------------|--|
| 0.9 | 0.9 | Tr | 1 | Terrano di riporto costituito da limi argillosi con blocchi di pietre e laterizi. | | | | SPT 1/S2 | |
| 0.55 | 1.45 | AS | 2 | Argilla limosa sabbiosa grigio verde e marrone debolmente plastica. | | | | 1,00-1,45 7-16-24 | |
| 3.01 | 3.5 | LS | 3 | Limo sabbioso con passate più grossolane grigio verde addensato. | | | | SPT 2/S2 | |
| | | | | Fondo foro. | | | | 3,50-3,95 9-19-24 | |

SONDAGGIO 3

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|------|-----|--------------|---|--|--|--|--|-----------------------|--|
| 0.9 | 0.9 | Tr | 1 | Terrano alterato, suolo debolmente plastico. | | | | SPT 1/S3 | |
| 2.06 | 2.5 | S | 2 | Sabbie marroni limoso argillose con livelli neri contenenti torba addensate. | | | | 1,30-1,75 14-21-27 | |

Fondo foro.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Località Loc. Argenina Data 20-03-09

Sondaggio N. 1

S1 ARGENINA
DA m 0,0
A m 5,0



Sondaggio N. 2

S2 ARGENINA
DA m 0,0
A m 3,5



Sondaggio N. 3

S3 ARGENINA
DA m 0,0
A m 2,5



Dr Geol. Lucia Mosconi

STRATIGRAFIE SONDAGGI

| | | | |
|-------------|-----------------|-------|----------|
| Committente | Sig. Corsi Siro | Data | 20-03-09 |
| Localita' | Argenina | Quota | |

| Spessore strati | Profondita' | Litotipo | Stratigrafia | DESCRIZIONE | Carotaggio % | Campioni | Quota falda | SPT | Pocket penetrom. Kg/cm |
|-----------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|------------------------|
|-----------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|------------------------|

SONDAGGIO 1

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|-----|-----|--------------|---|---|--|--|--|----------------------|--|
| 1.1 | 1.1 | Tr | 1 | Terrano di riporto costituito da ciottoli con terreno sabbioso. | | | | SPT 1/S1 | |
| 0.6 | 1.7 | S | 2 | Sabbie argillose addensate di colore ocra arancio. | | | | 1,60-2,05 7-15-18 | |
| 1.2 | 2.9 | AS | 3 | Argilla sabbiosa ocra arancio debolmente variegata plastica. | | | | | |
| 2.1 | 5.0 | LS | 4 | Limo sabbioso argilloso grigio addensato con passate marroni. | | | | SPT 2/S1 | |
| | | | 5 | Fondo foro. | | | | 3,50-3,95 9-21-28 | |

SONDAGGIO 2

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|------|------|--------------|---|---|--|--|--|----------------------|--|
| 0.9 | 0.9 | Tr | 1 | Terrano di riporto costituito da limi argillosi con blocchi di pietre e laterizi. | | | | SPT 1/S2 | |
| 0.55 | 1.45 | AS | 2 | Argilla limosa sabbiosa grigio verde e marrone debolmente plastica. | | | | 1,00-1,45 7-16-24 | |
| 3.01 | 3.5 | LS | 3 | Limo sabbioso con passate più grossolane grigio verde addensato. | | | | SPT 2/S2 | |
| | | | | Fondo foro. | | | | 3,50-3,95 9-19-24 | |

SONDAGGIO 3

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|------|-----|--------------|---|--|--|--|--|-----------------------|--|
| 0.9 | 0.9 | Tr | 1 | Terrano alterato, suolo debolmente plastico. | | | | SPT 1/S3 | |
| 2.06 | 2.5 | S | 2 | Sabbie marroni limoso argillose con livelli neri contenenti torba addensate. | | | | 1,30-1,75 14-21-27 | |
| | | | | Fondo foro. | | | | | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Località Loc. Argenina Data 20-03-09

Sondaggio N. 1

S1 ARGENINA
DA m 0,0
A m 5,0



Sondaggio N. 2

S2 ARGENINA
DA m 0,0
A m 3,5



Sondaggio N. 3

S3 ARGENINA
DA m 0,0
A m 2,5



Dr Geol. Lucia Mosconi

STRATIGRAFIE SONDAGGI

| | | | |
|-------------|-----------------|-------|----------|
| Committente | Sig. Corsi Siro | Data | 20-03-09 |
| Localita' | Argenina | Quota | |

| Spessore strati | Profondita' | Litotipo | Stratigrafia | DESCRIZIONE | Carotaggio % | Campioni | Quota falda | SPT | Pocket penetrom. Kg/cm |
|-----------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|------------------------|
|-----------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|------------------------|

SONDAGGIO 1

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|-----|-----|--------------|---|---|--|--|--|----------------------|--|
| 1.1 | 1.1 | Tr | 1 | Terrano di riporto costituito da ciottoli con terreno sabbioso. | | | | SPT 1/S1 | |
| 0.6 | 1.7 | S | 2 | Sabbie argillose addensate di colore ocra arancio. | | | | 1,60-2,05 7-15-18 | |
| 1.2 | 2.9 | AS | 3 | Argilla sabbiosa ocra arancio debolmente variegata plastica. | | | | | |
| 2.1 | 5.0 | LS | 4 | Limo sabbioso argilloso grigio addensato con passate marroni. | | | | SPT 2/S1 | |
| | | | 5 | Fondo foro. | | | | 3,50-3,95 9-21-28 | |

SONDAGGIO 2

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|------|------|--------------|---|---|--|--|--|----------------------|--|
| 0.9 | 0.9 | Tr | 1 | Terrano di riporto costituito da limi argillosi con blocchi di pietre e laterizi. | | | | SPT 1/S2 | |
| 0.55 | 1.45 | AS | 2 | Argilla limosa sabbiosa grigio verde e marrone debolmente plastica. | | | | 1,00-1,45 7-16-24 | |
| 3.01 | 3.5 | LS | 3 | Limo sabbioso con passate più grossolane grigio verde addensato. | | | | SPT 2/S2 | |
| | | | | Fondo foro. | | | | 3,50-3,95 9-19-24 | |

SONDAGGIO 3

| | | 0 - 50 - 100 | | | | | | | |
|------|-----|--------------|---|--|--|--|--|-----------------------|--|
| 0.9 | 0.9 | Tr | 1 | Terrano alterato, suolo debolmente plastico. | | | | SPT 1/S3 | |
| 2.06 | 2.5 | S | 2 | Sabbie marroni limoso argillose con livelli neri contenenti torba addensate. | | | | 1,30-1,75 14-21-27 | |
| | | | | Fondo foro. | | | | | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Località Loc. Argenina Data 20-03-09

Sondaggio N. 1

S1 ARGENINA
DA m 0,0
A m 5,0



Sondaggio N. 2

S2 ARGENINA
DA m 0,0
A m 3,5



Sondaggio N. 3

S2 ARGENINA
DA m 0,0
A m 2,5





GEOSOL s.n.c.

Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA

Sondaggio n.1

Data: 13/09/01

Ditta esecutrice: TECNA s.r.l.

Supervisore: dott. Manola Bardelli

Committente: Castello di Ama S.p.A. - Gaiole in Chianti

Numero archivio: 2548

Localita': Ama

Quota: 510 m s.l.m.

| mm | Q. Perforazione | m | Spessore strati | m | Profondita' | m | Riferimento | Stratigrafia | Descrizione | % Carotaggio | % R.Q.D. | Quota falda | SPT | Pocket penetr. kg/cmq | Van test kg/cmq |
|----|-----------------|---|-----------------|---|-------------|---|-------------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|-----------------------|-----------------|
|----|-----------------|---|-----------------|---|-------------|---|-------------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----|-----------------------|-----------------|

ind. sem.
ind.
rim.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|------|--|----|--|--|--|--|---|--|--|--|----------|--|--|
| 0.65 | | 0.65 | | | | | | | <i>Riporto</i> | | | | | | |
| 1.15 | | 1.15 | | 1 | | | | | <i>Calcare marnoso grigio chiaro</i> | | | | | | |
| 1.50 | | 1.50 | | | | | | | <i>Argilliti marrone-rossastro</i> | | | | | | |
| 0.50 | | 2.00 | | 2 | | | | | <i>Calcare marnoso</i> | | | | | | |
| 0.30 | | | | 3 | | | | | <i>Argilliti marrone-rossastro alterate</i> | | | | 2.45 | | |
| 0.30 | | 3.60 | | 4 | | | | | <i>Calcare marnoso</i> | | | | 10/12/12 | | |
| 1.30 | | 3.90 | | | | | | | <i>Argilliti talora con livelletti di calcare marnoso</i> | | | | | | |
| | | 5.20 | | 5 | | | | | | | | | | | |
| 1.90 | | | | 6 | | | | | <i>Calcarenite grigio scura</i> | | | | | | |
| | | 7.10 | | 7 | | | | | | | | | | | |
| 0.80 | | 8.00 | | 8 | | | | | <i>Argillite con livelli di calcite</i> | | | | | | |
| | | | | 9 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 10 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 11 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 12 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 13 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 14 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 15 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 16 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 17 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 18 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 19 | | | | | | | | | | | |

3.20 m

101



GEOSOL s.n.c.

Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA

Sondaggio n.2

Data: 14/09/01

Ditta esecutrice: TECNA s.r.l.

Supervisore: dott. Manola Bardelli

Committente: Castello di Ama S.p.A. - Gaiole in Chianti

Numero archivio: 2548

Localita': Ama

Quota: 510 m s.l.m.

| mm | m | m | m | | | % | % | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------|-----------|------|------|-------------|-----|-----------------------|-----------------|
| Q. Perforazione | Spessore strati | Profondita' | Riferimento | Stratigrafia | Descrizione | Carotaggio | R.Q.D. | ind. sem. | ind. | rim. | Quota falda | SPT | Pocket penetr. kg/cmq | Van test kg/cmq |

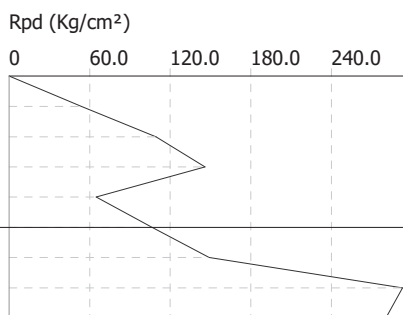
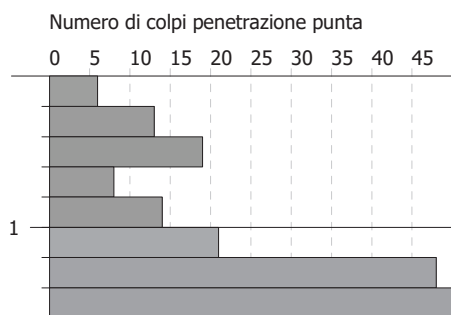


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

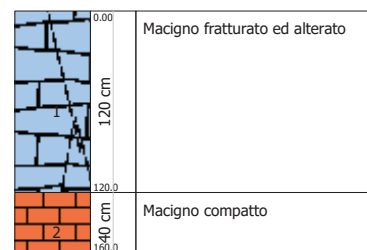
Committente: Soc. Agr. Riecine S.S.
Descrizione: Riecine - Gaiole in Chianti
Località: Riecine - Gaiole in Chianti (SI)

Data: 18/01/2019

Scala 1:50



Interpretazione Stratigrafica

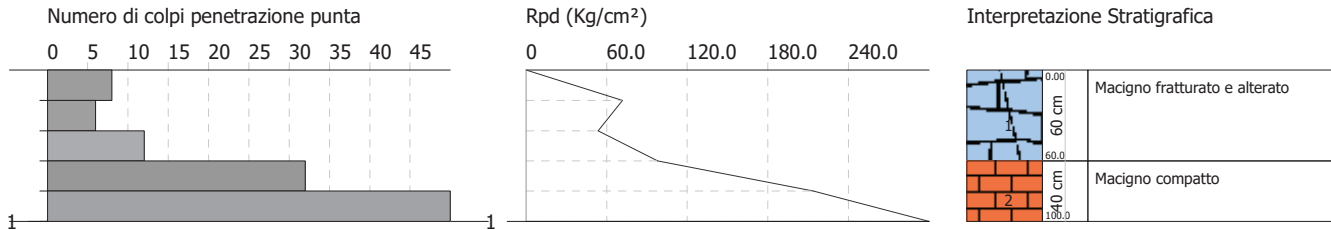


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Soc. Agr. Riecine S.S.
Descrizione: Riecine - Gaiole in Chianti
Località: Riecine - Gaiole in Chianti (SI)

Data: 18/01/2019

Scala 1:50



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Soc. Agr. Riecine S.S.
 Descrizione: Riecine - Gaiole in Chianti
 Località: Riecine - Gaiole in Chianti (SI)

Data: 13/03/2019

Scala 1:50

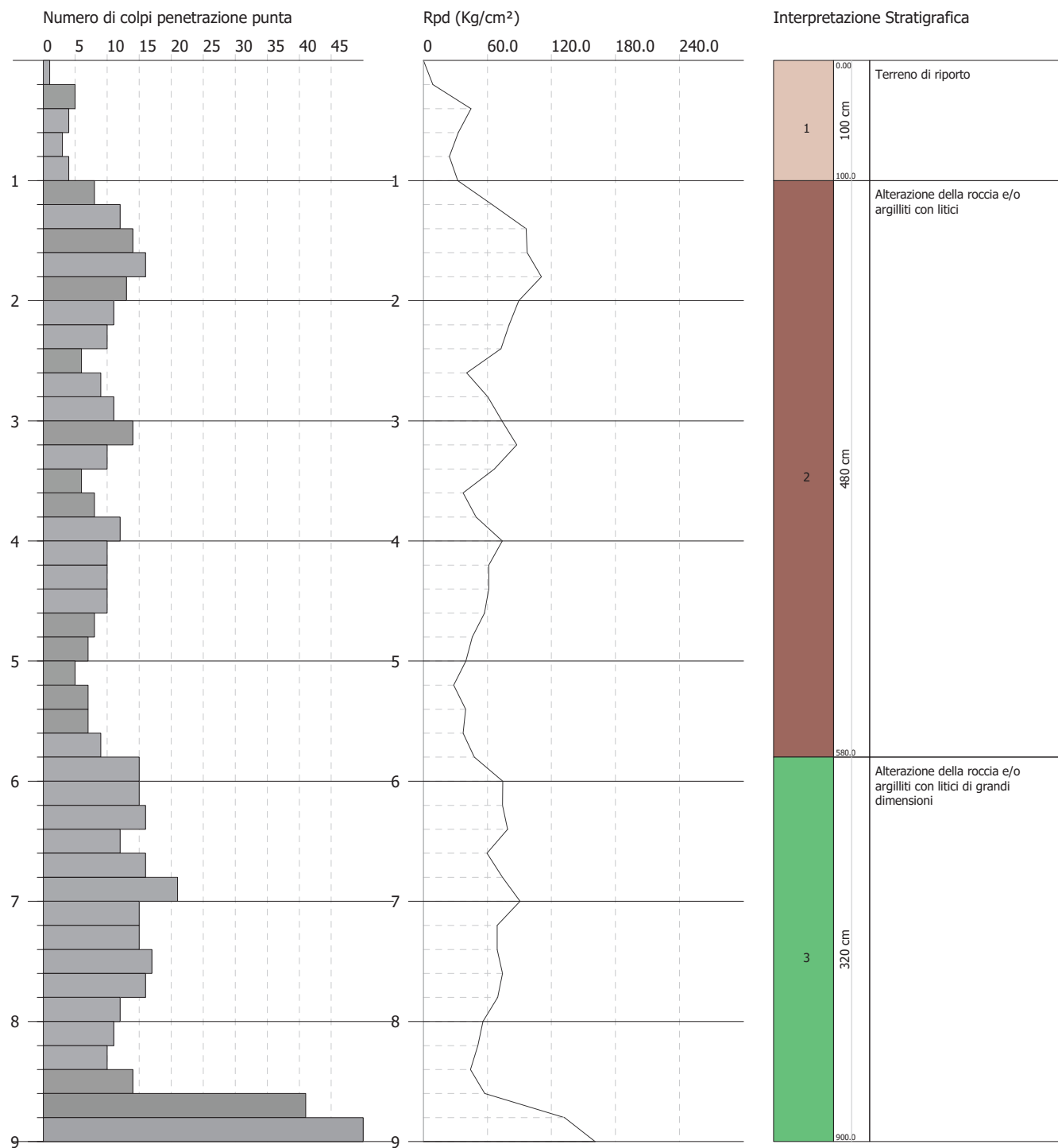


FIG.3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Soc. Agr. Riecine S.S.
Descrizione: Riecine - Gaiole in Chianti
Località: Riecine - Gaiole in Chianti (SI)

Data: 13/03/2019

Scala 1:50

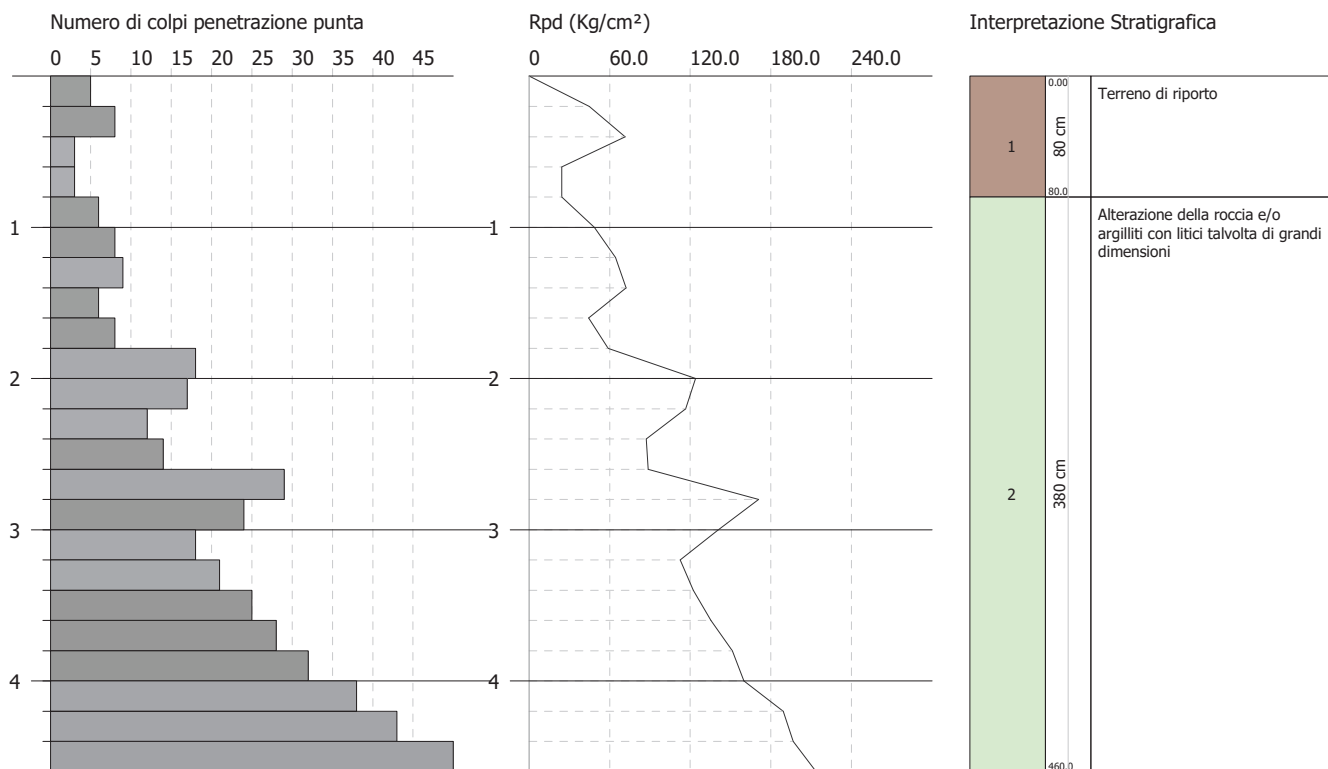
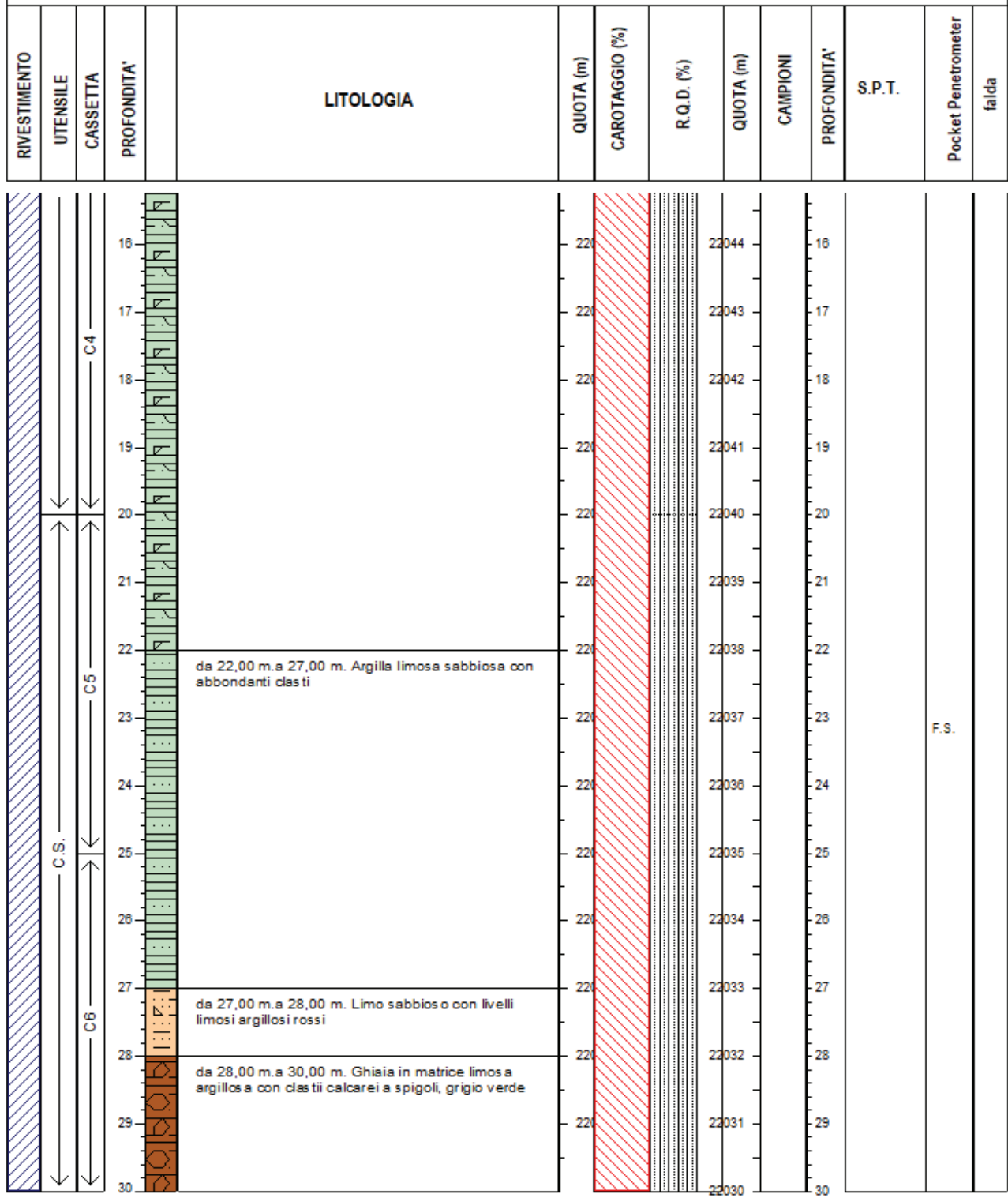


FIG.4

| Comune: Gaiole in Chianti | | | | Est: 1695840,92 | | | | SONDAGGIO N.: 1 | | | | | |
|--|----------|----------|-------------|---|-----------|----------------|------------|--|----------|---|----------|---------------------------------|-------|
| Località: Pianella | | | | Nord: 4803342,74 | | | | data Inizio: 03/05/2022 | | | | | |
| Committente: DIEVOLE S.P.A. | | | | Quota (m): 22060 | | | | data Fine: 04/05/2022 | | | | | |
| RIVESTIMENTO | UTENSILE | CASSETTA | PROFONDITA' | LITOLOGIA | QUOTA (m) | CAROTAGGIO (%) | R.Q.D. (%) | QUOTA (m) | CAMPIONI | PROFONDITA' | S.P.T. | Pocket Penetrometer | falda |
| | | | 0 | da 0,00 m.a 1,20 m. Massicciata | 22060 | | | 22060 | | | | | |
| | | | 1 | da 1,20 m.a 2,00 m. Ghiaia in matrice limosa sabbiosa | 22059 | | | 22059 | | | | | |
| | | | 2 | da 2,00 m.a 2,50 m. S1C1 | 22058 | | | 22058 | S1C1 | | | | |
| | | | 3 | da 2,50 m.a 4,00 m. Sabbia debolmente limosa | 22057 | | | 22057 | | | 3/5/3 | | |
| | | | 4 | da 4,00 m.a 5,80 m. Ghiaia in matrice sabbiosa, grossolana, con clasti quadrati | 22056 | | | 22056 | | | | | |
| | | | 5 | | 22055 | | | 22055 | | | 16/22/37 | | |
| | | | 6 | da 5,80 m.a 7,00 m. Ghiaia in matrice sabbiosa limosa | 22054 | | | 22054 | | | | | |
| | | | 7 | da 7,00 m.a 8,00 m. Argilla limosa rossa, con abbondanti concrezioni, dura | 22053 | | | 22053 | | | | F.S. | |
| | | | 8 | da 8,00 m.a 22,00 m. Argilla limosa rossa con clasti, dura | 22052 | | | 22052 | | | 17/17/37 | | F.S. |
| | | | 9 | | 22051 | | | 22051 | | | | | |
| | | | 10 | | 22050 | | | 22050 | | | | | |
| | | | 11 | | 22049 | | | 22049 | | | | | |
| | | | 12 | | 22048 | | | 22048 | | | | | |
| | | | 13 | | 22047 | | | 22047 | | | | | |
| | | | 14 | | 22046 | | | 22046 | | | | | |
| | | | 15 | | 22045 | | | 22045 | | | | | |
| UTENSILI: CAROTIERE CS=CAROTIERE SEMPLICE CD=CAROTIERE DOPPIO CS=CAROTIERE TRIPLO CAMPIONI: 1,2,3.....CAMPIONI INDISTURBATI a,b,c.....CAMPIONI DISTURBATI | | | | CORONE W= widia D= diamante T2 = corona per doppio carotiere T3 = corona per triplo carotiere T6 = con porta campione triplo carotiere | | | | PROF. ACQUA _____ _____ _____ | | PROF. RIVESTIMENTO _____ _____ _____ | | DATA _____ _____ _____ | |
| | | | | STRUMENTAZIONE INSTALLATA | | | | | | | | | |

| | | |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|
| Comune: Gaiole in Chianti | Est: 1695840,92 | SONDAGGIO N.: 1 |
| Località: Pianella | Nord: 4803342,74 | data Inizio: 03/05/2022 |
| Committente: DIEVOLE S.P.A. | Quota (m): 22060 | data Fine: 04/05/2022 |



| | | | | |
|--|---|-------------|--------------------|-------|
| UTENSILI: CAROTIERE CS=CAROTIERE SEMPLICE CD=CAROTIERE DOPPIO CS=CAROTIERE TRIPLO CAMPIONI: 1,2,3.....CAMPIONI INDISTURBATI a,b,c.....CAMPIONI DISTURBATI | CORONE W= widia D= diamante T2 = corona per doppio carotiere T3 = corona per triplo carotiere T6 = con porta campione triplo carotiere | PROF. ACQUA | PROF. RIVESTIMENTO | DATA |
| | STRUMENTAZIONE INSTALLATA _____ _____ | _____ | _____ | _____ |

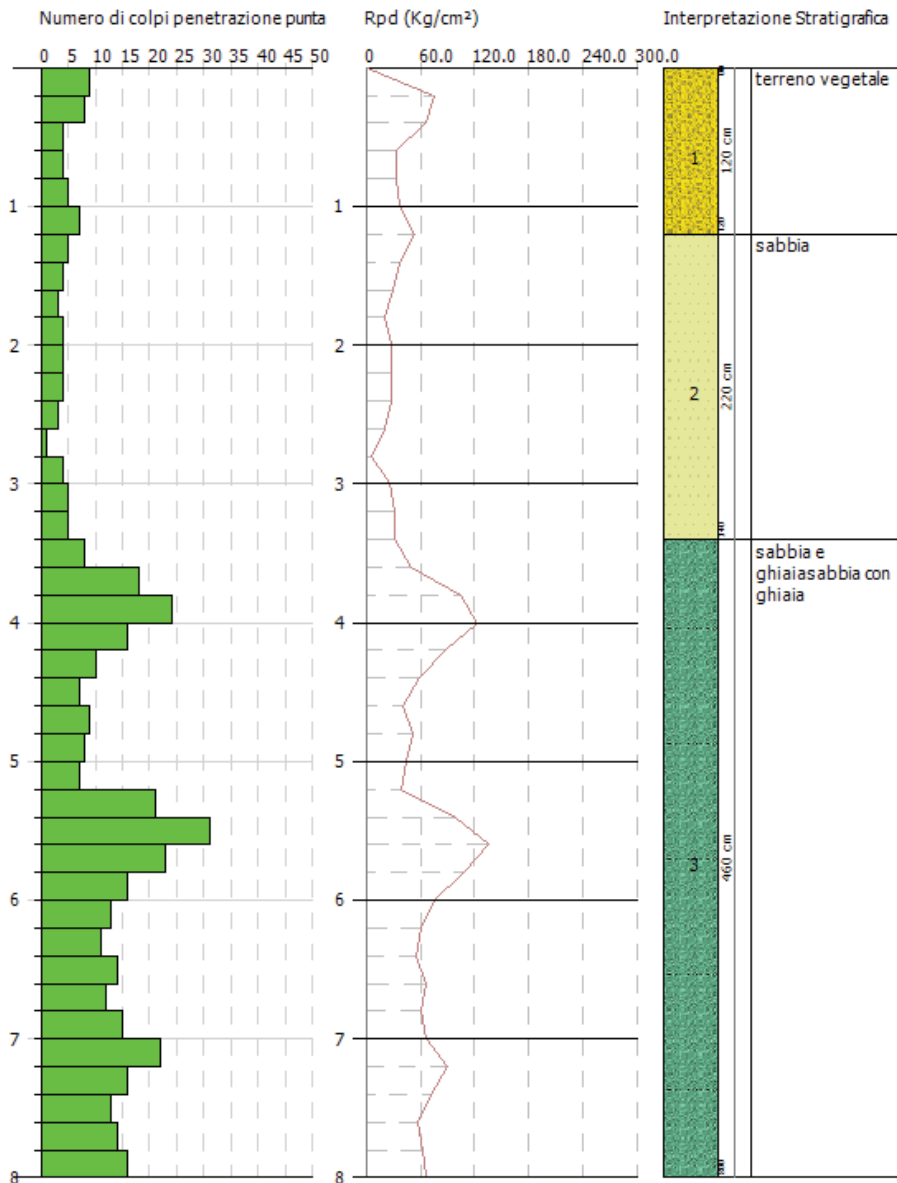
| RIVESTIMENTO | | UTENSILE | CASSETTA | PROFONDITA' | LITOLOGIA | QUOTA (m) | CAROTTAGGIO (%) | R.Q.D. (%) | QUOTA (m) | CAMPIONI | PROFONDITA' | S.P.T. | Pocket Penetrometer | falda | |
|--|--|----------|----------|-------------|---|-----------|-----------------|------------|-----------|--|-------------|---|---------------------|---------------------------------|--|
| Comune: Gaiole in Chianti | | | | | Est: 1695840,92 | | | | | SONDAGGIO N.: 2 | | | | | |
| Località: Pianella | | | | | Nord: 4803342,74 | | | | | data Inizio: 05/05/2022 | | | | | |
| Committente: DIEVOLE S.P.A. | | | | | Quota (m): 220.60 | | | | | data Fine: 05/05/2022 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| UTENSILI: CAROTIERE CS=CAROTIERE SEMPLICE CD=CAROTIERE DOPPIO CS=CAROTIERE TRIPLO CAMPIONI: 1,2,3.....CAMPIONI INDISTURBATI a,b,c.....CAMPIONI DISTURBATI | | | | | CORONE W= widia D= diamante T2 = corona per doppio carotiere T3 = corona per triplo carotiere T6 = con porta campione triplo carotiere | | | | | PROF. ACQUA _____ _____ _____ | | PROF. RIVESTIMENTO _____ _____ _____ | | DATA _____ _____ _____ | |
| STRUMENTAZIONE INSTALLATA _____ _____ | | | | | Dott. Luciano Pignattai Geologo - via Salceto 21- 53036 POGGIBONSI (SI) | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | e-mail: info@studiopignattai.eu - tel. 0577 982627 | | | | | |

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

Committente: DIEVOLE S.P.A.
Descrizione:
Localita': Pianella - Gaiole in Ch.

24-01-2017

Scala 1:39



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Densita' relativa (%) |
|--------------------------------------|-------|------------------|------------|---------------|-----------------------|
| terreno vegetale | 9.28 | 0.00-1.20 | 9.28 | Meyerhof 1957 | 71.41 |
| sabbia | 5.75 | 1.20-3.40 | 5.75 | Meyerhof 1957 | 48.5 |
| Sabbia e ghiaia sabbia con ghiaia | 22.50 | 3.40-8.00 | 22.50 | Meyerhof 1957 | 75.96 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|--------------------------------|------|------------------|------------|--------------|----------------------|
| Strato (1) terreno vegetale | 9.28 | 0.00-1.20 | 9.28 | De Mello | 27.06 |
| Strato (2) | 5.75 | 1.20-3.40 | 5.75 | De Mello | 24.2 |

| | | | | | |
|--|-------|-----------|-------|----------|-------|
| sabbia | | | | | |
| Strato (3) sabbia e ghiaia sabbia con ghiaia | 22.50 | 3.40-8.00 | 22.50 | De Mello | 26.93 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|--|-------|------------------|------------|----------------|--------------------------|
| Strato (1) terreno vegetale | 9.28 | 0.00-1.20 | 9.28 | Robertson 1983 | 18.56 |
| Strato (2) sabbia | 5.75 | 1.20-3.40 | 5.75 | Robertson 1983 | 11.50 |
| Strato (3) sabbia e ghiaia sabbia con ghiaia | 22.50 | 3.40-8.00 | 22.50 | Robertson 1983 | 45.00 |

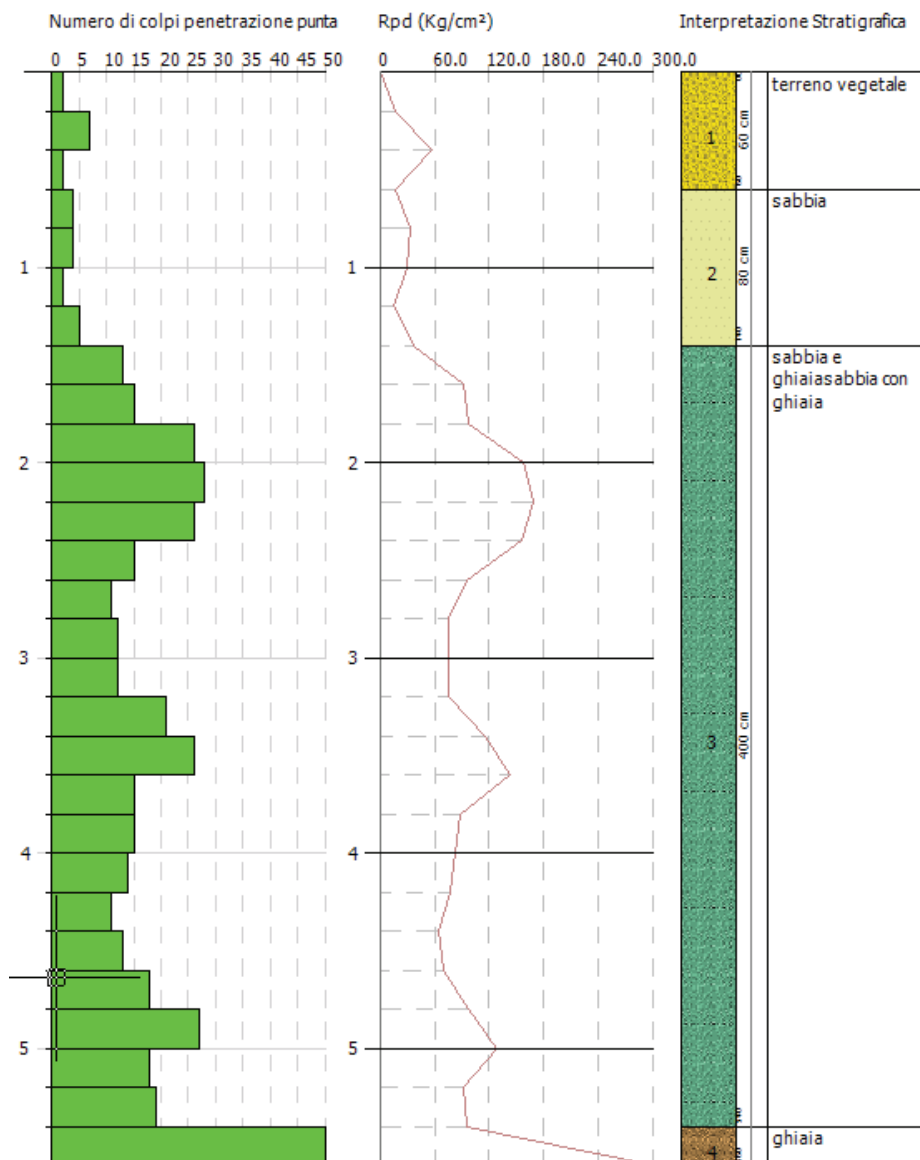
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: DIEVOLE S.P.A.
Descrizione:
Località: Pianella - Gaiole in Ch.

24-01-2017

Scala 1:28

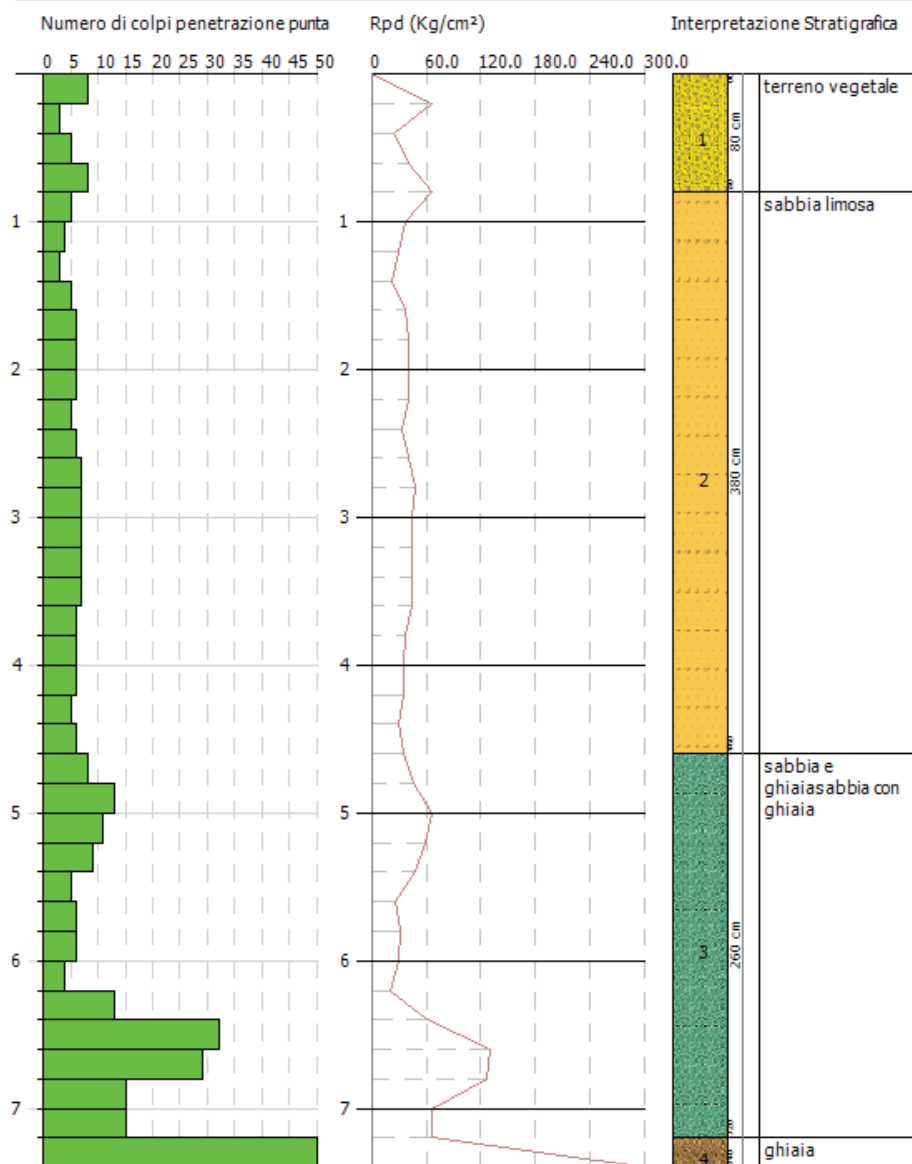


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato...DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: DIEVOLE S.P.A.
Descrizione:
Località: Pianella - Gaiole in Ch.

24-01-2017

Scala 1:37



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (Kg/cm²) |
|-----------------------------|------|------------------|------------------------------------|-------------|
| Strato (2) sabbia limosa | 8.71 | 0.80-4.60 | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | 0.78 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|-----------------------------|------|------------------|------------------|-------------|
| Strato (2) sabbia limosa | 8.71 | 0.80-4.60 | Robertson (1983) | 17.42 |

Modulo Edometrico

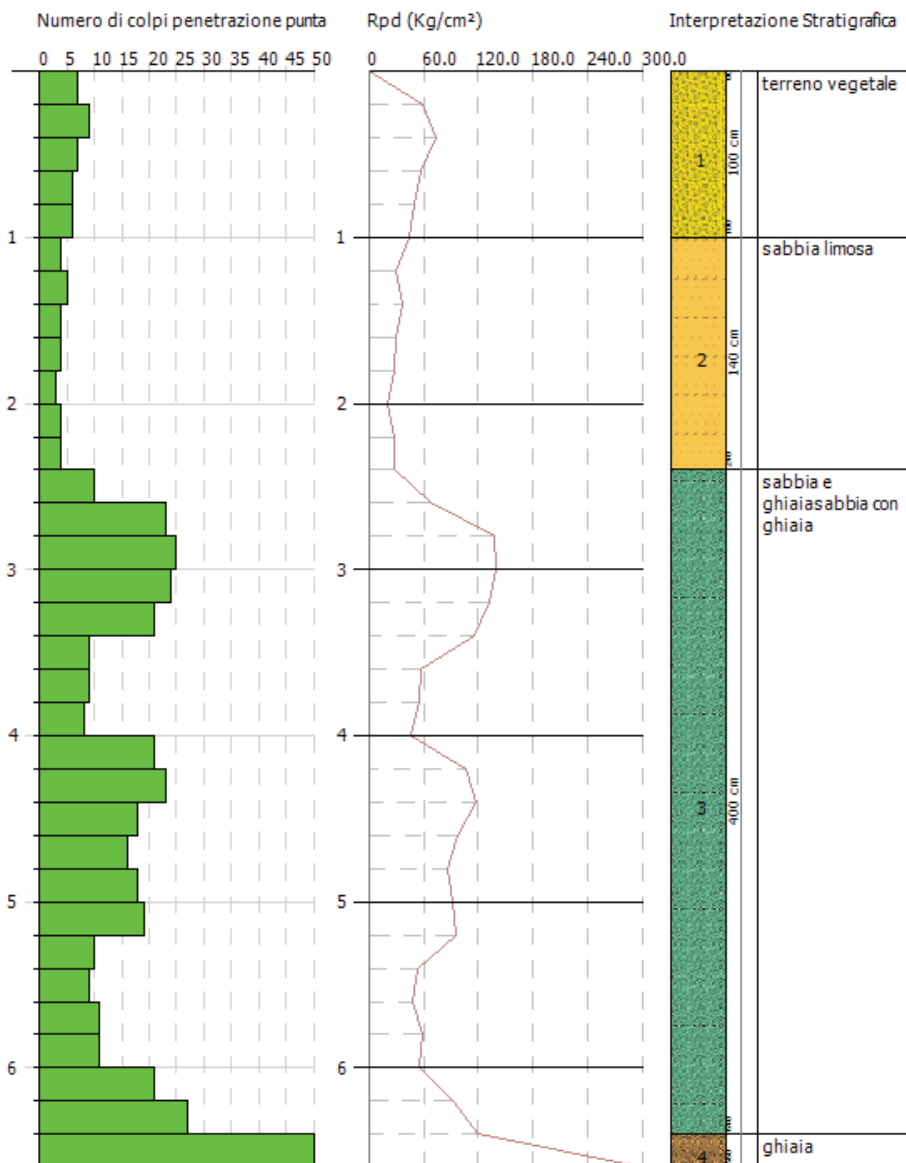
| Descrizione | NSPT | Prof. Strato | Correlazione | Eed |
|-------------|------|--------------|--------------|-----|
|-------------|------|--------------|--------------|-----|

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato...DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: DIEVOLE S.P.A.
Descrizione:
Località: Pianella - Gaiole in Ch.

24-01-2017

Scala 1:33



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (Kg/cm²) |
|-----------------------------|------|------------------|------------------------------------|-------------|
| Strato (2) sabbia limosa | 6.02 | 1.00-2.40 | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | 0.54 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|-----------------------------|------|------------------|------------------|-------------|
| Strato (2) sabbia limosa | 6.02 | 1.00-2.40 | Robertson (1983) | 12.04 |

Modulo Edometrico

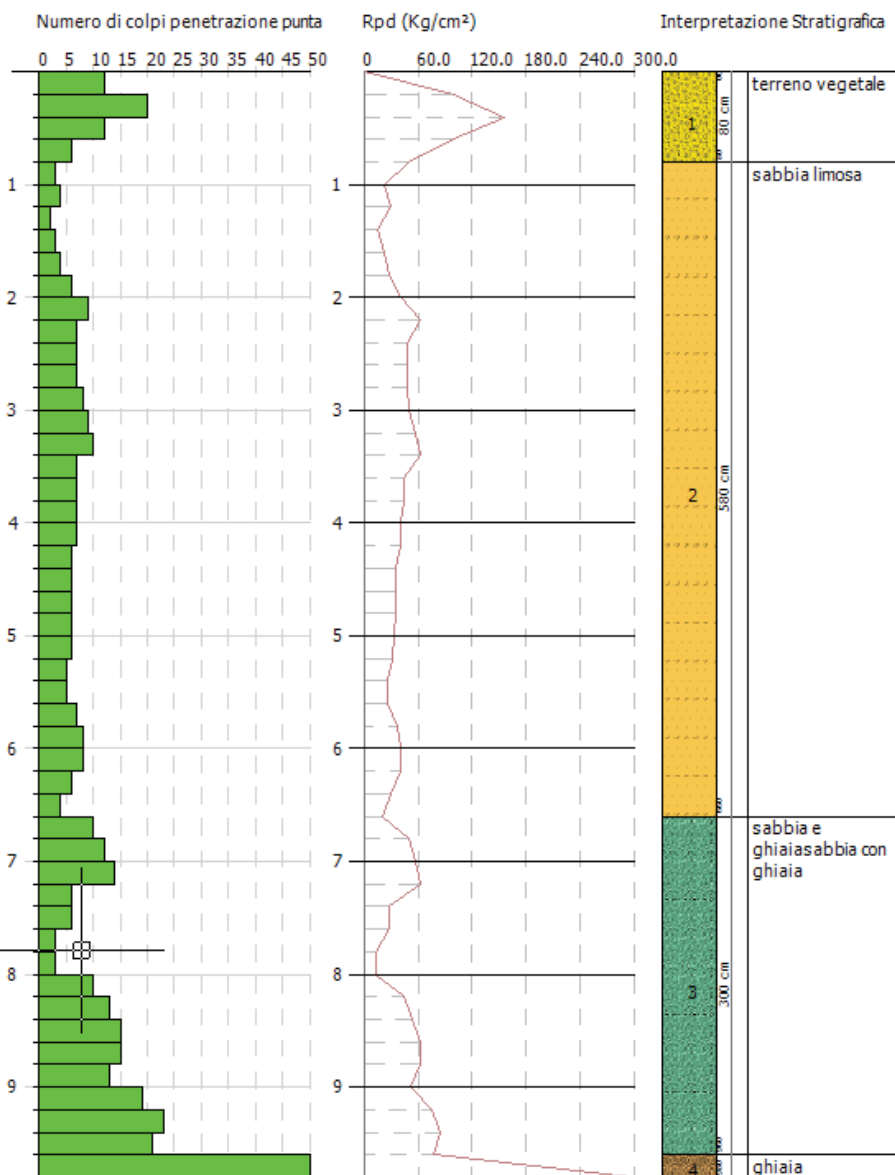
| Descrizione | NSPT | Prof. Strato | Correlazione | Eed |
|-------------|------|--------------|--------------|-----|
|-------------|------|--------------|--------------|-----|

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: DIEVOLE S.P.A.
Descrizione:
Località: Pianella - Gaiole in Ch.

24-01-2017

Scala 1:48



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (Kg/cm²) |
|-----------------------------|------|------------------|------------------------------------|-------------|
| Strato (2) sabbia limosa | 9.34 | 0.80-6.60 | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | 0.83 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|-----------------------------|------|------------------|------------------|-------------|
| Strato (2) sabbia limosa | 9.34 | 0.80-6.60 | Robertson (1983) | 18.68 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato | Correlazione | Eed |
|-------------|------|--------------|--------------|-----|
|-------------|------|--------------|--------------|-----|



Realizzazione DPSH1

➤ **INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI**

Dall'osservazione globale dei grafici riportanti i risultati delle penetrometrie è stato possibile individuare i seguenti litotipi:

| PROVA PENETROMETRICA DPSH1 | | | | | |
|----------------------------|------|-----------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N_{20} | | |
| | | | N_{20} min. | N_{20} max. | N_{20} med. |
| 0.00 | 1.20 | Terreno alterato rimaneggiato | 2 | 4 | 2.7 |
| 1.20 | 2.60 | Calcari ed argilliti stratificati | 10 | 45 | 18.3 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH2 | | | | | |
|----------------------------|------|-----------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N_{20} | | |
| | | | N_{20} min. | N_{20} max. | N_{20} med. |
| 0.00 | 0.80 | Terreno alterato rimaneggiato | 2 | 4 | 3.5 |
| 0.80 | 2.00 | Calcari ed argilliti stratificati | 9 | 45 | 19.3 |



Realizzazione DPSH1

➤ **INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI**

Dall'osservazione globale dei grafici riportanti i risultati delle penetrometrie è stato possibile individuare i seguenti litotipi:

| PROVA PENETROMETRICA DPSH1 | | | | | |
|----------------------------|------|-----------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N_{20} | | |
| | | | N_{20} min. | N_{20} max. | N_{20} med. |
| 0.00 | 1.20 | Terreno alterato rimaneggiato | 2 | 4 | 2.7 |
| 1.20 | 2.60 | Calcari ed argilliti stratificati | 10 | 45 | 18.3 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH2 | | | | | |
|----------------------------|------|-----------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N_{20} | | |
| | | | N_{20} min. | N_{20} max. | N_{20} med. |
| 0.00 | 0.80 | Terreno alterato rimaneggiato | 2 | 4 | 3.5 |
| 0.80 | 2.00 | Calcari ed argilliti stratificati | 9 | 45 | 19.3 |



Geo Probing di Francesco Becattini

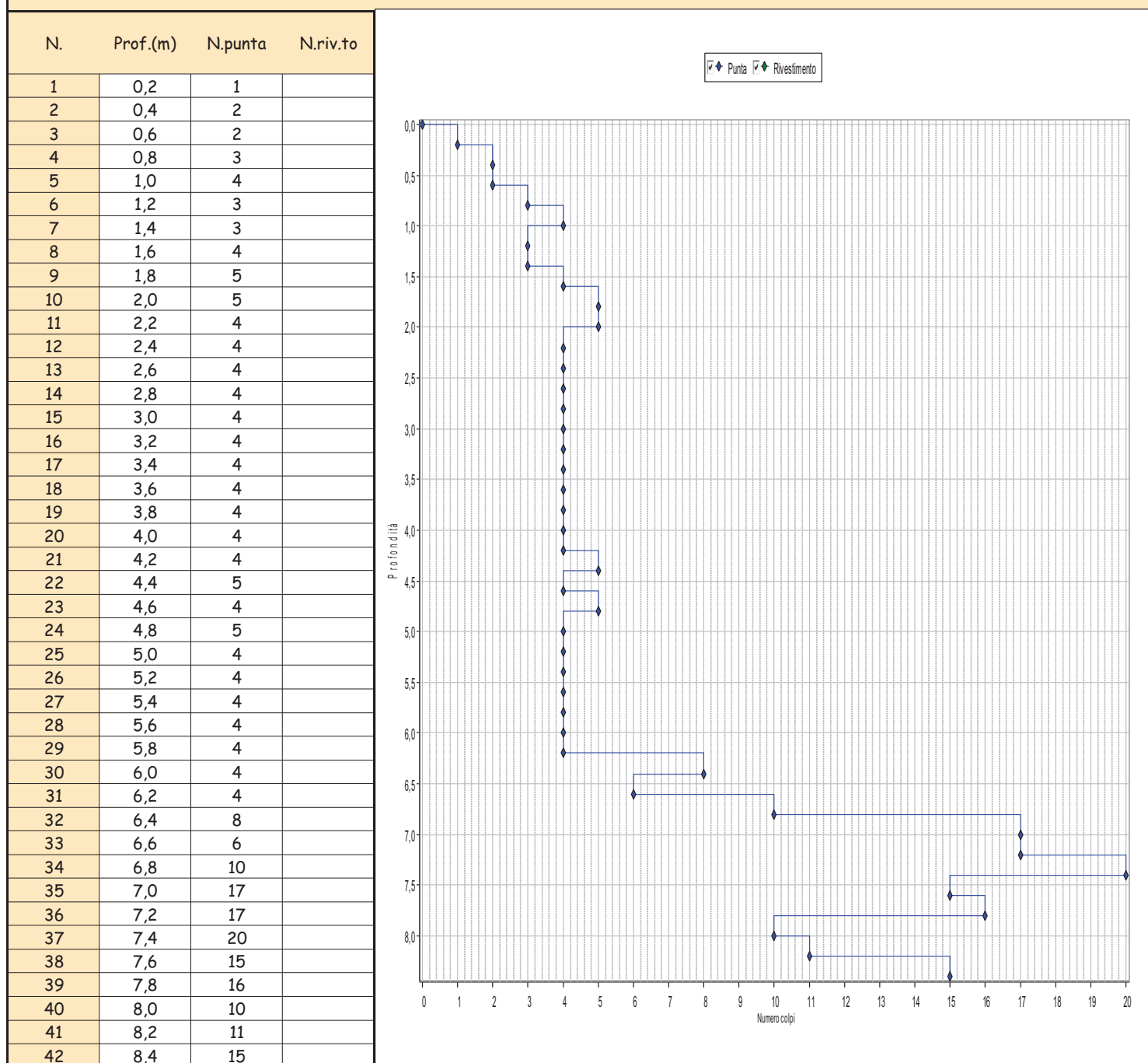
Sede: Str. Perugia - Ponte Valleceppi, 96 - 06135 Ponte Valleceppi (PG)

Cell. 347.6434222 - Tel e Fax: 075.5928321

e-mail: f.becattini@geoprobing.it - sito internet: www.geoprobing.it

| | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Committente: | Studio Geologico Moschini & Mosconi | | |
| Località: | Gaiole in Chianti (SI) | Quota s.l.m.(m): | |
| Data inizio cantiere: | 3 dicembre 2018 | Data fine cantiere: | 3 dicembre 2018 |
| | | Sigla: | DPSH 1 |
| Attrezzatura: | Pagani TG 63/200 | | |
| Coordinate geografiche: | | | |

TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA





| | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------------|
| Committente CASA S.p.A. | Profondità raggiunta 15 | Quota Ass. P.C. 327 | Certificato n° | Pagina |
| Operatore GENTILI S.r.l. | Indagine SONDAGGIO GEOGNOSTICO | Note1 | | Inizio/Fine Esecuzione |
| Responsabile DOTT. GEOL. LUCA CASELLI | Sondaggio 1 | Tipo Carotaggio CONTINUO | Tipo Sonda | Coordinate X Y |

| Scala (mt) | Litologia | Descrizione | Quota | %Carotaggio R.Q.D. | S.P.T. (n° Colpi) | Poisson Test kg/cmq | Vane Test kg/cmq | Campioni | Miscela Perforazione | Metodo Stabilizzaz. | Cass. Catalog. | Falda | Altre prove | Altre prove | Piezometro (P) o Inclinatorio (I) |
|------------|-----------|---|-------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------|----------------------|---------------------|----------------|-------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| -1 | | riporto | 2.10 | | | | | | | | | | | | |
| -2 | | sabbia limosa ocre con varvatura grigie e resti vegetali carbonizzati | 2.90 | | 9-16-21 -3.00 PA | | | | | | | | | | |
| -5 | | conglomerato in matrice sabbioso-limosa | 1.90 | | | | | | | | | | | | |
| -7 | | argilla marrone | 3.10 | | | | | | | | | | | | |
| -10 | | conglomerato | 0.50 | | 25-30-35 | | | | | | | | | | |
| -11 | | sabbia debolmente ghiaiosa | 1.50 | | -10.50 PA | | | | | | | | | | |
| -12 | | Conglomerato in matrice sabbiosa | 3.00 | | | | | | | | | | | | |

| | |
|----------------|--------------|
| Sperimentatore | Responsabile |
|----------------|--------------|

DB109

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° 1

- indagine : Comune di Gaiole in Chianti
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Gaiole in Chianti (SI) Loc. Brolio
- note :

- data : 13/02/2009
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0.00 - 0.20 | 6 | 63.0 | ---- | 1 | 1.40 - 1.60 | 16 | 142.6 | ---- | 3 |
| 0.20 - 0.40 | 5 | 52.5 | ---- | 1 | 1.60 - 1.80 | 31 | 276.2 | ---- | 3 |
| 0.40 - 0.60 | 7 | 67.5 | ---- | 2 | 1.80 - 2.00 | 33 | 294.1 | ---- | 3 |
| 0.60 - 0.80 | 15 | 144.7 | ---- | 2 | 2.00 - 2.20 | 24 | 213.9 | ---- | 3 |
| 0.80 - 1.00 | 15 | 144.7 | ---- | 2 | 2.20 - 2.40 | 32 | 285.1 | ---- | 3 |
| 1.00 - 1.20 | 9 | 86.8 | ---- | 2 | 2.40 - 2.60 | 70 | 579.7 | ---- | 4 |
| 1.20 - 1.40 | 10 | 96.4 | ---- | 2 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.43** cm² - D(diam. punta)= **51.00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

DB110

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° 2

- indagine : Comune di Gaiole in Chianti
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Gaiole in Chianti (SI) Loc. Brolio
- note :

- data : 13/02/2009
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0.00 - 0.20 | 5 | 52.5 | ---- | 1 | 1.40 - 1.60 | 10 | 89.1 | ---- | 3 |
| 0.20 - 0.40 | 4 | 42.0 | ---- | 1 | 1.60 - 1.80 | 18 | 160.4 | ---- | 3 |
| 0.40 - 0.60 | 8 | 77.1 | ---- | 2 | 1.80 - 2.00 | 29 | 258.4 | ---- | 3 |
| 0.60 - 0.80 | 14 | 135.0 | ---- | 2 | 2.00 - 2.20 | 32 | 285.1 | ---- | 3 |
| 0.80 - 1.00 | 15 | 144.7 | ---- | 2 | 2.20 - 2.40 | 39 | 347.5 | ---- | 3 |
| 1.00 - 1.20 | 11 | 106.1 | ---- | 2 | 2.40 - 2.60 | 45 | 372.7 | ---- | 4 |
| 1.20 - 1.40 | 9 | 86.8 | ---- | 2 | 2.60 - 2.80 | 70 | 579.7 | ---- | 4 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.43** cm² - D(diam. punta)= **51.00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

DB113

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

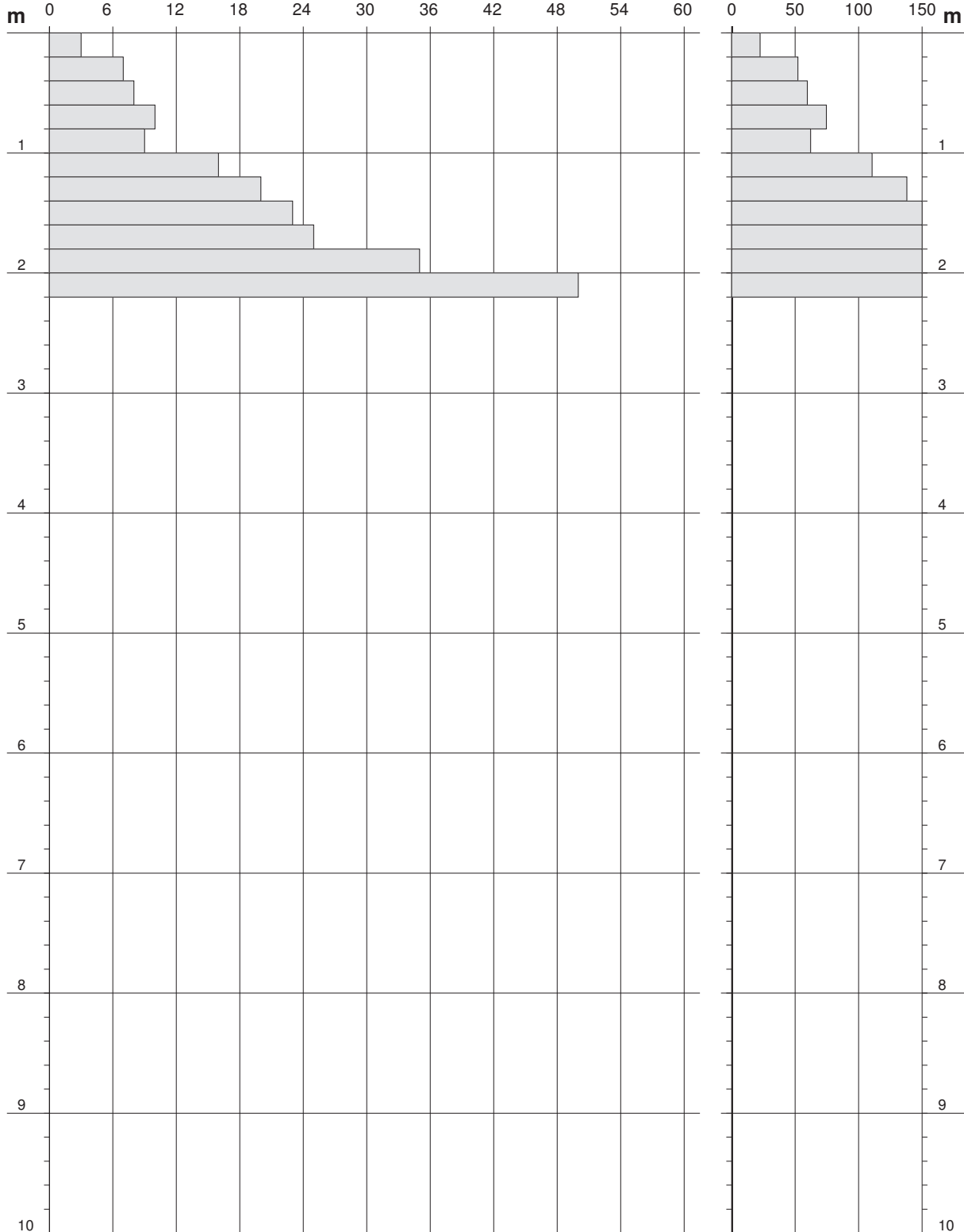
Scala 1: 50

- cantiere : Ristrutturazione conservativa
- lavoro : Fattoria S.Giusto a Rentennano Soc. Agr. s.s.
- località : S.Giusto alle Monache, Gaiole in Chianti (SI)

- data prova : 21/06/2016
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 01/08/2016

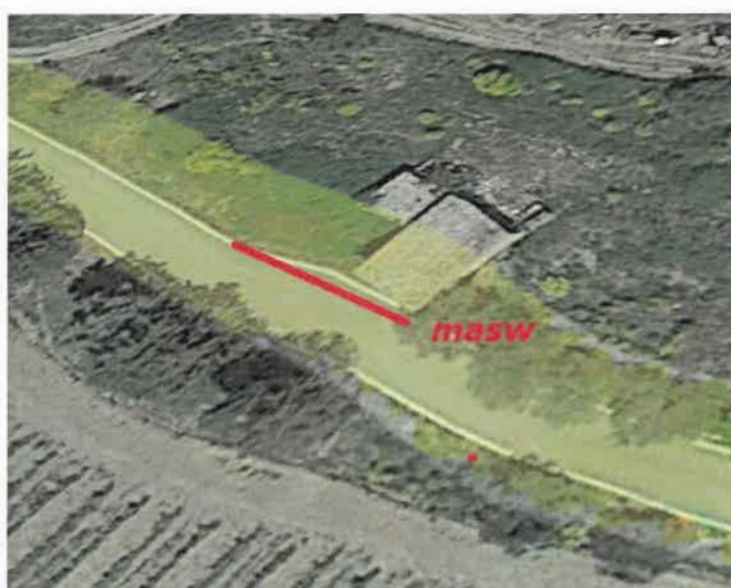
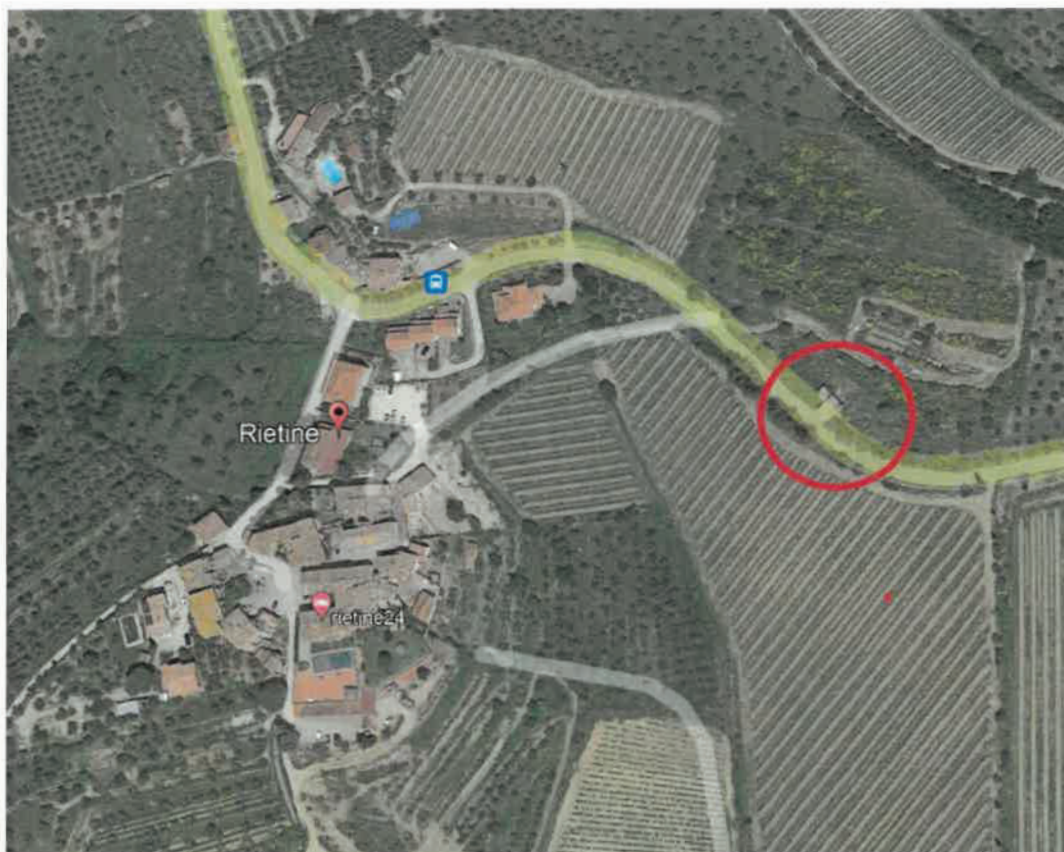
- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



PREMESSA

A completamento dell'indagine è stata infine eseguita una prova sismica di tipo MASW al fine di ricavare la classe del suolo così come previsto dalla normativa NTC 2018



Modi di vibrazione

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

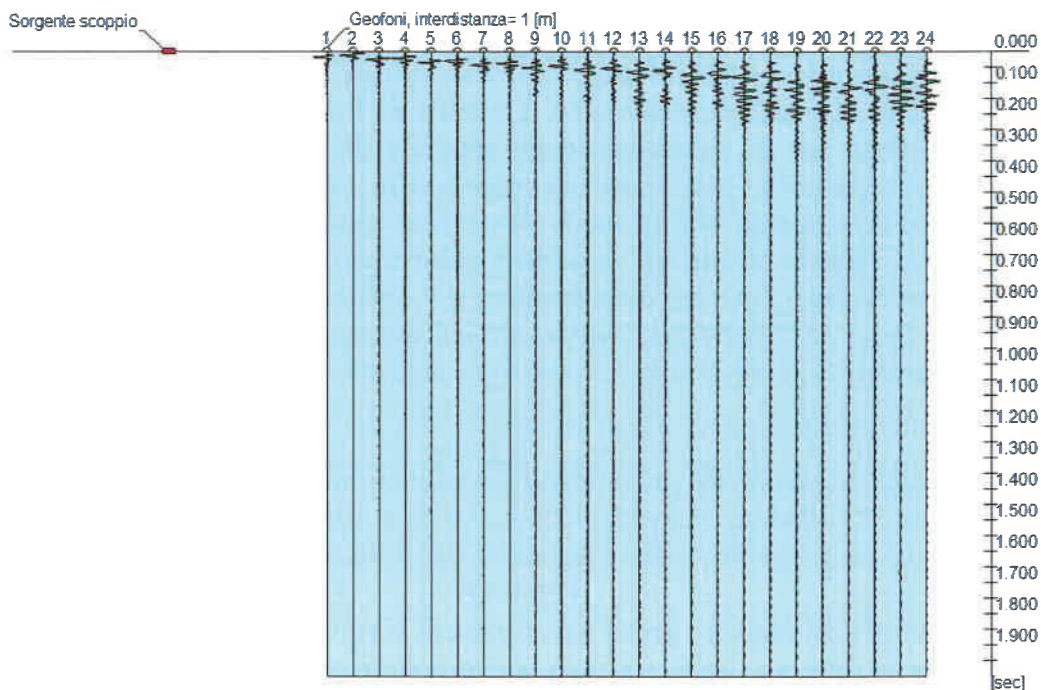
Dati generali
DITTA

Ist. Dioc. Sostentamento Clero

Data | 13/05/2023

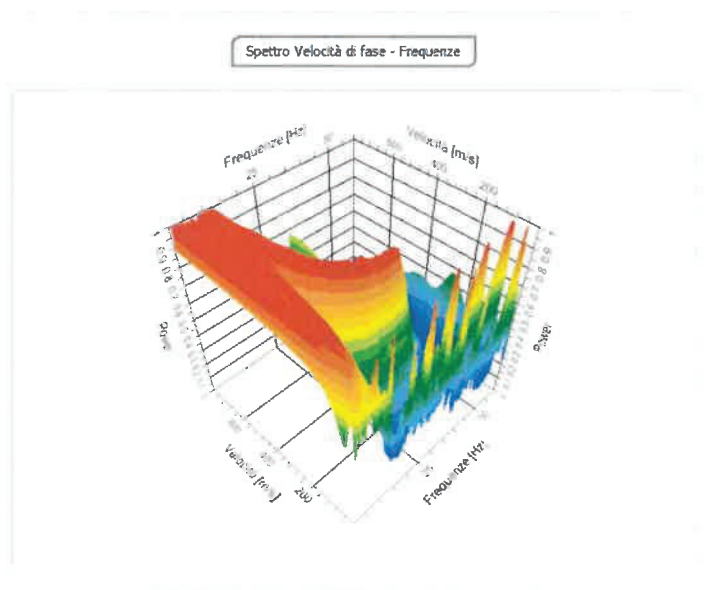
Tracce

| | |
|---------------------------------|--------|
| N. tracce | 24 |
| Durata acquisizione [msec] | 2000.0 |
| Interdistanza geofoni [m] | 1.0 |
| Periodo di campionamento [msec] | 1.00 |



Analisi spettrale

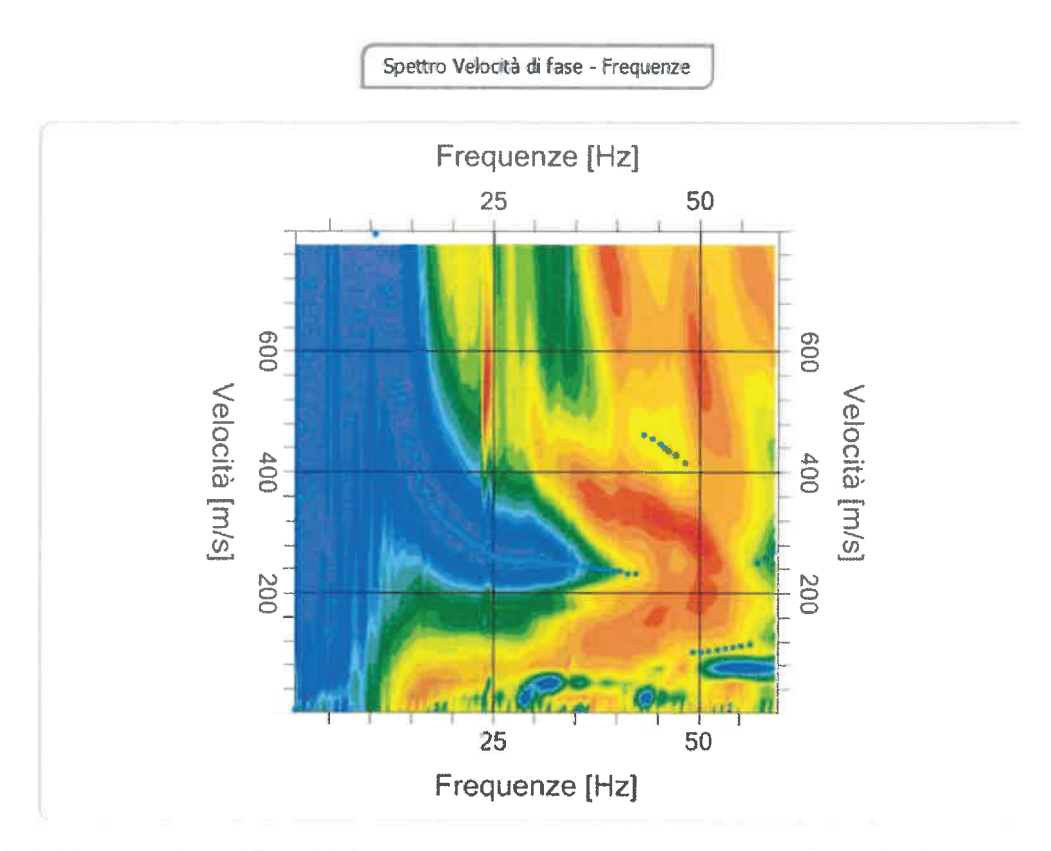
| | |
|--|-----|
| Frequenza minima di elaborazione [Hz] | 1 |
| Frequenza massima di elaborazione [Hz] | 60 |
| Velocità minima di elaborazione [m/sec] | 1 |
| Velocità massima di elaborazione [m/sec] | 800 |
| Intervallo velocità [m/sec] | 1 |



Curva di dispersione

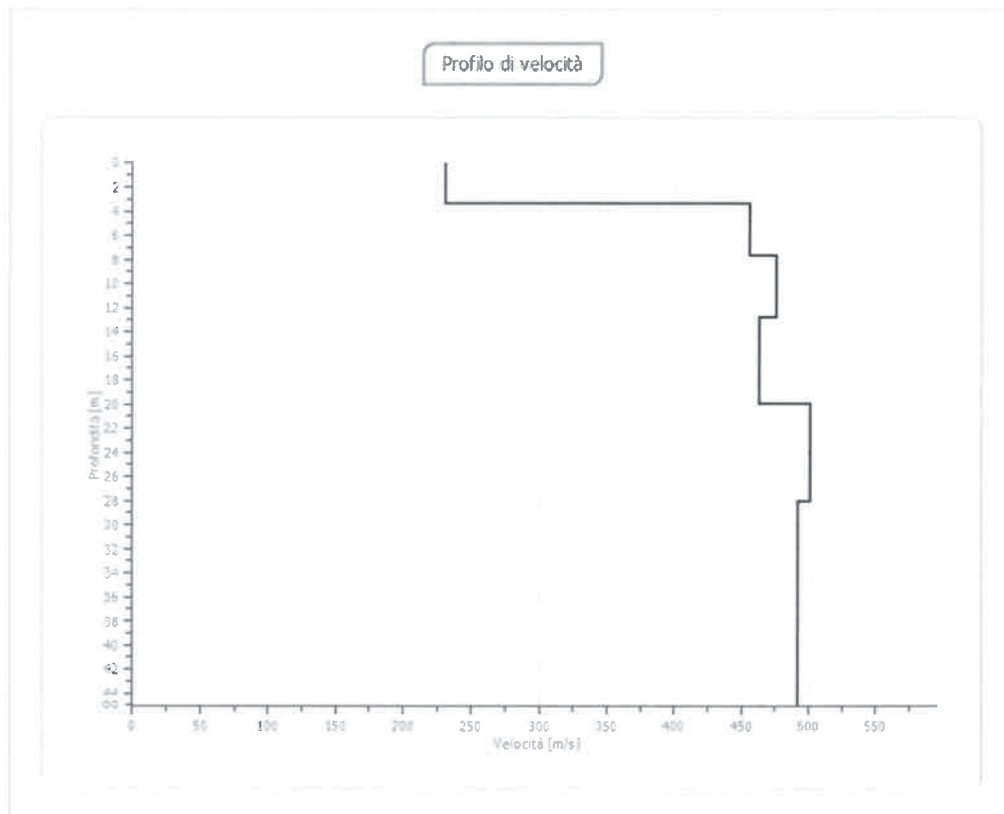
| n. | Frequenza [Hz] | Velocità [m/sec] |
|----|-------------------|---------------------|
| 1 | 2.0 | 345.1 |
| 2 | 4.9 | 402.2 |
| 3 | 7.8 | 436.2 |
| 4 | 10.7 | 442.9 |
| 5 | 13.6 | 425.9 |
| 6 | 16.5 | 393.0 |
| 7 | 19.4 | 353.8 |
| 8 | 22.3 | 290.0 |
| 9 | 25.2 | 237.5 |
| 10 | 28.1 | 213.2 |
| 11 | 31.0 | 215.6 |
| 12 | 33.9 | 229.5 |
| 13 | 36.8 | 248.9 |
| 14 | 39.7 | 266.1 |
| 15 | 42.6 | 273.1 |

| | | |
|----|------|-------|
| 16 | 45.5 | 263.9 |
| 17 | 48.6 | 250.0 |
| 18 | 51.4 | 188.8 |
| 19 | 54.4 | 184.8 |
| 20 | 57.2 | 201.1 |



Inversione

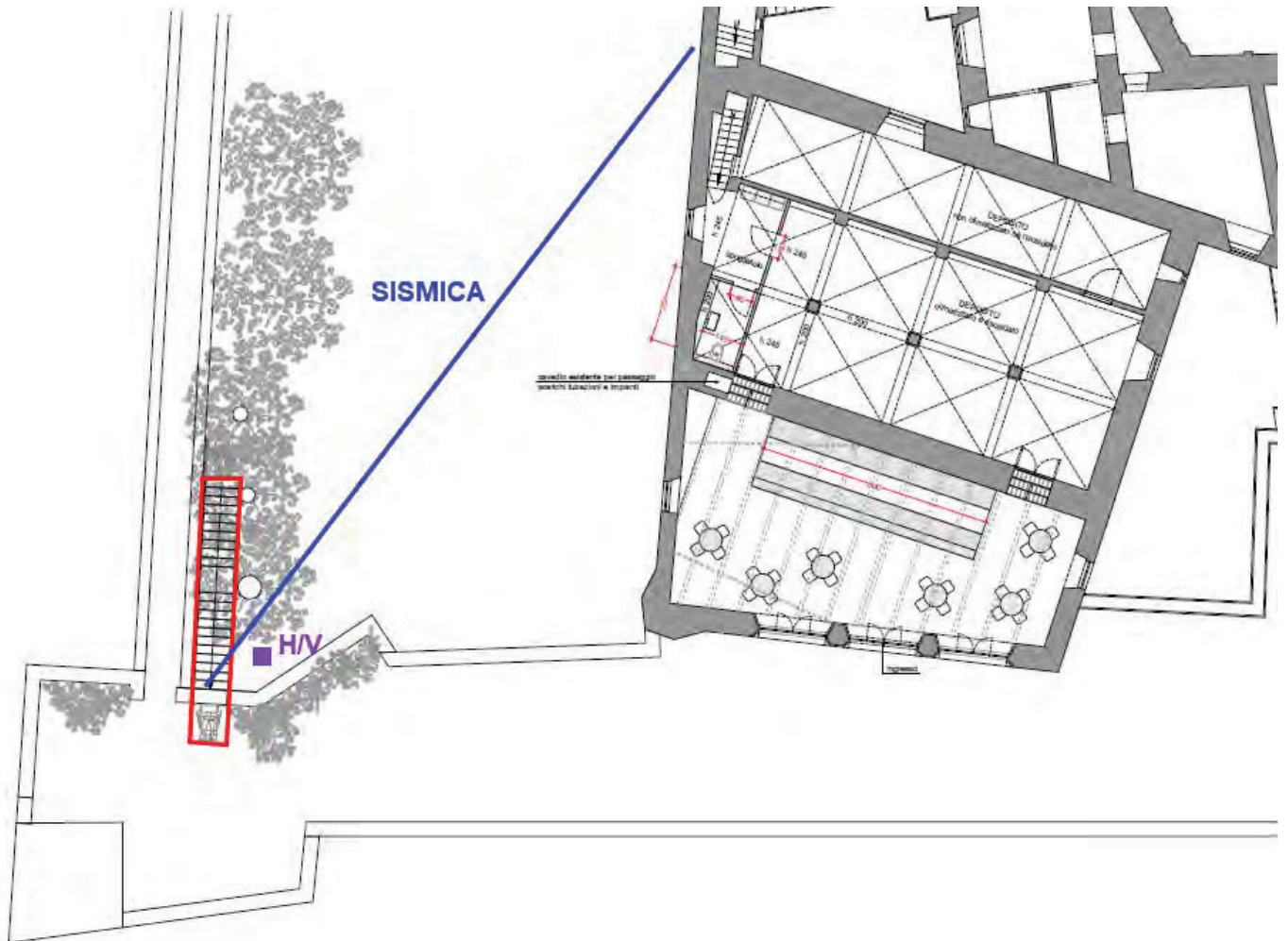
| n. | Descrizione unità | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Vp [m/sec] | Vs [m/sec] |
|----|-------------------|----------------|--------------|---------------------------|------------|------------|
| 1 | A | 3.35 | 3.35 | 1800.0 | 376.2 | 230.3 |
| 2 | B | 7.72 | 4.37 | 1800.0 | 744.7 | 456.1 |
| 3 | B | 12.82 | 5.10 | 1800.0 | 777.3 | 476.0 |
| 4 | C | 20.01 | 7.19 | 1800.0 | 756.3 | 463.1 |
| 5 | C | 28.09 | 8.08 | 1800.0 | 817.3 | 500.5 |
| 6 | C | oo | oo | 1800.0 | 803.2 | 491.9 |



Risultati

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Profondità piano di posa [m] | 0.00 |
| Vs30 [m/sec] | 426.19 |
| Categoria del suolo | B |

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).



Ubicación indagine geofisica

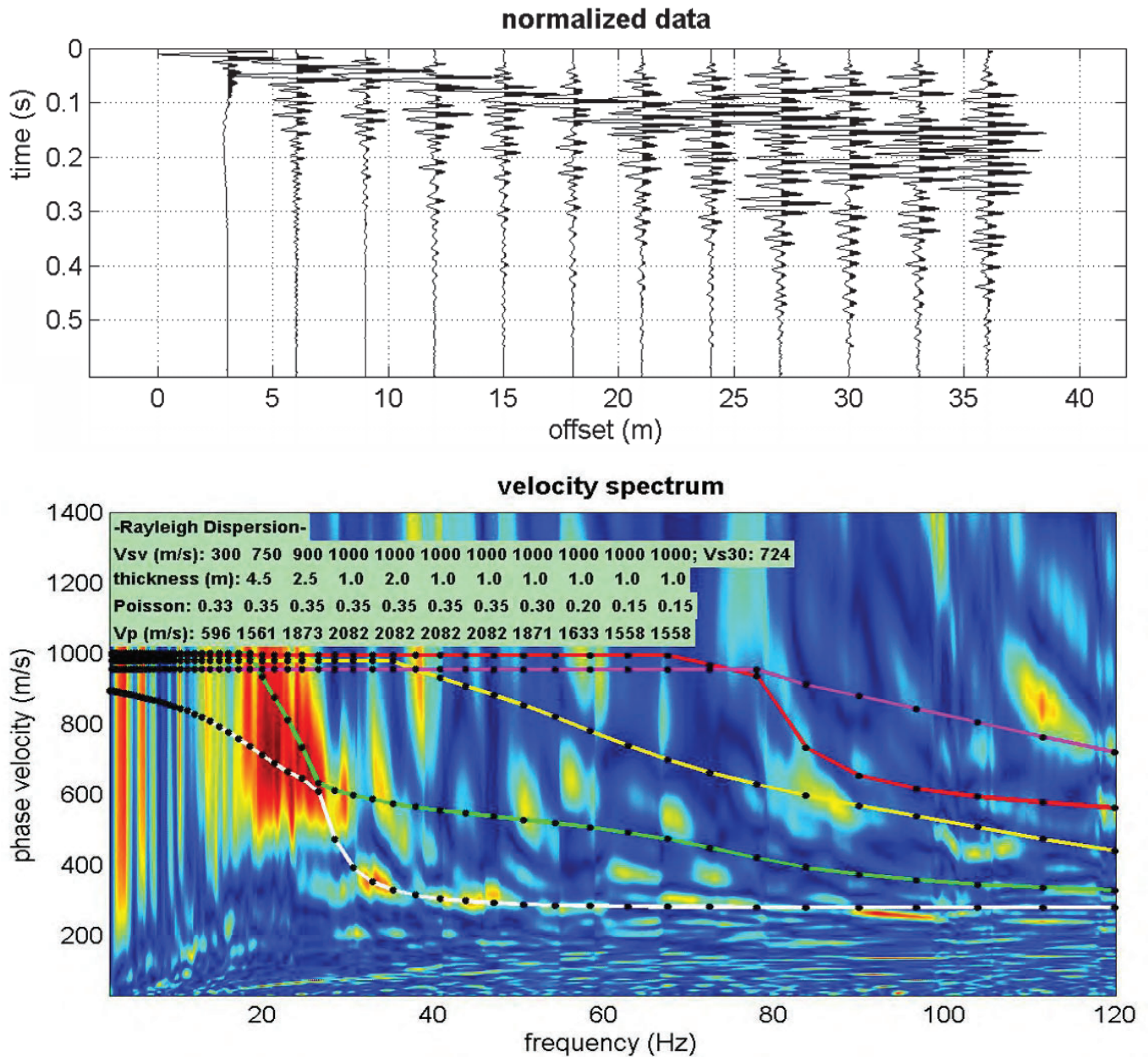


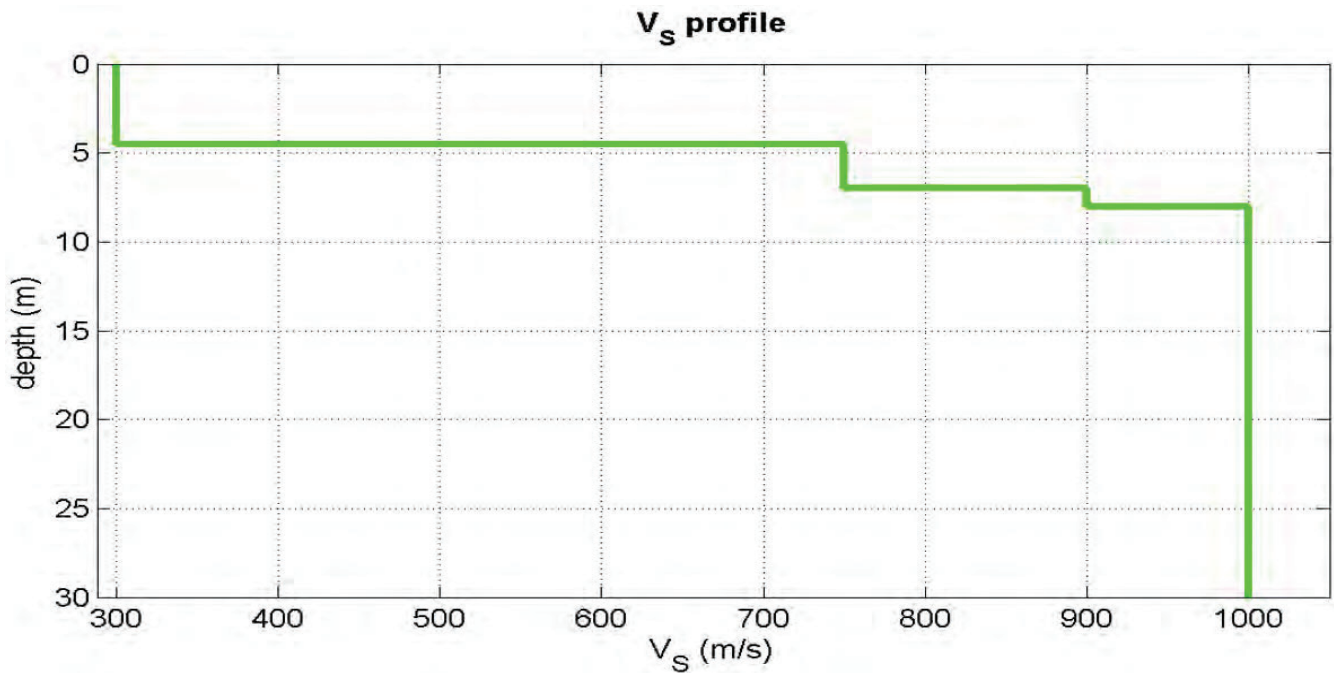
Elaborazione e filtraggio**Visual Sunt 20****WinMasw Academy****Grilla****Winsism 11.2****Rayfract****Geogiga****Geogiga****Geogiga****Geogiga****Golden Software****Sistemi di energizzazione**

Generazione di onde P ed energizzazione per rilievo MASW: massa battente (mazza da 8 kg)

Wgeosoft -filtraggio dati (sismica a riflessione)**Eliosoft**-elaborazione Masw-Remi-ESAC-H/V-Attenuazione**Tromino**-H/V-Masw -Remi**Wgeosoft**-sismica a rifrazione**Intelligent re source**-sismica a rifrazione**Front-End** -Filtraggio dati**Reflector**-Sismica a riflessione-Filtraggio dati**Refractor**-sismica a rifrazione**DWTOMO 2D e 3D** Tomografia sismica 2d e 3d**Surfer-Voxler**-rappresentazione 2d e 3d dei dati**8.1 MASW**

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti tramite i profili MASW.





Mean model

Vs (m/s): 300, 750, 900, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000

Thickness (m): 4.5, 2.5, 1.0, 2.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0

Density (gr/cm³): 1.93 2.16 2.21 2.23 2.23 2.23 2.23 2.21 2.17 2.16 2.16

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa): 174 1216 1787 2232 2232 2232 2232 2206 2173 2162 2162

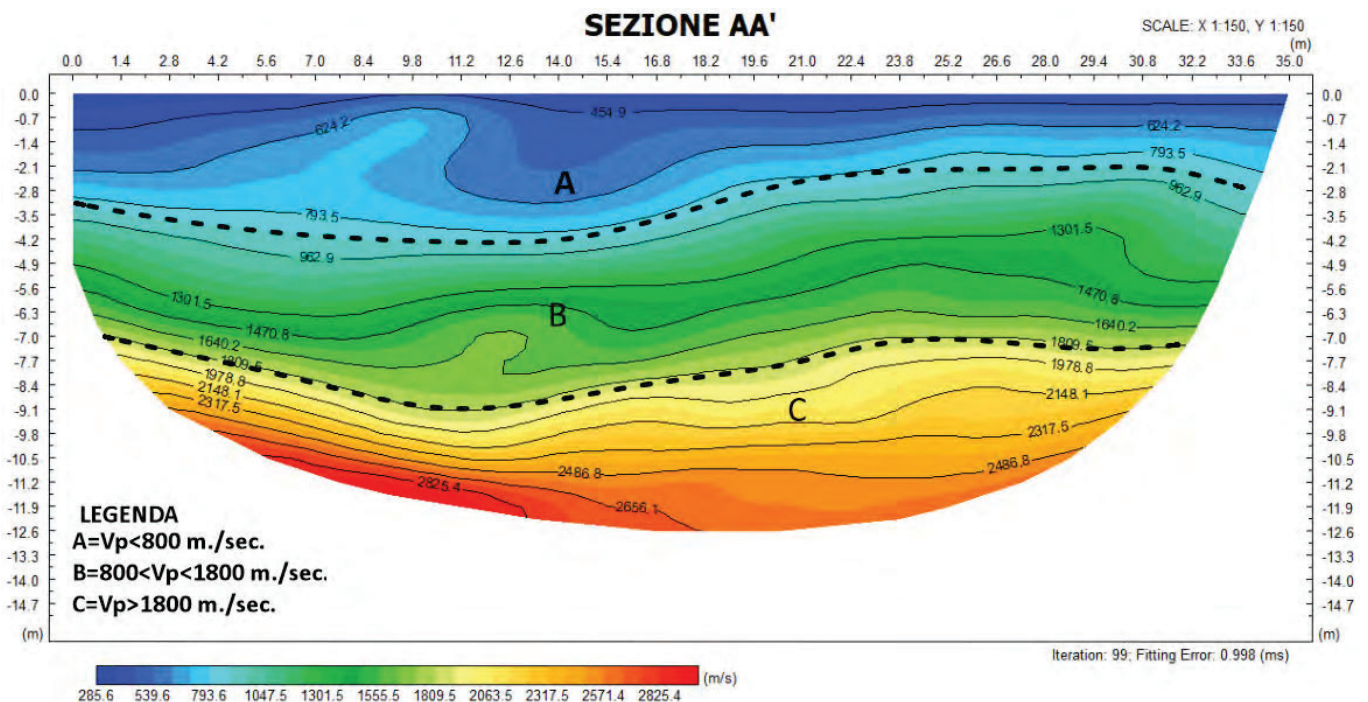
Il valore di Vs eq rilevato è pari a:

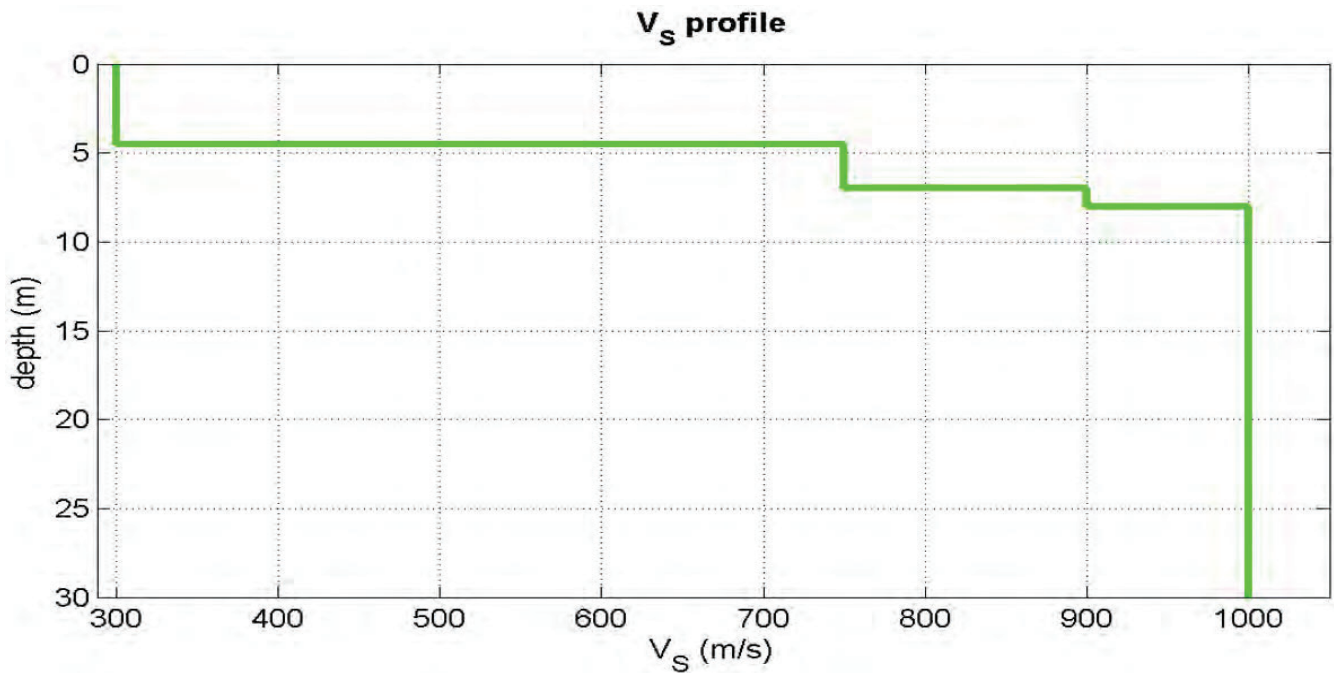
Vseq (m/s): 381

Dall'indagine della sismica a rifrazione, si riconoscono essenzialmente 3 principali sismostrati:

- sismostrato A = materiali scarsamente addensati;
- sismostrato B = materiali mediamente addensati
- sismostrato c = materiale littoide

Si riportano di seguito i risultati e la sezione tomografica ottenuti dall'analisi a rifrazione.





Mean model

Vs (m/s): 300, 750, 900, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000

Thickness (m): 4.5, 2.5, 1.0, 2.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0

Density (gr/cm³): 1.93 2.16 2.21 2.23 2.23 2.23 2.23 2.21 2.17 2.16 2.16

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa): 174 1216 1787 2232 2232 2232 2232 2206 2173 2162 2162

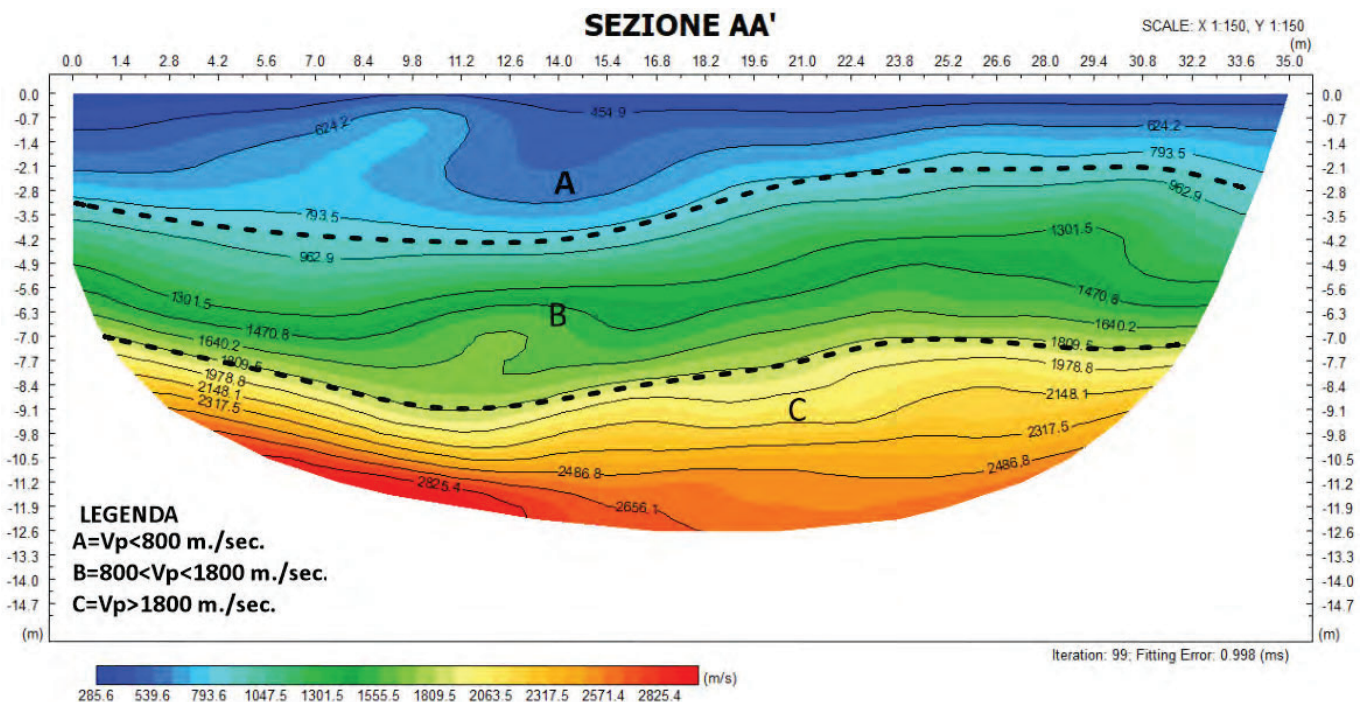
Il valore di Vs eq rilevato è pari a:

Vseq (m/s): 381

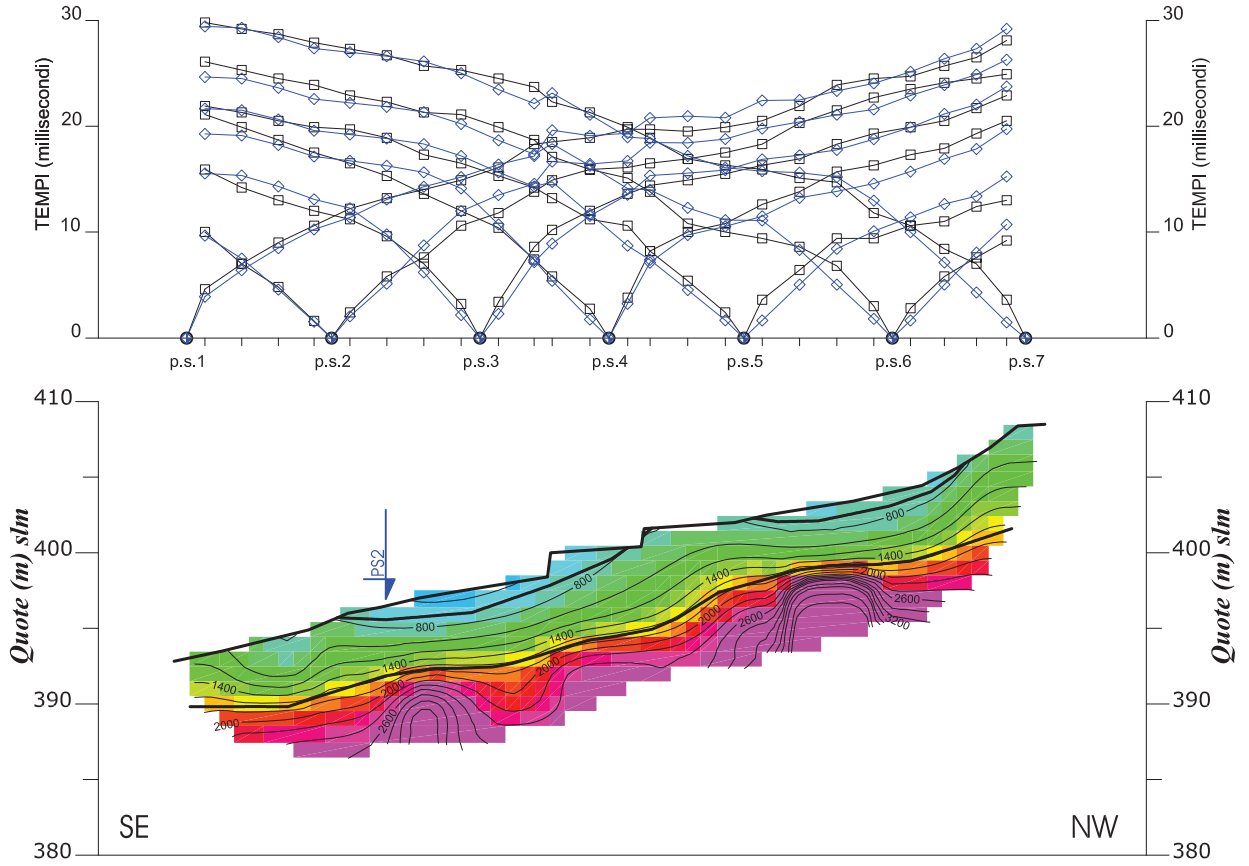
Dall'indagine della sismica a rifrazione, si riconoscono essenzialmente 3 principali sismostrati:

- sismostrato A = materiali scarsamente addensati;
- sismostrato B = materiali mediamente addensati
- sismostrato c = materiale littoide

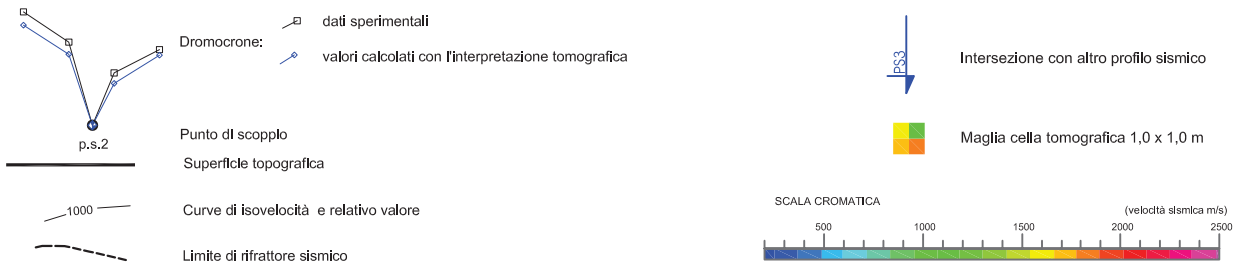
Si riportano di seguito i risultati e la sezione tomografica ottenuti dall'analisi a rifrazione.



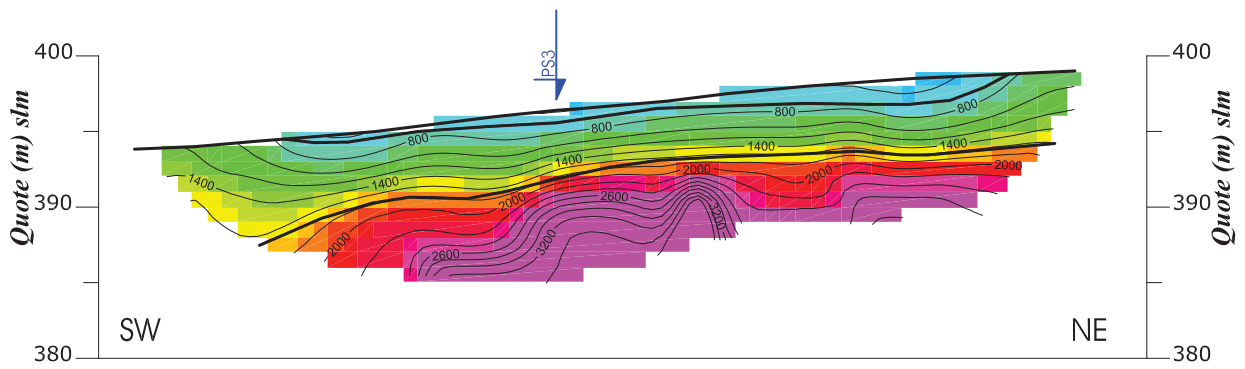
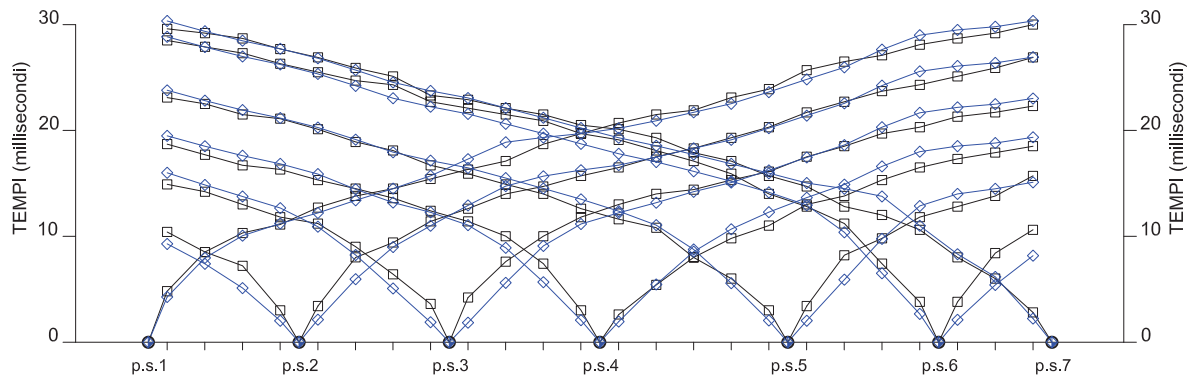
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE TOMOGRAFICO 3



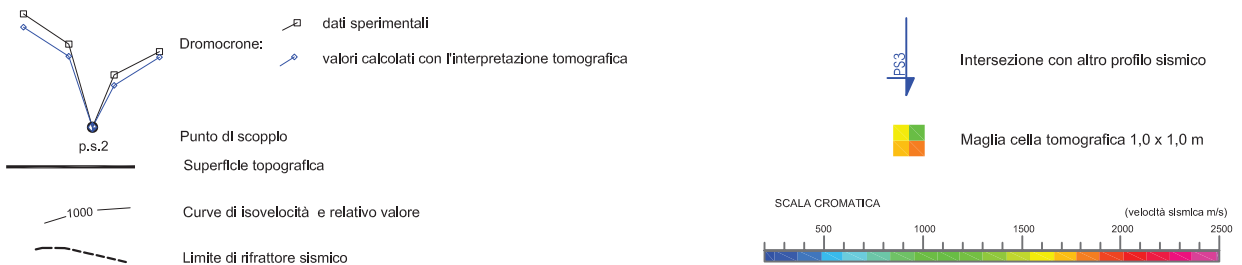
LEGENDA:



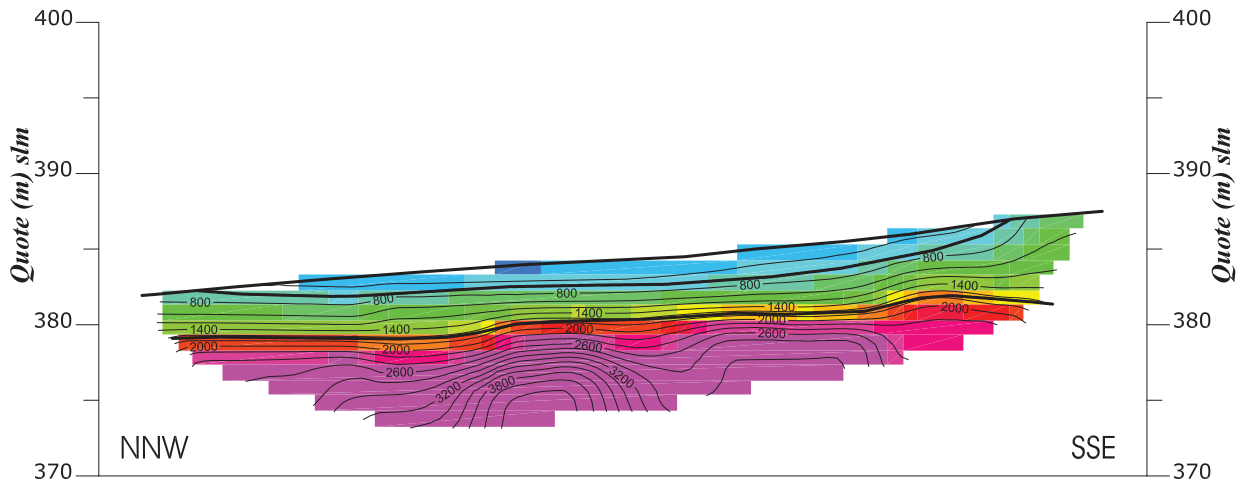
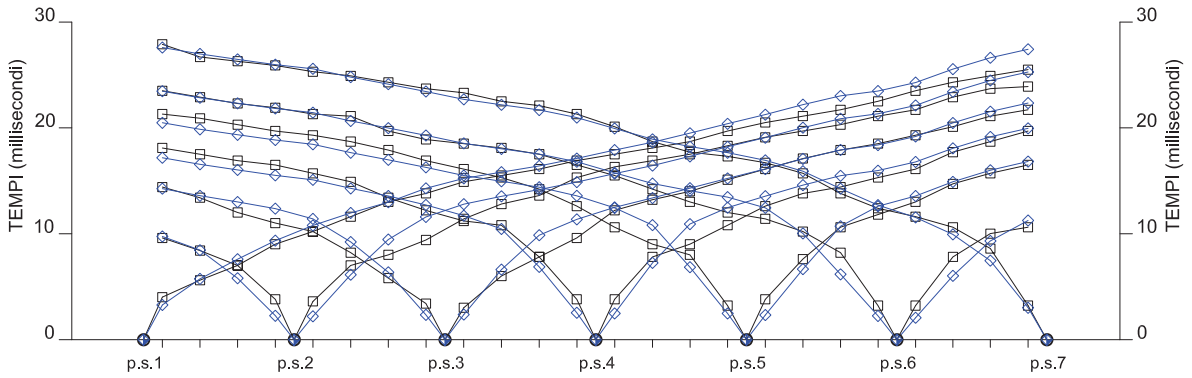
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE TOMOGRAFICO 2



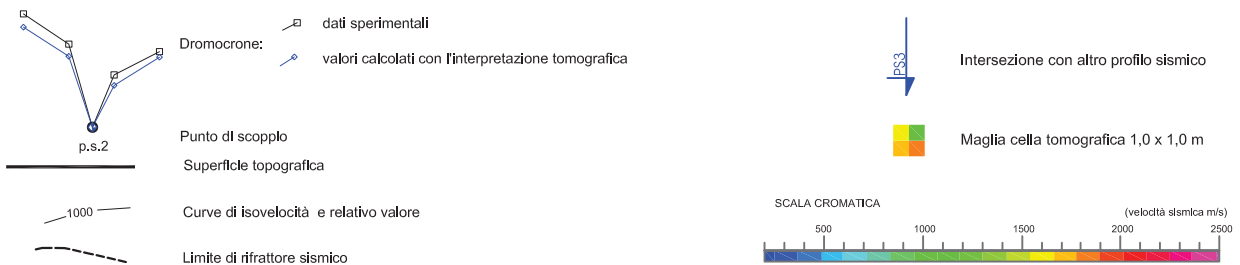
LEGENDA:



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE TOMOGRAFICO 1

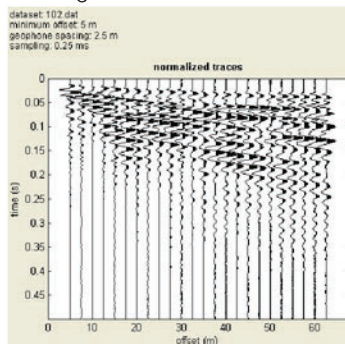


LEGENDA:

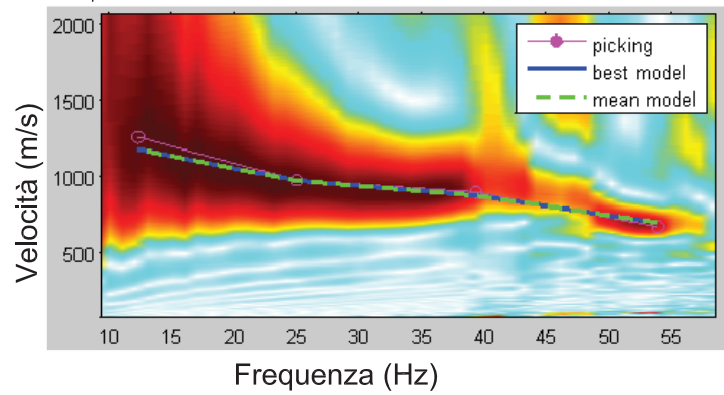


PROVA MASW 1

Sismogramma



spettro di velocità

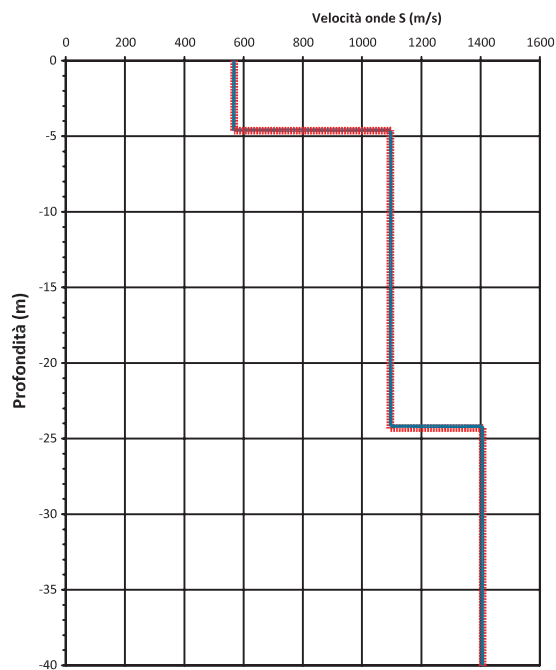


best model

— Vs30 = 996 m/s
Site Class A

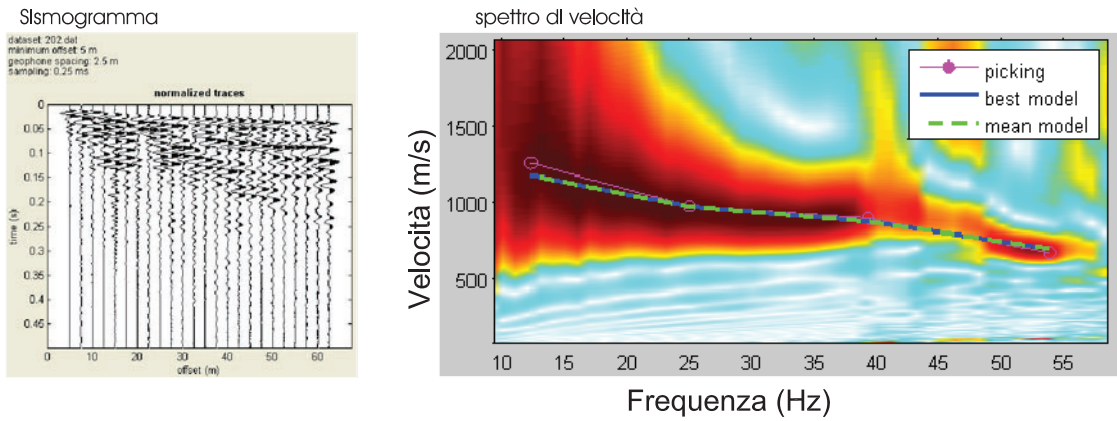
mean model

— Vs30 = 995 m/s
Site Class A



Ricostruzione sismostratigrafica onde S mediante analisi MASW

PROVA MASW 2

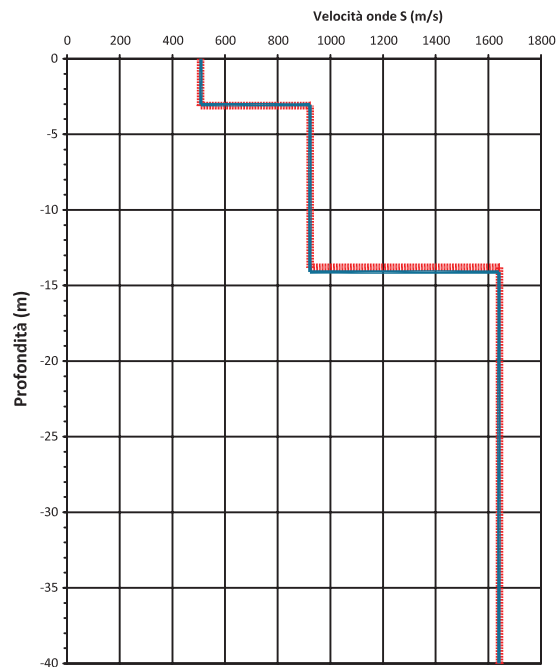


best model

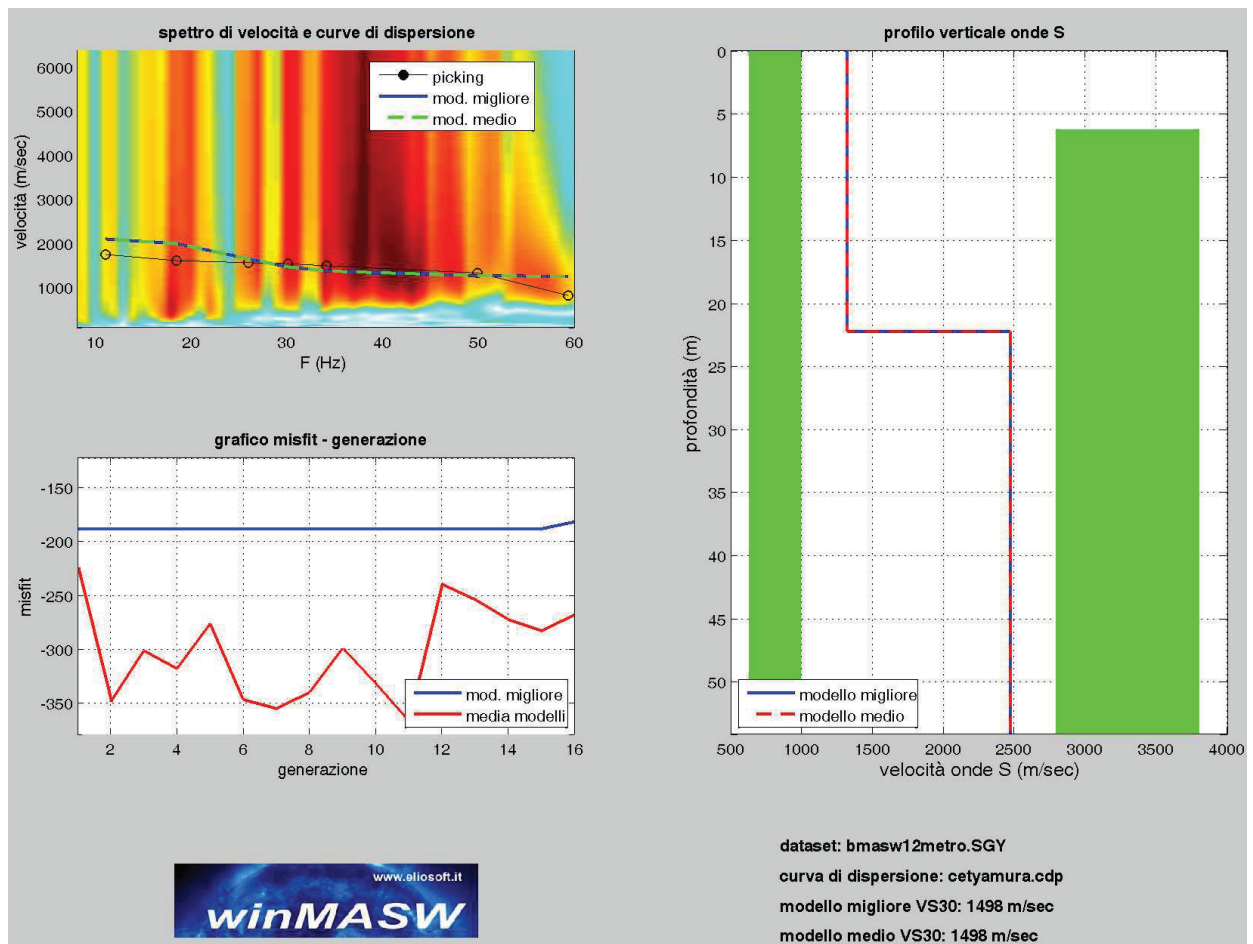
— Vs30 = 1084 m/s
 Site Class A

mean model

- - - Vs30 = 1087 m/s
 Site Class A



Ricostruzione sismostratigrafica onde S mediante analisi MASW



Qui di seguito vengono riportati i risultati e le velocità ottenuti.

MODELLO MIGLIORE

VS (m/sec): 1317.2725 2469.0174

Spessore (m): 22.2289

Curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)

modello migliore

| f(Hz) | VR(m/sec) |
|---------|-----------|
| 11.1406 | 2095.2378 |
| 18.5156 | 1993.6473 |
| 25.9991 | 1648.9446 |
| 30.1204 | 1465.2022 |
| 34.1333 | 1372.1254 |
| 49.8594 | 1265.8812 |
| 59.295 | 1251.8312 |

L'indagine sismica ha evidenziato la presenza di un substrato sismico affiorante caratterizzato e valori di VS pari a:

VS = 1317 m/sec.

Per tenere conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportato nella seguente tabella in funzione dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento (tabella 3.2.V delle NTC 2018):

| CATEGORIA | UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO | S_T |
|-----------|---|-------|
| T1 | ----- | 1.0 |
| T2 | <i>In corrispondenza della sommità del pendio</i> | 1.2 |
| T3 | <i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i> | 1.2 |
| T4 | <i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i> | 1.4 |

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

► STIMA DEI PARAMETRI SISMICI ED INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PER L'AREA IN STUDIO

1. STIMA DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA E DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Essendo l'area in studio caratterizzata da un profilo morfologico sub-pianeggiante in prossimità dell'immobile, con versanti all'intorno aventi pendenze globali dell'ordine del 20-23%, in base alla precedente tabella 3.2.V appartiene alla categoria topografica **T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ e $i \leq 26.7\%$*).

Pertanto, si affida al terreno in studio, il seguente coefficiente topografico S_T di amplificazione sismica:

$$S_T = 1.00$$

2. INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dall'analisi sismica acquisita è stato individuato un substrato (formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec) in affioramento.

Il valore di V_{sEQ} è risultato il seguente:

$$V_{sEQ} = V_s = 1317 \text{ m/sec.}$$

→ INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dall'analisi sismica è possibile classificare i terreni di fondazione nella seguente categoria di sottosuolo:

CATEGORIA A: *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.

3. STIMA DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA E DEL COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE K_H

Il valore dell'accelerazione massima a_{max} attesa al sito può essere valutata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S_s S_T a_g \quad [\text{formula 7.11.5 - NTC 2018}]$$

- in cui:
- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;
 - S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica (par.3.2.3.2 NTC 2018);
 - S_T = coefficiente di amplificazione topografica (par.3.2.3.2 NTC 2018).



Figura 1: Ubicazione Google

TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Il M.A.S.W. è una tecnica d'indagine recente che sfrutta le onde superficiali di Rayleigh e Love (in questo studio verranno utilizzate solamente le prime). Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Le onde superficiali si creano quando il fronte d'onda nel terreno incontra una discontinuità fisica, la quale può essere sia la superficie terreno-atmosfera (il nostro caso), che il passaggio areato-consolidato (Thorne L & Wallace T.C., 1995., *Modern Global Seismology*). Nella discontinuità la somma del moto delle onde riflesse e rifratte, dà origine alle onde superficiali.

ONDE DI RAYLEIGH

L'interazione delle onde P e SV sulla superficie libera dà origine alle onde di Rayleigh che si muovono con un movimento ellittico delle particelle nello strato superficiale avente un asse dell'ellisse parallelo alla direzione dell'onda e l'altro ortogonale alla superficie libera.

ONDE DI LOVE

La riflessione totale delle onde SH dà origine alle onde di Love che si muovono con moto delle particelle, perpendicolare alla direzione di propagazione, ma polarizzato nel piano orizzontale.

Le onde superficiali, a differenza di quelle di volume (P ed S), hanno le seguenti proprietà:

Sono dispersive in mezzi non omogenei (perché variano la propria velocità a seconda della frequenza). La velocità di propagazione è lievemente più bassa rispetto alle onde S. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Love e Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle Vs, è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Un'ulteriore proprietà importante è la diminuzione dell'ampiezza che diminuisce con la radice quadrata della distanza dalla sorgente. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.



MASW
L'analisi M.A.S.W. viene condotta in due fasi principali:

PRIMA FASE
La prima fase avviene in campagna con l'acquisizione multicanale dei segnali sismici, mediante il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l..
L'acquisizione viene effettuata mediante 24 geofoni verticali da 4,5 Hz distanziati di 1,5 m per una lunghezza totale dello stendimento di 34,5 metri. Le energizzazioni, eseguite mediante una mazza, vengono effettuate con offset (dal primo geofono) di -2 -4 -8 m e +2 +4.

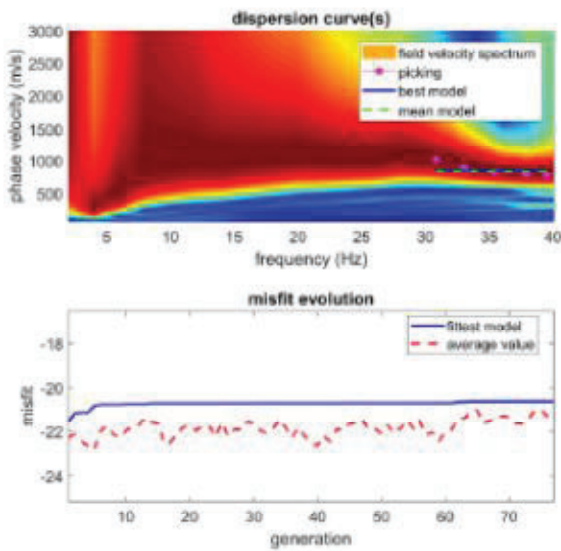


Illustrazione 2: Stendimento

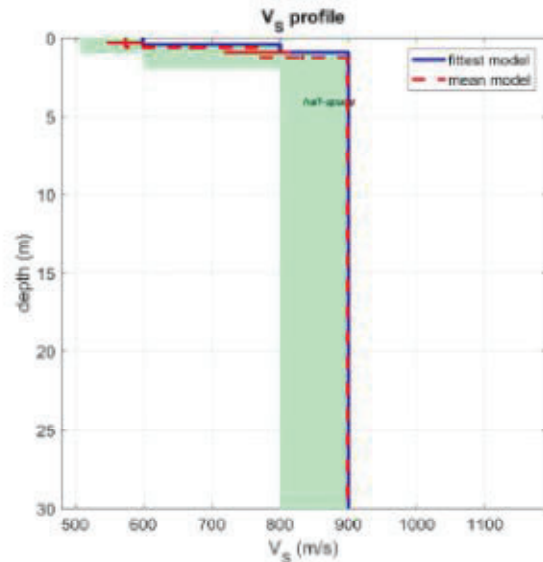
SECONDA FASE
La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software WinMASW 5.0 ACADEMY della Eliosoft. Il programma, dopo il calcolo dello spettro di velocità, richiede il picking della curva di dispersione che poi mediante inversioni e modellizzazioni permetterà la ricostruzione del profilo delle velocità delle onde s nel terreno. Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati, ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito. Qui di seguito vengono riportati i più importanti passaggi dell'analisi (Illustrazione 3):



1/04/20 *Geom. di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 0331800928* 6



www.winmasw.com



dataset: 2020-06-09_12-42-29_01000_00050_024_Acquis_0102_SEG2.dat
dispersion curve: 01.cdp
Vs30 & VsE (best model): 892 599 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 885 661 m/s

Illustrazione 3: Picking della curva di dispersione

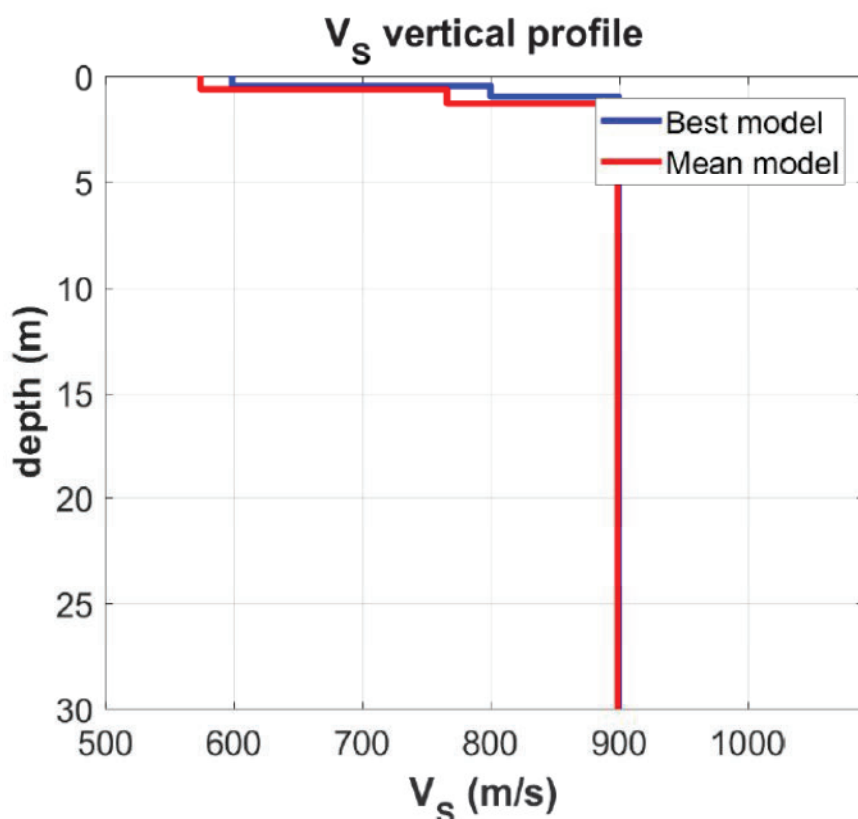


Figura 2: Sismo-stratigrafia

CONCLUSIONI MASW

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale.

- Un primo sismo strato con velocità 574 m/s e spessore di 0,6 m.
- Un secondo sismo strato con velocità 766 m/s e spessore di 0,7 m.
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia al di sotto dei 1,3 m una velocità delle onde di taglio (V_s) di 899 m/s fino alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi.

| VS e PARAMETRI ELASTICI | | | | | | |
|---|---------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | | Profondità livello campagna | | 0 | Profondità (m) liv fond | |
| Strato | V_s (m/s) | V_p (m/s) | Rapporto (V_p/V_s) | Spessore (m) | da | a |
| 1 | 574 | 1420 | 2,47 | 0,6 | 0 | 0 |
| 2 | 766 | 1828 | 2,39 | 0,7 | 0 | 0 |
| 3 | 899 | 2517 | 2,8 | 28,7 | 0 | -30 |
| Strato | Poisson ν | Densità (g/cm^3) | Shear G (kPa) | Bulk E_v (kPa) | Young E (kPa) | |
| 1 | 0,4 | 2,12 | 698489,12 | 3343449,17 | 1959044,26 | |
| 2 | 0,39 | 2,20 | 1290863,2 | 5630333,87 | 3597646,22 | |
| 3 | 0,43 | 2,25 | 1818452,25 | 11829797,25 | 5189452,73 | |
| Metri Copertura | | 0 | | Fondazione | 4 | CATEGORIA A |
| 1 | 0,00000 | | | 1 | 0,000 | |
| 2 | 0,00000 | | | 2 | 0,000 | |
| 3 | 0,03370 | | | | | |
| | 0,00 | | | | 0,000 | |
| VS 30 (Se bed < 800 m/s) | | 0 | | VS Equivalente (Se bed > 800 m/s) | 0 | |
| Rapporto Vs substrato / Vs copertura (attenzione quando > 2,2) #OPV/0! | | | | | | |

ANALISI SISMICA TIPO MASW (STESA 5)

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce

C:\condivisione\2024\24007_GAIOLE\MASW\M5-20240306T172256Z-001\M5\M1B.d
rm

Numero di ricevitori.....24

Distanza tra i sensori:.....2m

Numero di campioni temporali2000

Passo temporale di acquisizione 1ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi24

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms

I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

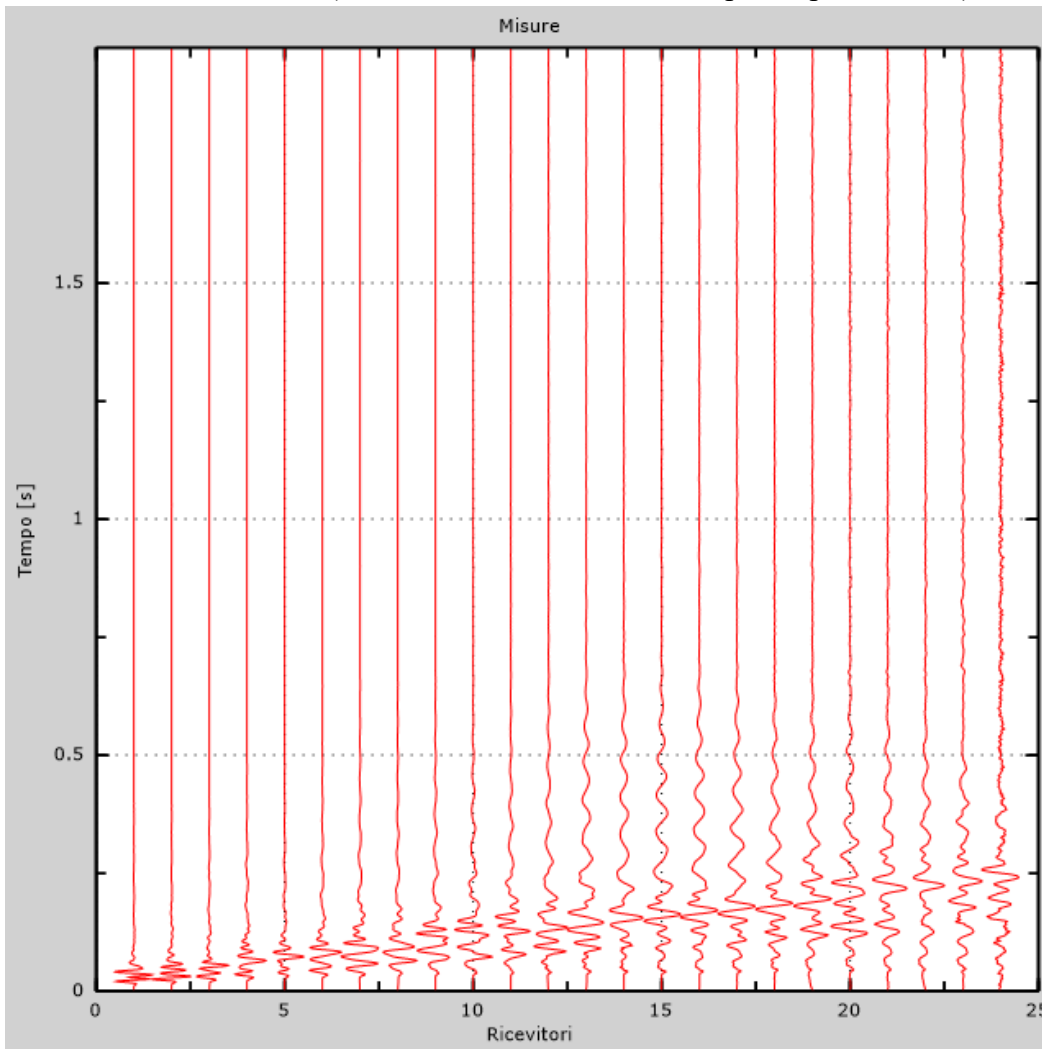


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 60Hz
Frequenza iniziale..... 6Hz

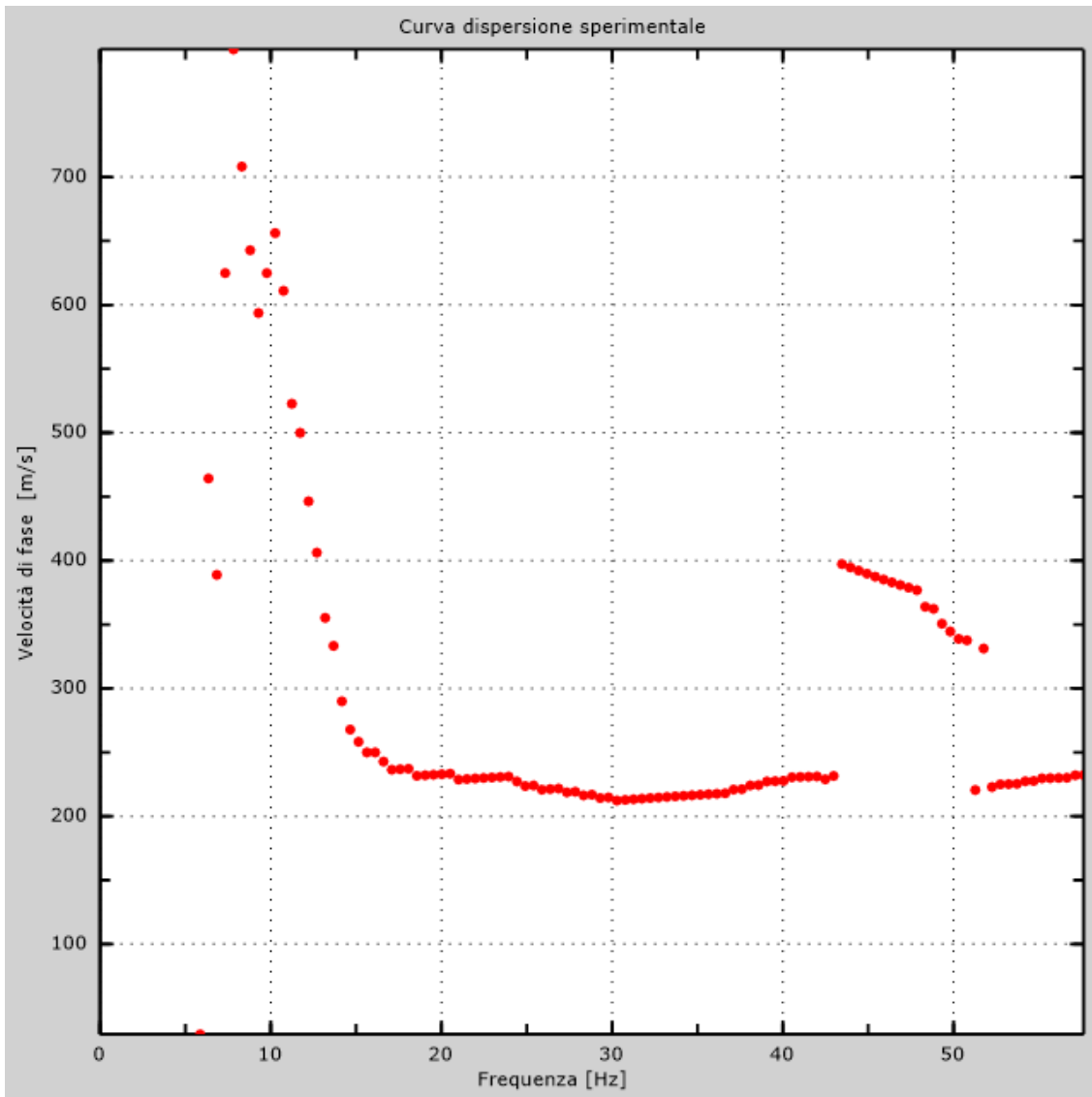


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 11.0307 | 499.162 | 423.513 | 574.81 |
| 12.5262 | 392.656 | 321.984 | 463.328 |
| 14.0625 | 298.667 | 268.8 | 328.533 |
| 15.5172 | 249.321 | 222.446 | 276.196 |
| 17.0935 | 233.395 | 212.492 | 254.298 |
| 20.6504 | 227.422 | 208.51 | 246.335 |
| 22.2656 | 229.837 | 206.853 | 252.82 |
| 25 | 223.775 | 201.397 | 246.152 |
| 27.7344 | 219.135 | 197.221 | 241.048 |
| 30.4688 | 212.532 | 191.279 | 233.786 |
| 33.2031 | 215.19 | 193.671 | 236.709 |
| 35.9375 | 217.493 | 195.744 | 239.242 |
| 38.6719 | 225 | 202.5 | 247.5 |
| 41.4063 | 230.936 | 207.843 | 254.03 |
| 42.9541 | 229.325 | 203.461 | 255.189 |
| 52.3437 | 223.333 | 201 | 245.667 |
| 55.0781 | 229.268 | 206.341 | 252.195 |
| 57.9068 | 232.048 | 211.629 | 252.467 |

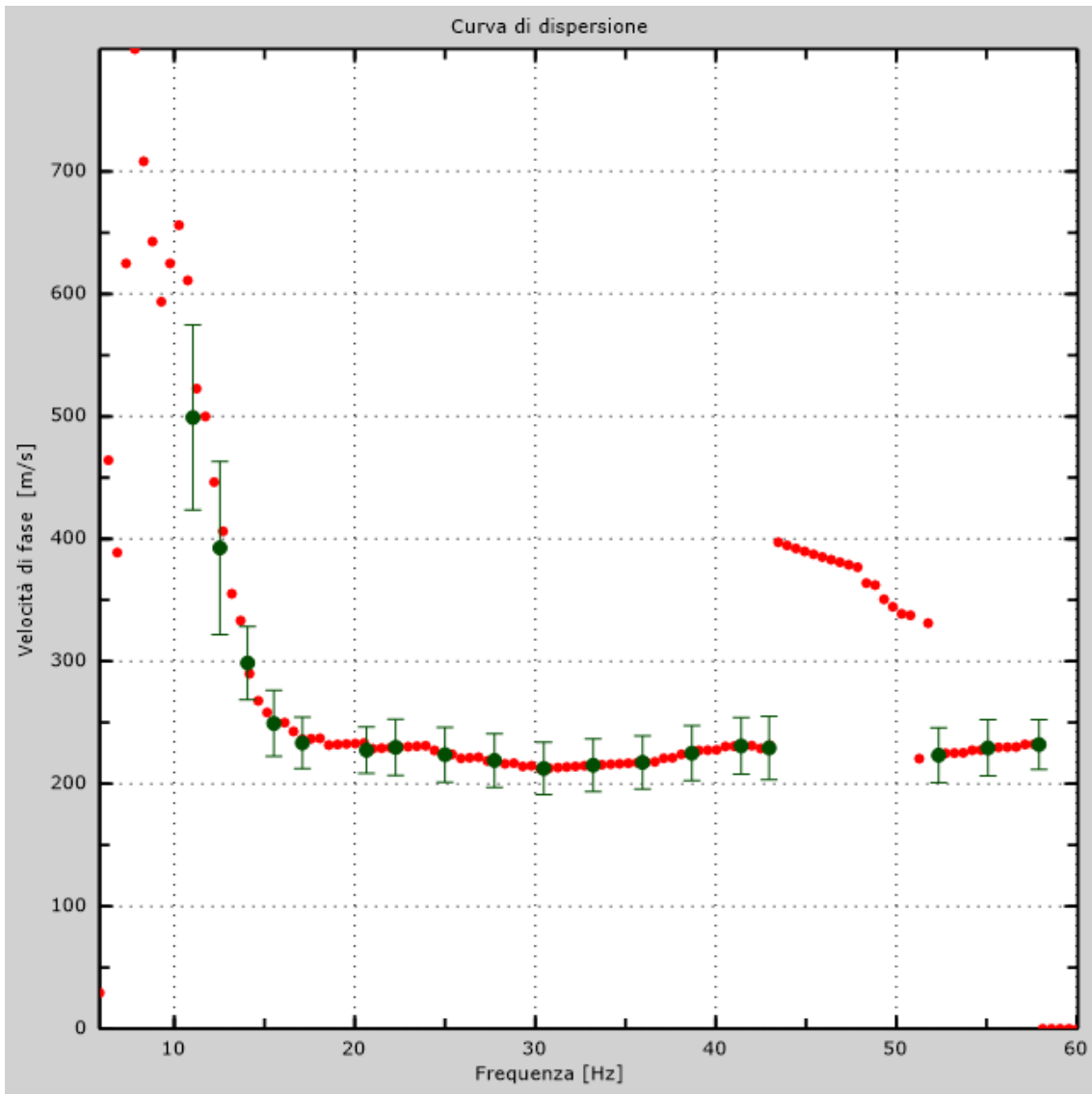


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

| | |
|---|----|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 7 |
| Spaziatura ricevitori | 2m |
| Numero ricevitori..... | 24 |
| Numero modi | 1 |

Strato 1

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 2 |
| z [m] | -2 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1700 |
| Poisson | 0.4 |
| Vs [m/s]..... | 210 |
| Vp [m/s] | 514 |
| Vs min [m/s] | 129 |
| Vs max [m/s]..... | 315 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 210 |

Strato 2

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m] | -5 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1800 |
| Poisson | 0.4 |
| Vs [m/s]..... | 220 |
| Vp [m/s] | 539 |
| Vs min [m/s] | 124 |
| Vs max [m/s]..... | 330 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 220 |

Strato 3

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m] | -8 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1900 |
| Poisson | 0.4 |
| Vs [m/s]..... | 230 |
| Vp [m/s] | 563 |
| Vs min [m/s] | 144 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| Vs max [m/s]..... | 345 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 230 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 2 |
| z [m]..... | -10 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2100 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 360 |
| Vp [m/s] | 749 |
| Vs min [m/s] | 166 |
| Vs max [m/s]..... | 540 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 360 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -13 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2200 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 480 |
| Vp [m/s] | 999 |
| Vs min [m/s] | 230 |
| Vs max [m/s]..... | 720 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 480 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 4 |
| z [m]..... | -17 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2300 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 580 |
| Vp [m/s] | 1207 |
| Vs min [m/s] | 275 |
| Vs max [m/s]..... | 870 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 580 |

Strato 7

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 0 |
| z [m]..... | -∞ |
| Densità [kg/m ³]..... | 2300 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s]..... | 640 |
| Vp [m/s]..... | 1197 |
| Vs min [m/s] | 338 |
| Vs max [m/s]..... | 960 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 640 |

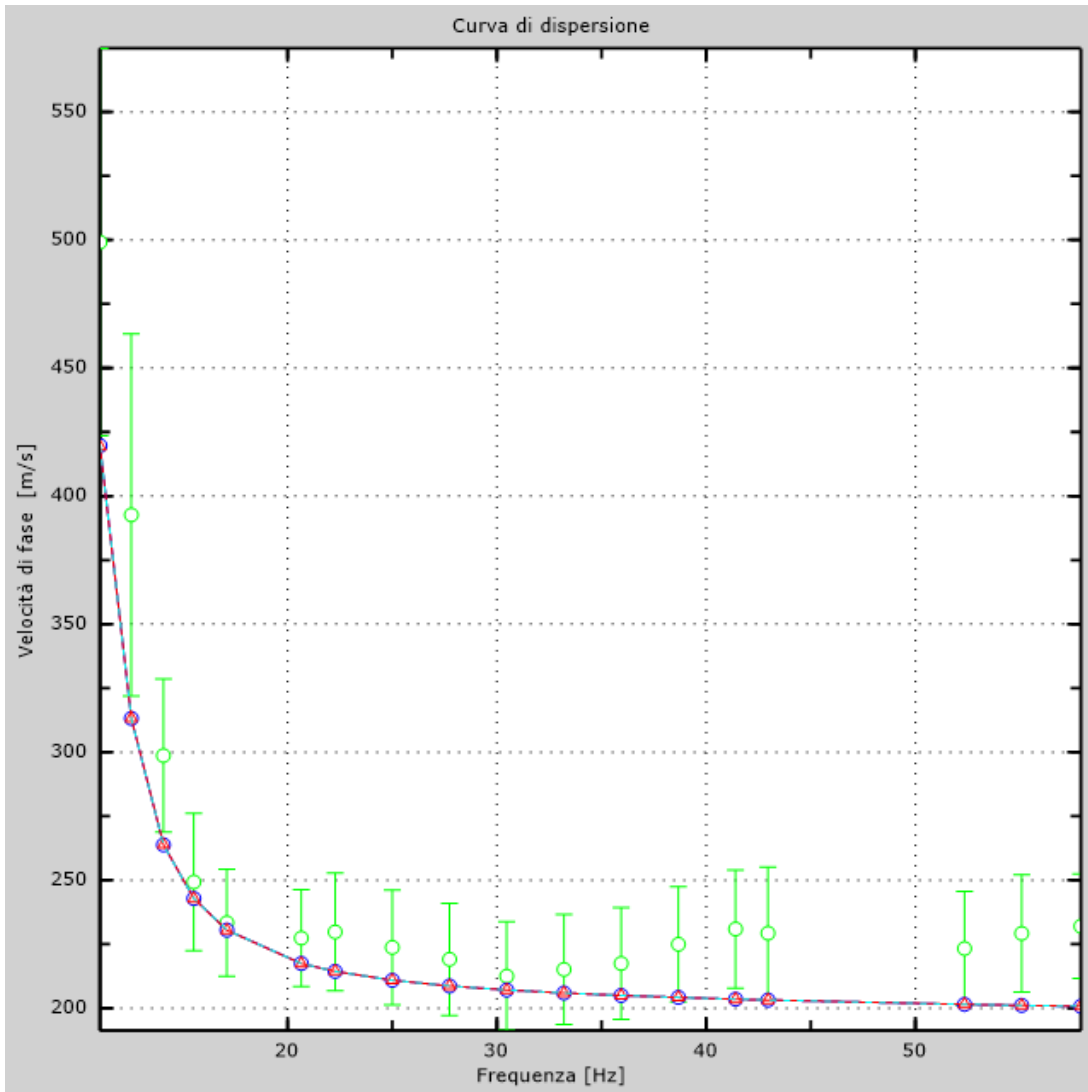


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

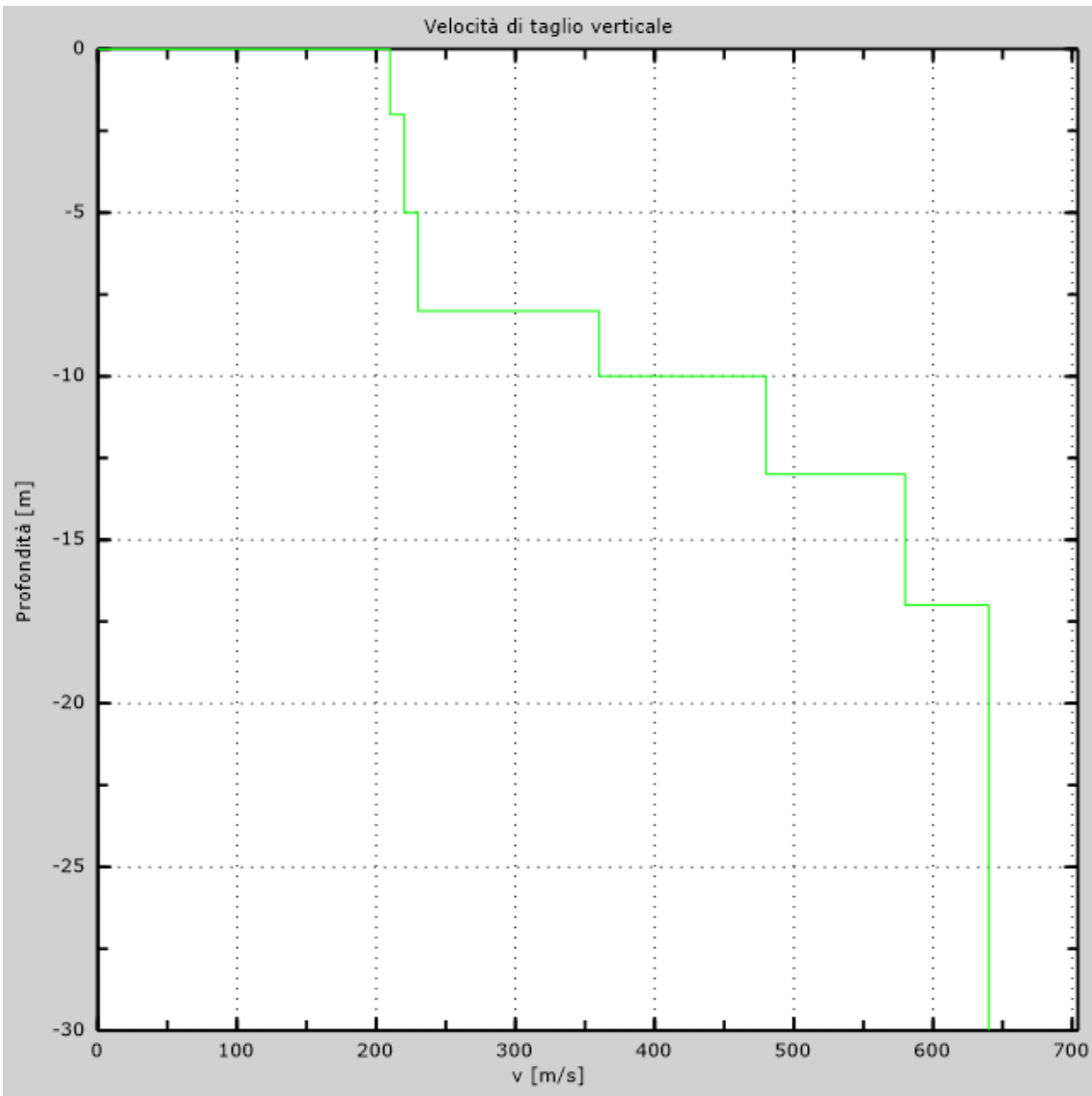


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

| | |
|--|----------|
| Piano di riferimento $z=0$ [m]..... | 0 |
| V_{seq} [m/s]..... | 398 |
| La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018 | |
| Tipo di suolo | B |

E' stata quindi caricata la registrazione e verificato lo spettro di velocità.

Abbiamo quindi generato curve di dispersione artificiali da un modello sismostratigrafico immesso manualmente e progressivamente migliorato per far coincidere le curve di dispersione per i vari modi con lo spettro di velocità risultato dall'analisi. E' stato inoltre verificato che il modello immesso soddisfacesse quanto meglio possibile la curva H/V generata dall'HVSR in modo da avere un'interpretazione congiunta tra i due tipi di analisi (inversione "robusta").

E' stato eseguito poi il ripasso grafico dei massimi dello spettro di velocità (**picking**) così da ottenere dei binomi velocità – frequenza.

La fase successiva ha interessato l'inversione analitica di questi dati considerando come modello di partenza quello calcolato precedentemente in maniera manuale.

Il metodo d'inversione della curva di dispersione è basato su una tecnica di approssimazione particolarmente sofisticata (algoritmi genetici), che comunque non richiede necessariamente modelli di partenza.

Lanciata l'inversione il programma ha ricercato il modello medio e il modello migliore, tra i vari possibili nello spazio di ricerca che abbiamo precedentemente fissato.

La scelta dello spazio di ricerca è stata effettuata in modo oculato tenendo conto delle caratteristiche geologiche dell'area (vedi fig. 5).

Mean model

Vs (m/s): 215, 285, 319, 481, 868, 1207, 1629

Thickness (m): 0.3, 0.5, 2.4, 3.6, 9.0, 10.4, 3.8

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.81 1.94 1.96 2.04 2.17 2.45 2.41

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 83 157 200 471 1632 3564
6396

Analysis: Rayleigh Waves

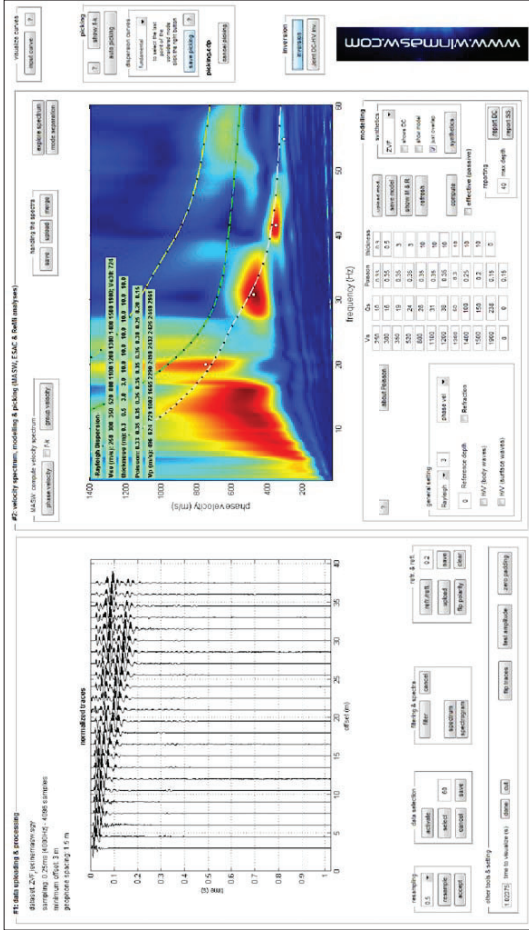
Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 358 618 693 934 1585 4998 4313

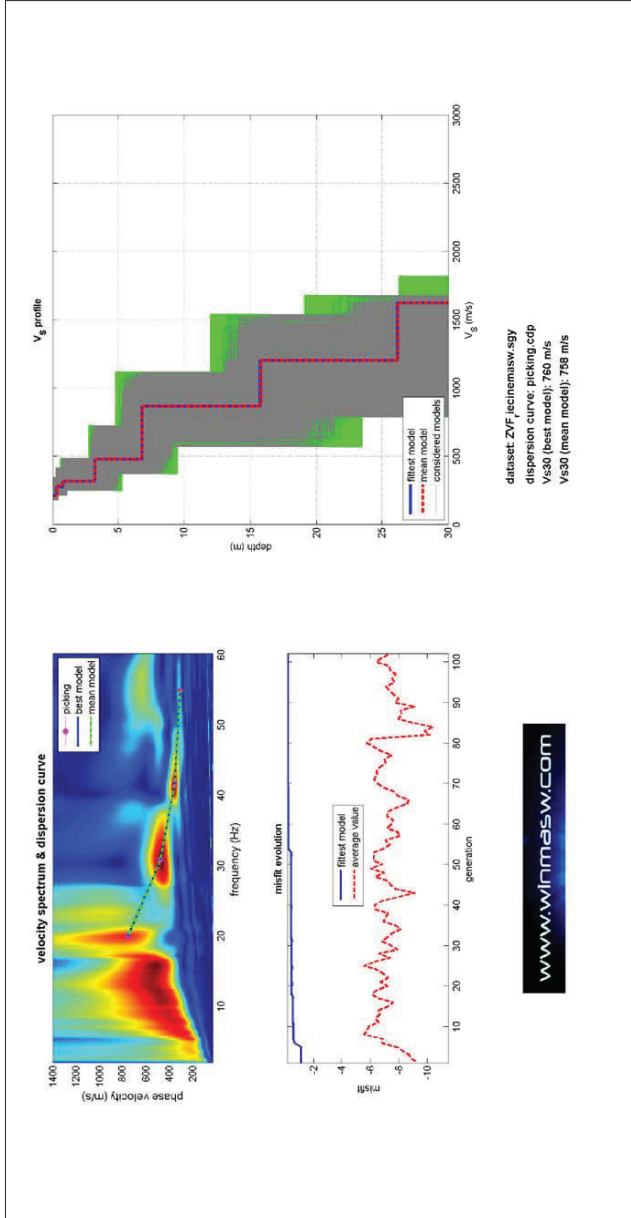
Poisson: 0.22 0.36 0.37 0.32 0.29 0.47 0.42

Vs30 (m/s): 758

SPETTRO DI VELOCITA' E INVERSIONE MANUALE



SPETTRO DI VELOCITA' E CURVA DI DISPERSIONE



dataset: ZVF_iceinmasw.sgy
 dispersion curve: picking.cdp
 Vs30 (best model): 780 mis
 Vs30 (mean model): 798 mis



PROFILO DI VELOCITA'

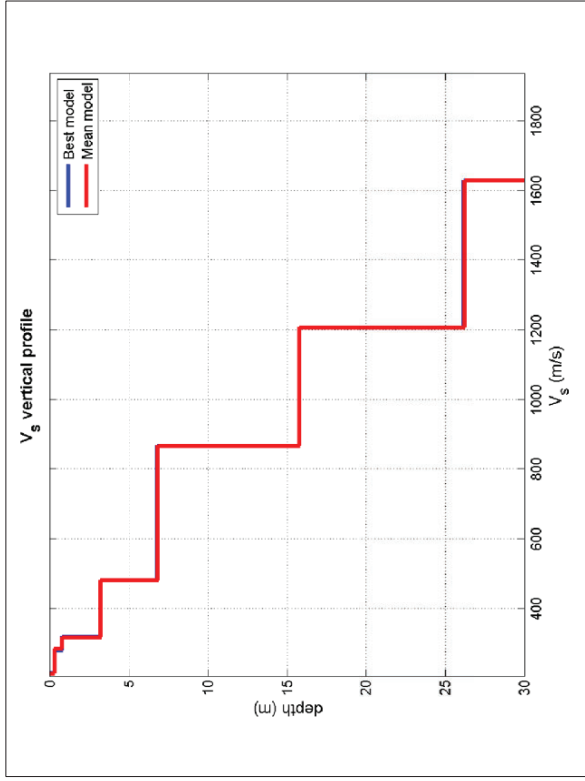


FIG. 5
 RISULTANZE DELL'ANALISI SISMICA CONGIUNTA MASW - HVSR

2.2.3) Interpretazione congiunta del MASW + HVSr

Si nota la presenza di 7 sismostrati, la cui velocità "VS" aumenta mediamente in funzione della profondità.

Da notare che, sebbene il valore di Vs30 di 758 m/sec sia ascrivibile ad un suolo di categoria B, il ritrovamento del substrato sismico sopra i 20 metri (circa 6,8 metri di profondità) con velocità Vs ponderate sugli spessori della copertura di circa 397 m/sec, indica che molto probabilmente il sottosuolo giusto da attribuire al situ è di fatto un E.

La conferma viene dall'HVSr che con un picco a 15,1 Hz per velocità medie delle Vs come quelle sopra calcolate fornisce uno spessore del pacco risonante di:

$$H = \frac{V_s}{4f_0} = \frac{397}{4 \cdot 15,1} = 6,57m$$

Eventuali strutture da costruirsi in questa zona dovranno avere periodi proprio di vibrazione distanti da 0,066 sec.

Poggibonsi 11.11.2015

PREMESSA

In località *Rietine* in data 17/04/2019 (Illustrazione 1) è stata eseguita una M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), con obiettivo la valutazione della velocità media di propagazione delle onde elastiche.

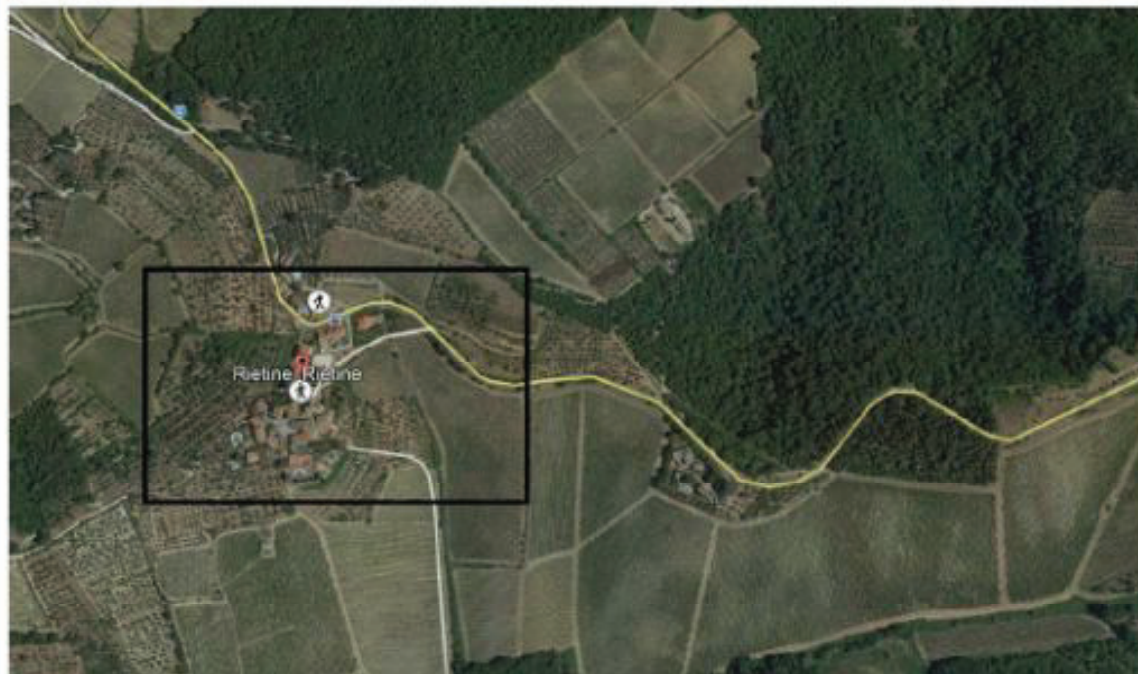


Illustrazione 1: Ubicazione dello stendimento (stendimento non in scala)



CONCLUSIONI MASW

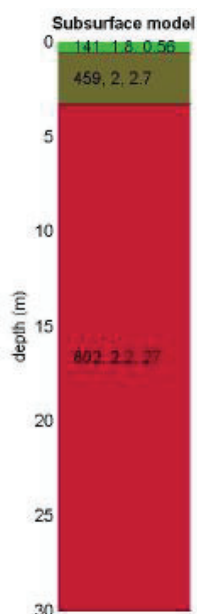
L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale.

- Un primo sismo strato con velocità 141 m/se spessore di 0,6 m
- Un secondo sismo strato con velocità 459 m/se spessore di 2,7 m
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia al di sotto dei 3,3 m una velocità delle onde di taglio (V_s) di 802 m/s fino alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi

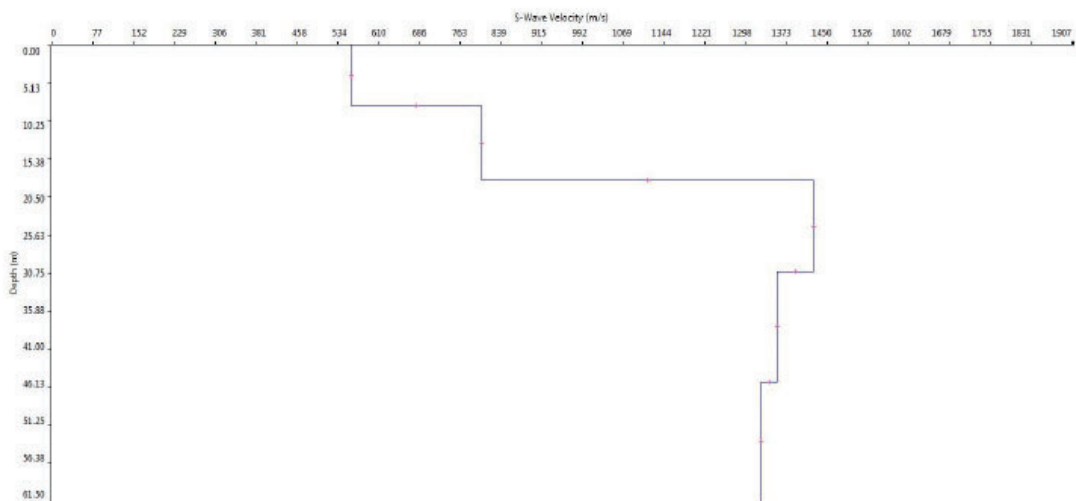
Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

| VS e PARAMETRI ELASTICI | | | | | | |
|--|-------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------|
| | | Profondità livello campagna 0 | | | Profondità (m) liv fond | |
| Strato | V_s (m/s) | V_p (m/s) | Rapporto (V_p/V_s) | Spessore (m) | da | a |
| 1 | 141 | 345 | 2,45 | 0,6 | 0 | 0 |
| 2 | 459 | 955 | 2,08 | 2,7 | 0 | -1,3 |
| 3 | 802 | 1670 | 2,08 | 26,7 | -1,3 | -30 |
| Strato | Poisson v | Densità (g/cm ³) | Shear G (kPa) | Bulk Ev (kPa) | Young E (kPa) | |
| 1 | 0,4 | 2,18 | 35785,8 | 186530,6 | 100181,4 | |
| 2 | 0,35 | 2,18 | 429789,24 | 1287478,68 | 1160260,71 | |
| 3 | 0,35 | 2,21 | 1421480,84 | 4268161,21 | 3838332,69 | |
| Metri Copertura | | 1,3 | | | Fondazione Z | |
| 1 | 0,60000 | | | | 0,000 | |
| 2 | 0,60000 | | | | 0,000 | |
| 3 | 0,05000 | | | | 0,000 | |
| | | | | | 0,000 | |
| VS 30 (Se bed < 800 m/s) | | 0 | | VS Equivalente (Se bed > 800 m/s) | | 459 |
| Rapporto Vs sottratta / Vs copertura (attenzione quando > 2,2) | | | | | | |
| PDM/01 | | | | | | |



ad un materiale più compatto ma sempre alterato. Quindi, l'andamento delle isolinee diviene più irregolare e denota un approfondimento delle stesse verso il geofono n.01, ossia verso l'annesso. A partire dalla profondità di circa 8 m, in corrispondenza del geofono n.01, si assiste al passaggio verso un materiale molto compatto, che dalle risultanze dell'indagine Masw può essere paragonabile ad un substrato sismico ed alla formazione geologica in assetto naturale, non alterata.

La comparazione tra le risultanze dell'indagine Masw e della sismica a rifrazione sopra esposta concorda con la presenza di un sismo strato di materiale allentato ed alterato superficiale caratterizzato da valori medi di V_s dell'ordine di 560 m/s e di un sismo strato compatto, che rappresenta il substrato sismico, in quanto risulta caratterizzato da valori di $V_s > 800$ m/s che si colloca ad una profondità media di circa 8.20 m dal p.c. in corrispondenza del sottosuolo dell'annesso.



| | Thickness | Depth | V_s | V_p | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|-------|-------|---------|---------|
| Layer 1 | 8.22 | 0.00 | 560 | 1119 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 2 | 10.04 | 8.22 | 804 | 1607 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 3 | 12.27 | 18.26 | 1424 | 2846 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 4 | 14.91 | 30.53 | 1356 | 2710 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 45.45 | 1327 | 2652 | 0.333 | 2.000 |

PROFILO DI VELOCITÀ MONODIMENSIONALE ONDE S

4.CATEGORIA TERRENO DI FONDAZIONE

I valori del parametro V_s calcolati permettono la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, secondo il metodo semplificato, come previsto dalla vigente normativa (DM 17/01/18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

In base ai risultati ottenuti dall'interpretazione dei profili di velocità con la tecnica MASW, è stato determinato il valore numerico delle onde di taglio V_{seq} relativo alla diversa elaborazione con il fit migliore che nel caso specifico sussistendo un substrato sismico entro $H=8.22$ m di profondità, si assume uguale a quello delle $V_{seq8.22}$.

| INDAGINE | V_{seq} [m/s] |
|-------------------------|-----------------------------------|
| MASW 24-10 medio | 560 |

al sottosuolo dell'area in esame compete una categoria di sottosuolo B.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|------------------|---|
| A | <i>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.</i> |
| B | <i>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.</i> |
| C | <i>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.</i> |
| D | <i>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.</i> |
| E | <i>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.</i> |

Seguono i grafici relativi al coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e topografica T ; quest'ultimo si considera T_1 poichè il pendio in esame ha un'inclinazione media localmente $< 15^\circ$.

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o cresta, dove S_t assume il valore massimo riportato nella tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_t assume valore unitario.

Pertanto, si affida al terreno in studio, il seguente coefficiente topografico S_t di amplificazione sismica:

$$S_t = 1.0$$

CONSIDERAZIONI GENERALI PER LA DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le Norme Tecniche (D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”), nel paragrafo 3.2.2, indicano delle categorie di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica di progetto.

L'effetto della risposta sismica locale in situazioni complesse si valuta mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018.

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 a 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 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.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 2018.

DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO => CATEGORIA B

Per la definizione della $V_{s,eq}$ o della V_{s30} e conseguentemente della categoria di sottosuolo si farà riferimento all'indagine sismica, che ha evidenziato i seguenti risultati rispetto al piano campagna:

$$V_{s30} \text{ (m/s): } 459$$

Nel caso in esame non viene individuato un substrato con velocità delle V_{s30} non inferiore a 800 m/sec entro i primi 30 metri di profondità, quindi la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Pertanto il terreno in analisi, appartiene alla categoria di sottosuolo B (così come definite in Tab. 3.2.II delle NTC 2018).

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | 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 | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | 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. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI GEOGNOSTICI

10. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Per la caratterizzazione del terreno di sedime, in relazione alla tipologia di intervento previsto ed alle classi di fattibilità assegnate, è stata eseguita un'indagine geognostica diretta espletata mediante la realizzazione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH, ubicate come mostra l'immagine sottostante ed i cui certificati si allegano in copia.

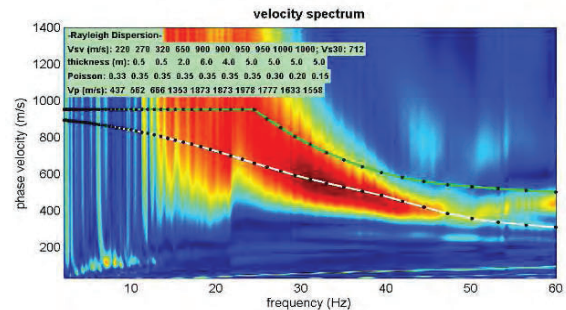
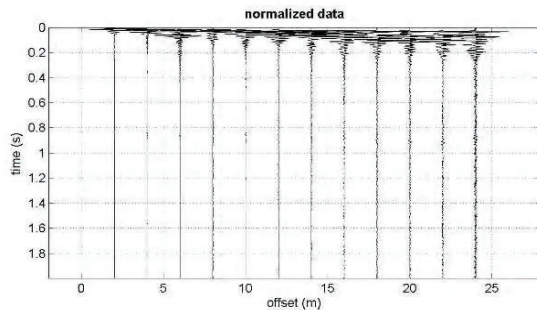
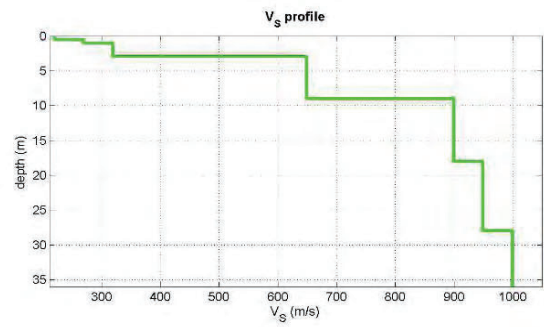
10.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

E' stato impiegato un penetrometro dinamico tipo TG 63-200 montato su cingoli in gomma; la prova penetrometrica dinamica pesante ha le seguenti caratteristiche:

| | |
|------------------------------|----------|
| peso massa battente | 63.50 kg |
| altezza di caduta | 0.75 m |
| diametro punta conica | 51 mm |
| angolo apertura punta conica | 60° |
| avanzamento punta | 0.20 m |

La prova dinamica consiste nel misurare il numero dei colpi necessari per far avanzare di 20 cm nel terreno la punta conica e misurare così la resistenza del terreno.

www.winmasw.com

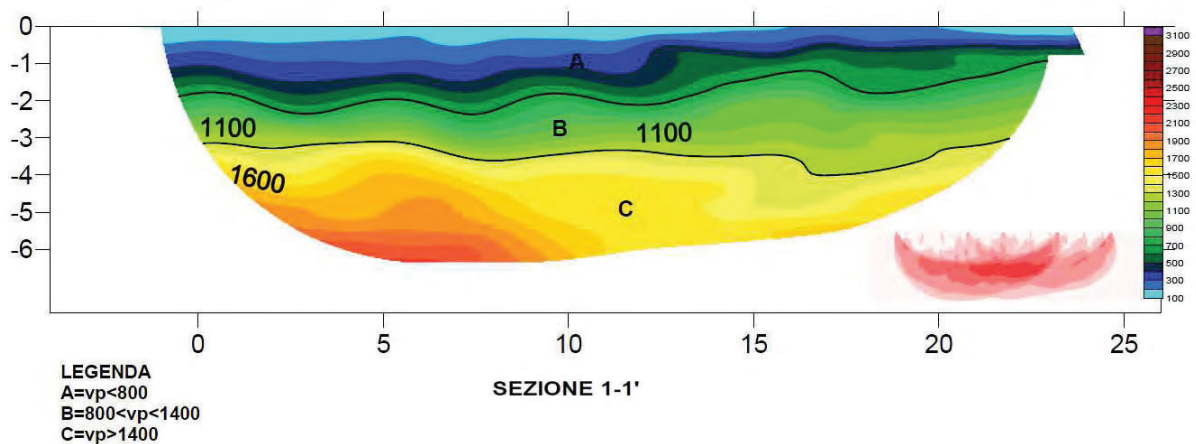


SISMICA A RIFRAZIONE

Dall'indagine della sismica a rifrazione, si riconoscono essenzialmente 3 principali sismostrati:

- sismostrato A = materiali scarsamente addensati con spessore medio 2 m;
- sismostrato B = materiali addensati/consistenti
- sismostrato C = bedrock indisturbato

Si riportano di seguito i risultati e la sezione tomografica ottenuti dall'analisi a rifrazione.



H/V

Il tromino è stato disposto in bolla con il terreno e allineato con il nord geografico: è stata effettuata una registrazione del rumore di fondo per 20 minuti.

Strumento: TRZ-0135/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 15/05/18 08:51:46 Fine registrazione: 15/05/18 09:05:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h14'00".

Analizzato 40% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 5 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

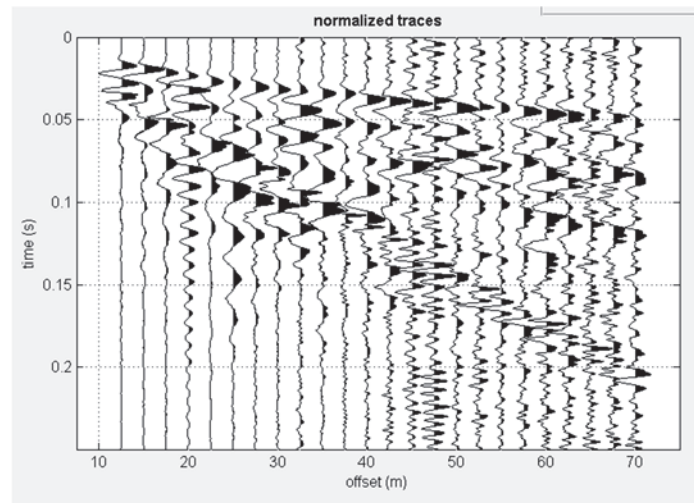


Figura 5.1 – Dato di campagna normalizzato. Parametri di acquisizione: campionamento: 0.250 millisecondi; tempo di registrazione: 2.0 secondi.

Sullo spettro di velocità è eseguito un “picking” della curva di dispersione (soprasegno con cerchietti) individuando un insieme di punti che appartengono ad un certo modo (in questo caso al modo fondamentale e quello primario) di propagazione dell’onda superficiale di Rayleigh.

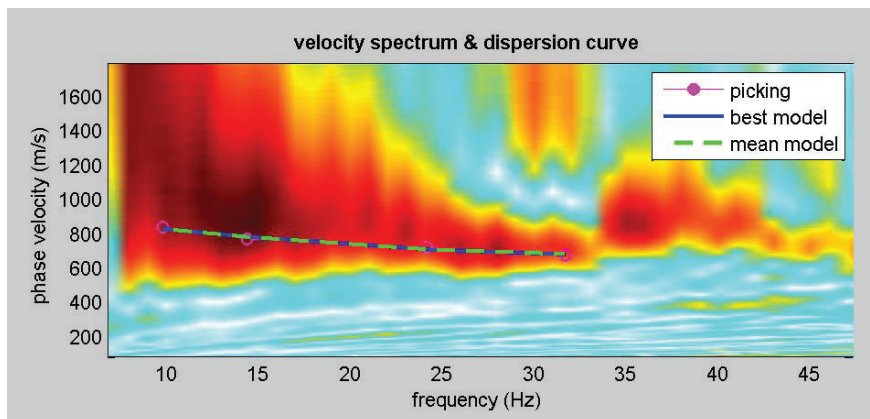


Figura 5.2 – Spettro di velocità

L'analisi dei dati attraverso l'uso di algoritmi genetici porta in ultima analisi alla definizione del profilo verticale delle Vs in funzione della profondità con associato il valore del Vs₃₀.

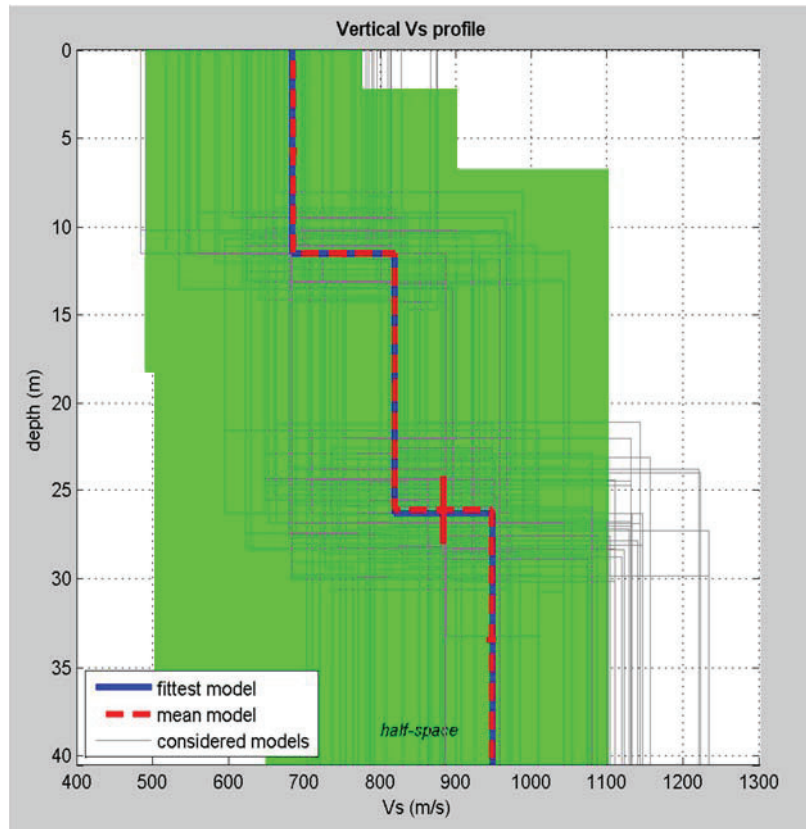


Figura 5.3 – Profilo di Vs ottenuto mediante inversione della curva sperimentale dello spettro di velocità.

6 – ANALISI DEI RISULTATI

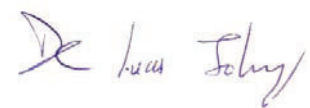
L'interpretazione della prova MASW ha evidenziato il seguente modello 1D di Vs:

| Profondità da P.C | | Velocità onde S |
|-------------------|-------|-----------------|
| (m) | | (m/s) |
| 0.0 | 11.5 | 684 |
| 11.5 | 26.3 | 819 |
| 26.3 | ≈30.0 | 948 |

L'area oggetto della prospezione geofisica con tecnica di sismica attiva MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), fornisce un valore di V_{S30} convergente a **774 m/s**, e può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente (decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul supplemento ordinario n°8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018), in **classe B**.

Maggio 2018

Dr. Geol. Johnny De Luca



2.3.1 Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti con un sismografo Daq LinkIII 24 bit 24 canali lungo una linea sismica con interasse geofonico pari a 2 m intervallo di campionamento di 2 ms e finestra di campionamento pari a 2 s. La Figura 4 riporta le tracce registrate dei dati acquisiti.

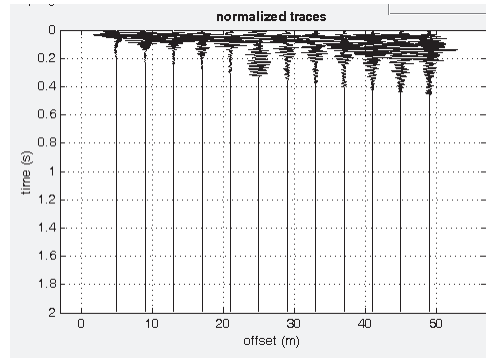


Figura 4 - Tracce dei dati acquisiti

2.3.2 Ricostruzione della curva di dispersione

A partire dalla rappresentazione delle velocità verticali dell'intero campo di moto nel dominio frequenza numero d'onda (Figura 5) viene estratta la curva di dispersione apparente sperimentale nell'intervallo di frequenza compreso tra 2 e 70 Hz che come detto caratterizza gli strati più superficiali (30 m).

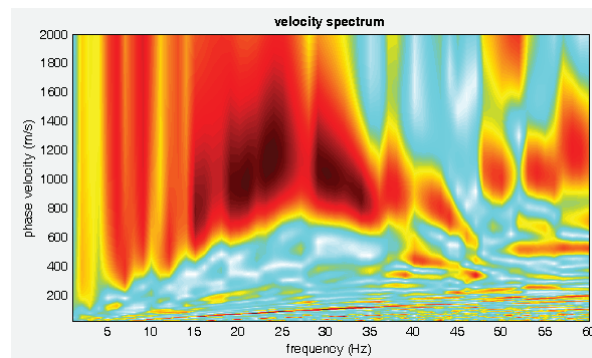


Figura 5 - Spettro delle velocità dell'intero campo di moto

2.3.3 Confronto tra la curva sperimentale e quelle calcolata

Una volta ricostruita e discretizzata la curva di dispersione sperimentale ne viene generata una calcolata e sovrapposta a quella sperimentale modificando la curva calcolata fino ad avere una buona sovrapposizione con quella sperimentale (Figura 6).

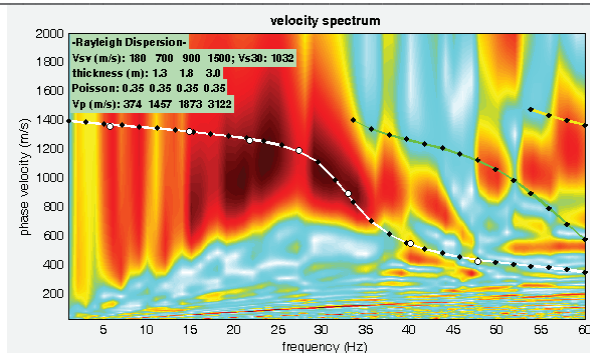


Figura 6 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 7).

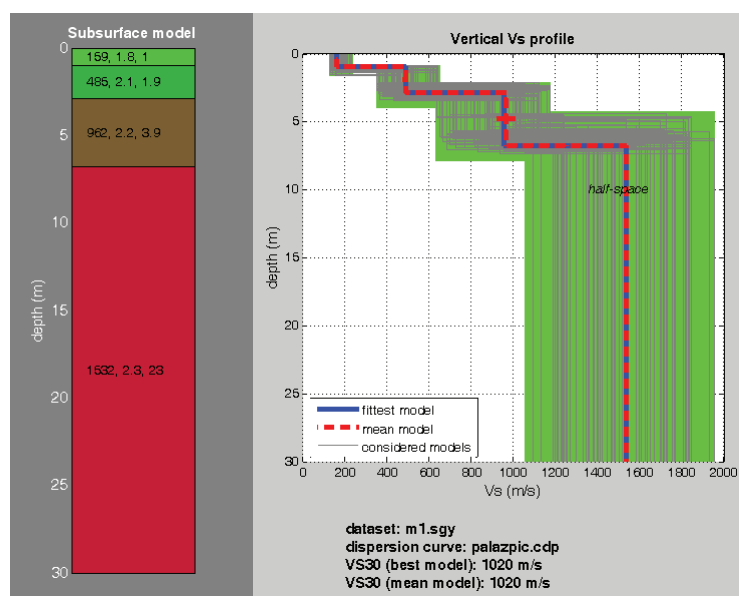


Figura 7 – Andamento della velocità Vs con la profondità

2.4 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 8 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura nei due punti di indagine.

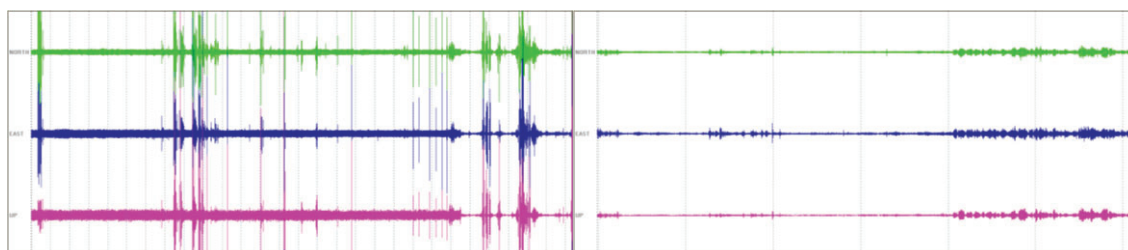


Fig. 8 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nel punto di misura

3 Riconoscimento della V_e (NTC 2018) e del profilo di appartenenza

In base a quanto definito nelle NTC 2018 la categoria di suolo deve essere definita in funzione della velocità equivalente calcolata secondo l'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

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 V_s non inferiore a 800 m/s.

La tabella 3 riporta le categorie di suolo come definite nelle NTC 2018.

| Categoria | Caratteristiche della stratigrafia |
|-----------|--|
| A | 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 | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | 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. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Tabella 3 - Categorie di suolo NTC 2018

La velocità V_e per il terreno in esame è pari a 284 m/s corrispondente ad una categoria C. Tuttavia lo spessore della copertura del substrato sismico è inferiore a 3 m di conseguenza è possibile attribuire una categoria A al terreno in esame.

Firenze ottobre '18

Dott. Alberto Iotti

N° 1438 Ordine dei Geologi della Regione Toscana

2.2 I risultati nell'area in esame

Le caratteristiche della geometria dello stendimento sono riassunte in Tabella 1.

| Stendimento | Lunghezza | N° Shot | Onde | N° geofoni |
|-------------|-----------|---------|----------|------------|
| St1 N-S | 52 | 4 | P – MASW | 12 |

Tabella 1 - Geometria dello stendimento.

L'indagine sismica ha permesso di valutare la presenza di diversi orizzonti rifrattori e l'elaborazione tomografica ha permesso di valutare la presenza di variazione di velocità di propagazione delle onde S all'interno di uno stesso orizzonte.

2.2.1 Stendimento St1 onde p

Questo stendimento si allunga lungo l'area con orientazione circa N-S. La Figura 2 riporta le dromocrone relative ai primi arrivi per questo stendimento.

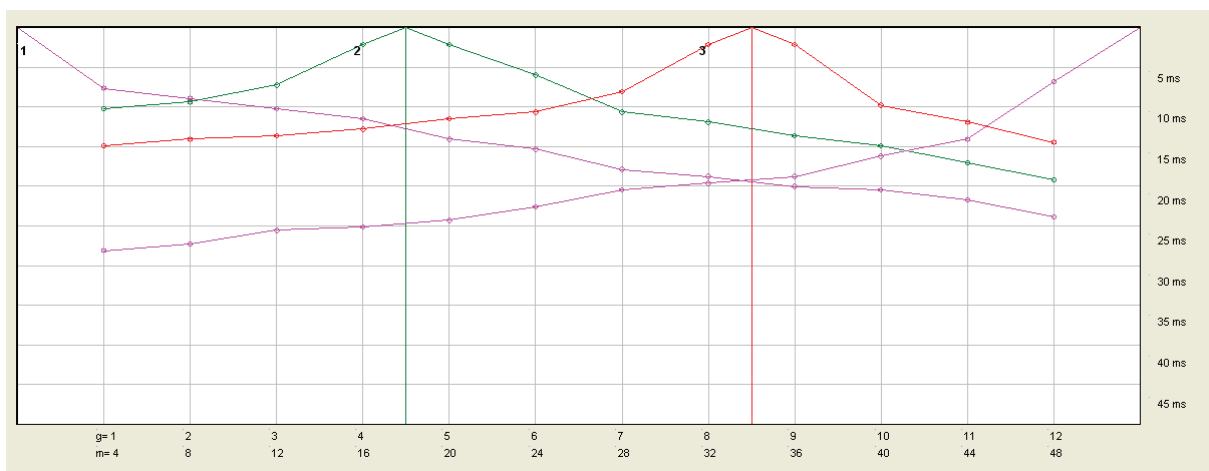


Figura 2 - Dromocrone stendimento St1 onde p.

È possibile riconoscere tre orizzonti un primo orizzonte con velocità di propagazione delle onde p fino a 500-700 m/s con spessore massimo pari a 1-3 m interpretabile come depositi allentati - detrito, un secondo orizzonte con velocità delle onde p fino a 1500-1600 m/s con spessore massimo investigato variabile tra 1 e 3 m interpretato come sedimenti più addensati – substrato alterato con spessore maggiore nella parte finale dello stendimento, al

di sotto si hanno velocità maggiori legate ad un rifratore maggiormente resistente substrato non alterato..

La Figura 3 riporta l'interpretazione tomografica dello stendimento.

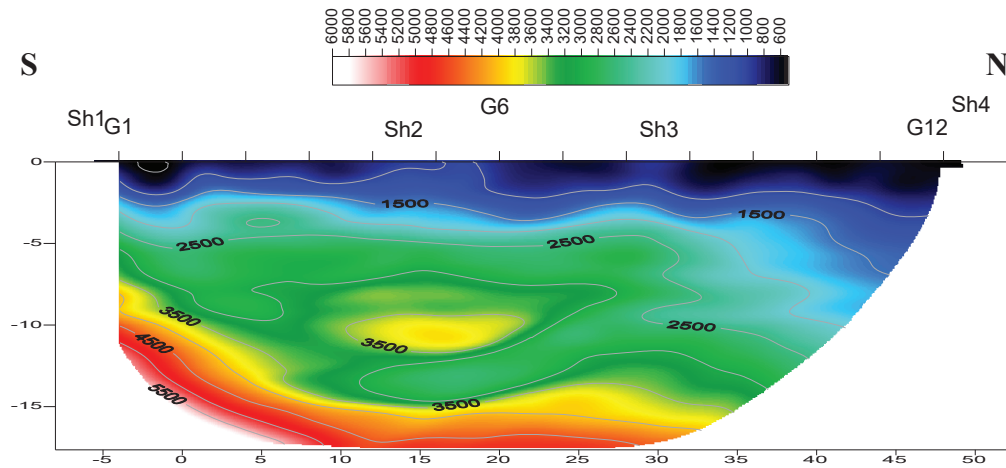


Figura 3 - Tomografia stendimento 1 onde p (distanze e profondità in m).

2.3 Indagine MASW

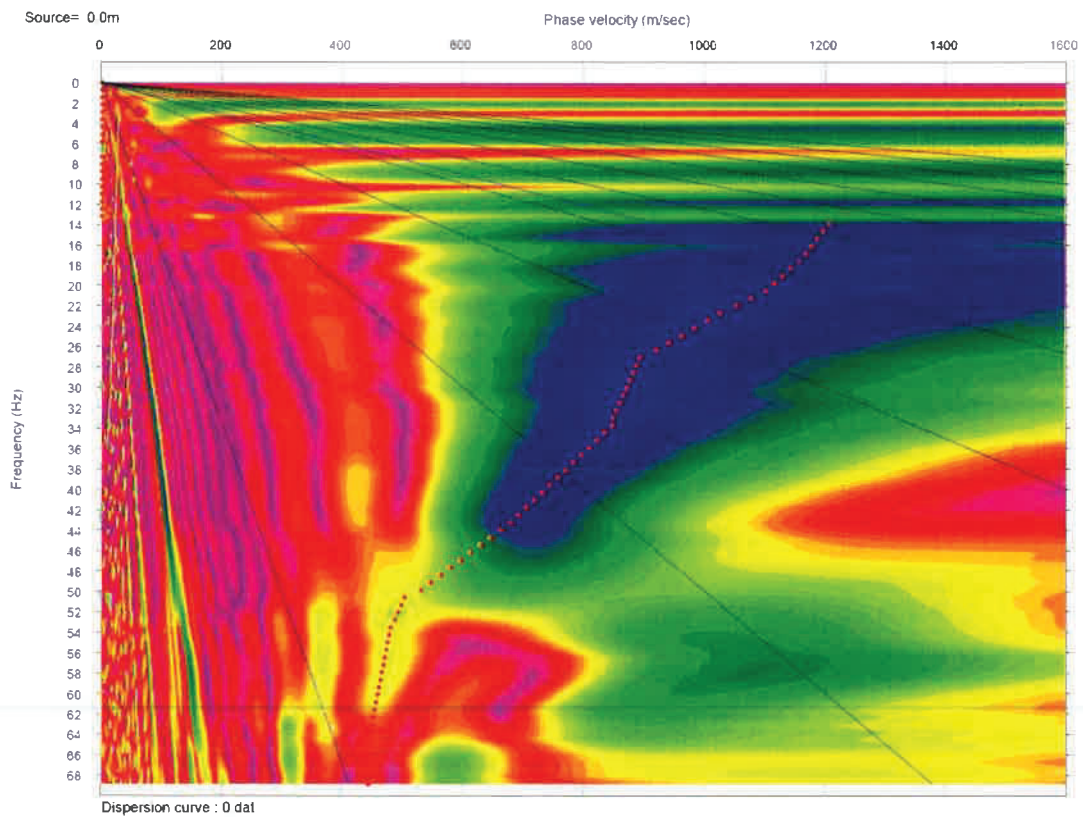
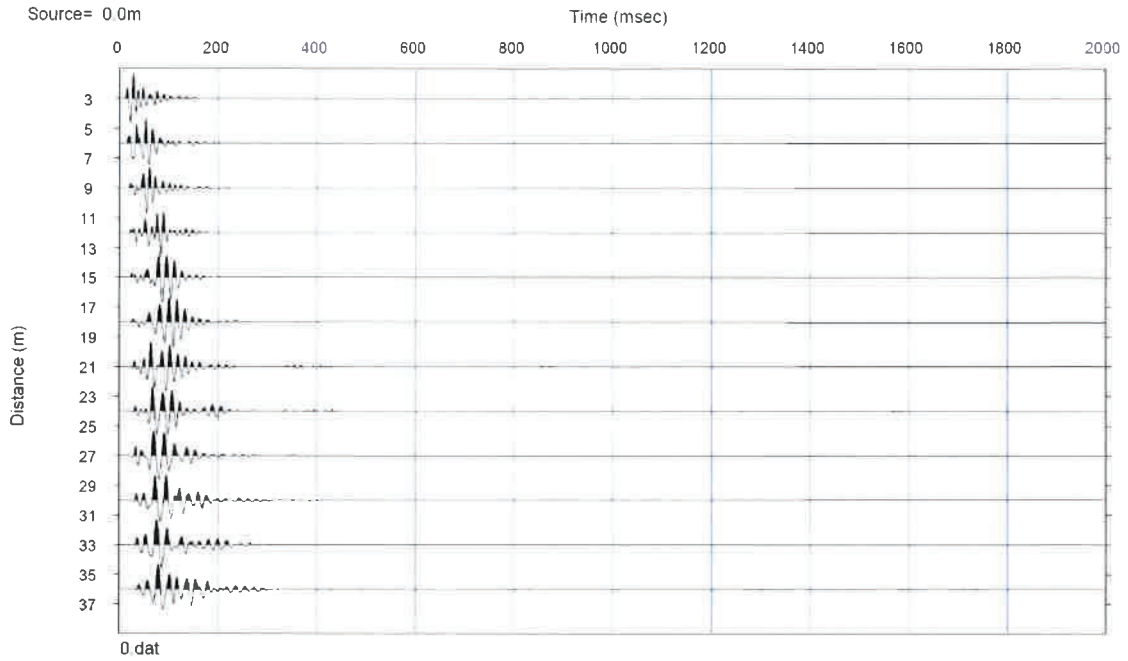
È stato eseguito uno stendimento per l'acquisizione dei dati da sottoporre ad una elaborazione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la valutazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m Vs30. È stato impiegato il metodo *attivo* che consente in genere di ottenere una velocità di fase (quindi una curva di dispersione) sperimentale apparente nell'intervallo di frequenza compreso tra 5 e 70 Hz che da quindi informazioni sulla fascia più superficiale di terreno.

Le fasi prevedono del procedimento applicato prevedono:

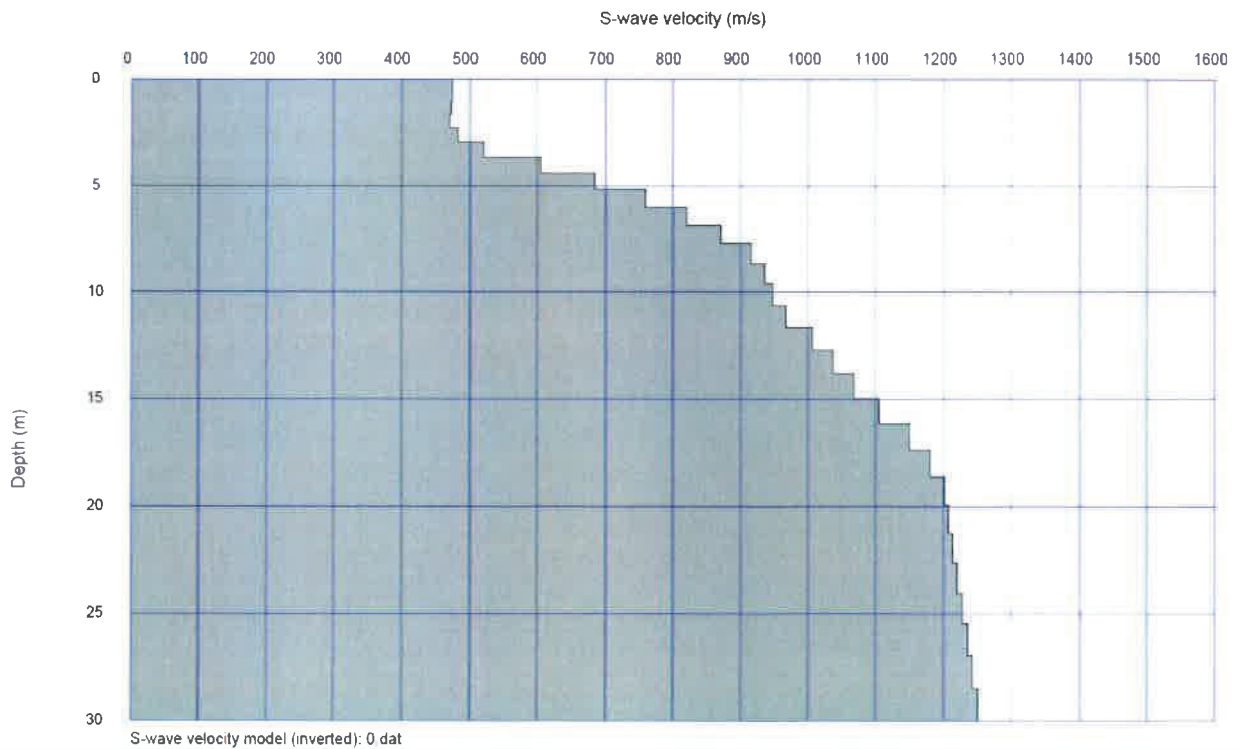
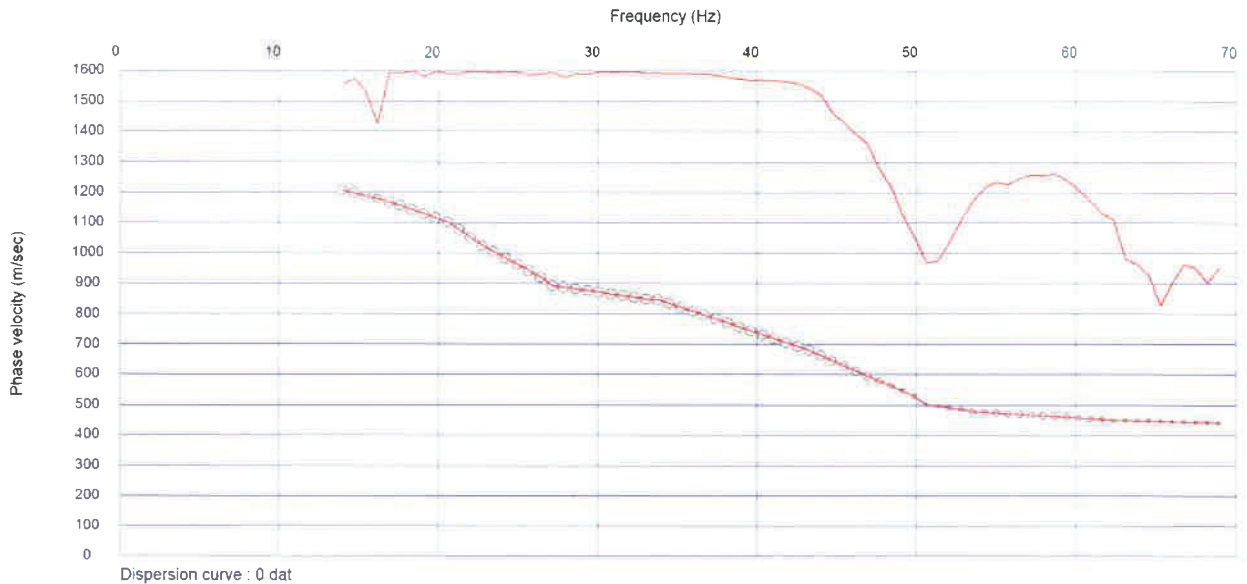
1. calcolo della velocità di fase e ricostruzione della curva di dispersione
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali vs per interazione e confronto con i dati sperimentali fino ad una sovrapposizione ottimale
4. calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità
5. Riconoscimento della categoria sismica del suolo secondo la normativa sismica OPCM 3274 e le NTC 2018.

MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

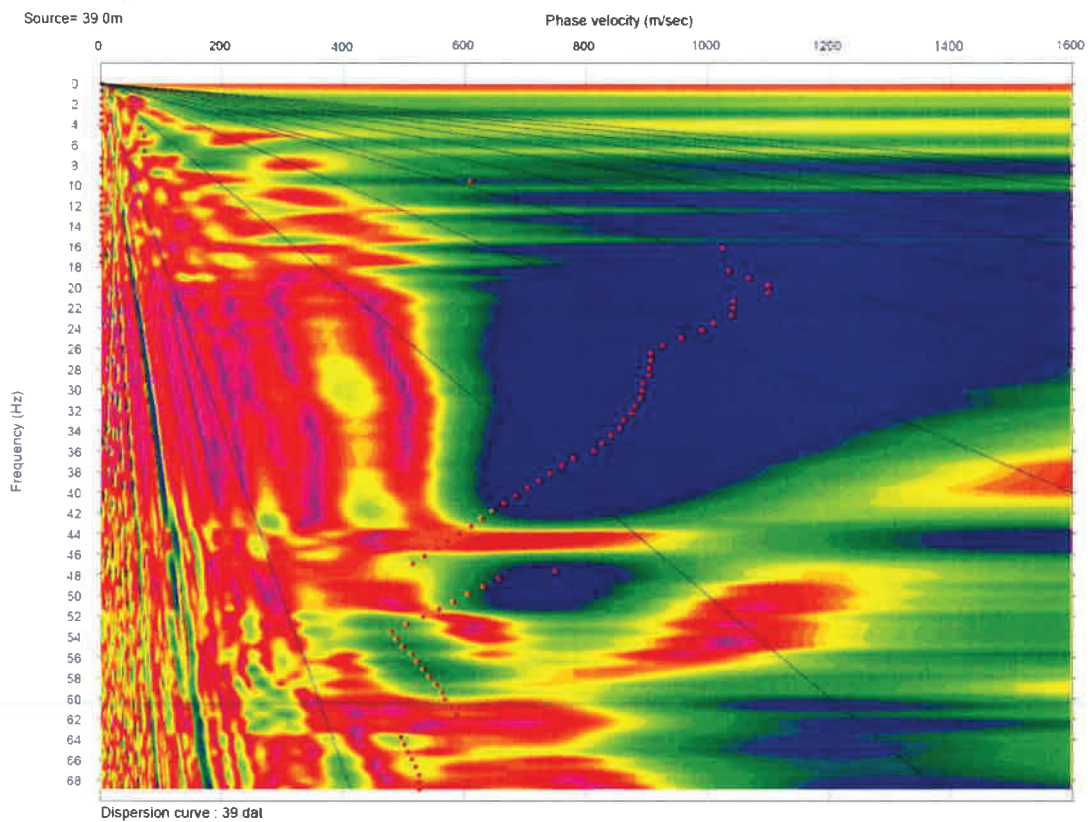
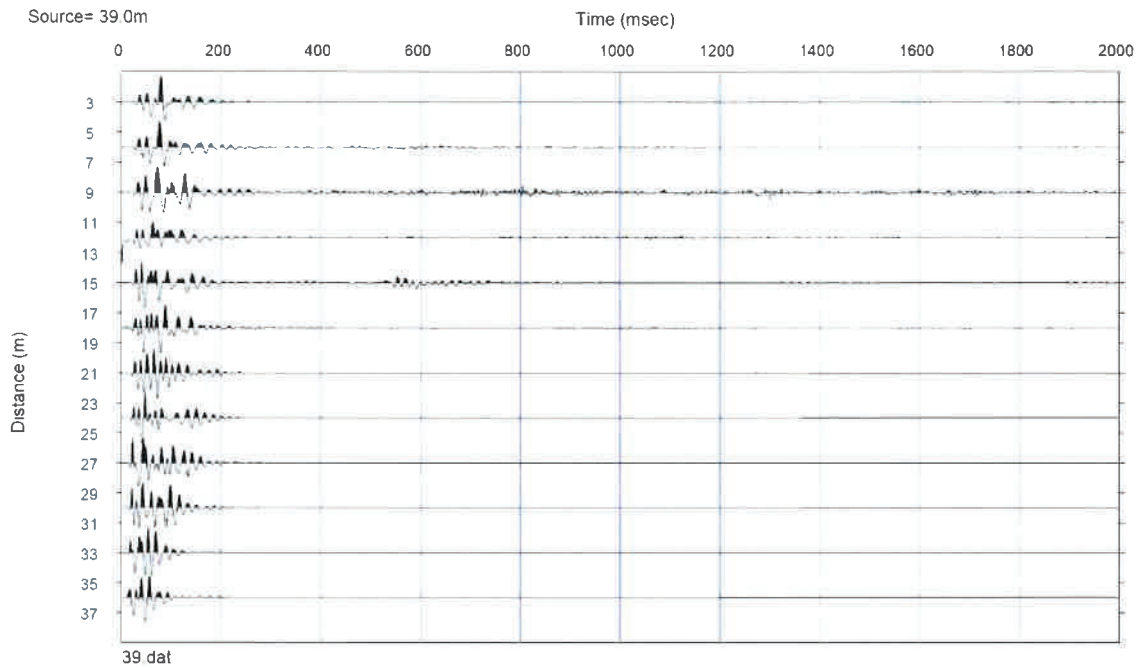
x = 0.00 m



MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES x = 0.00 m

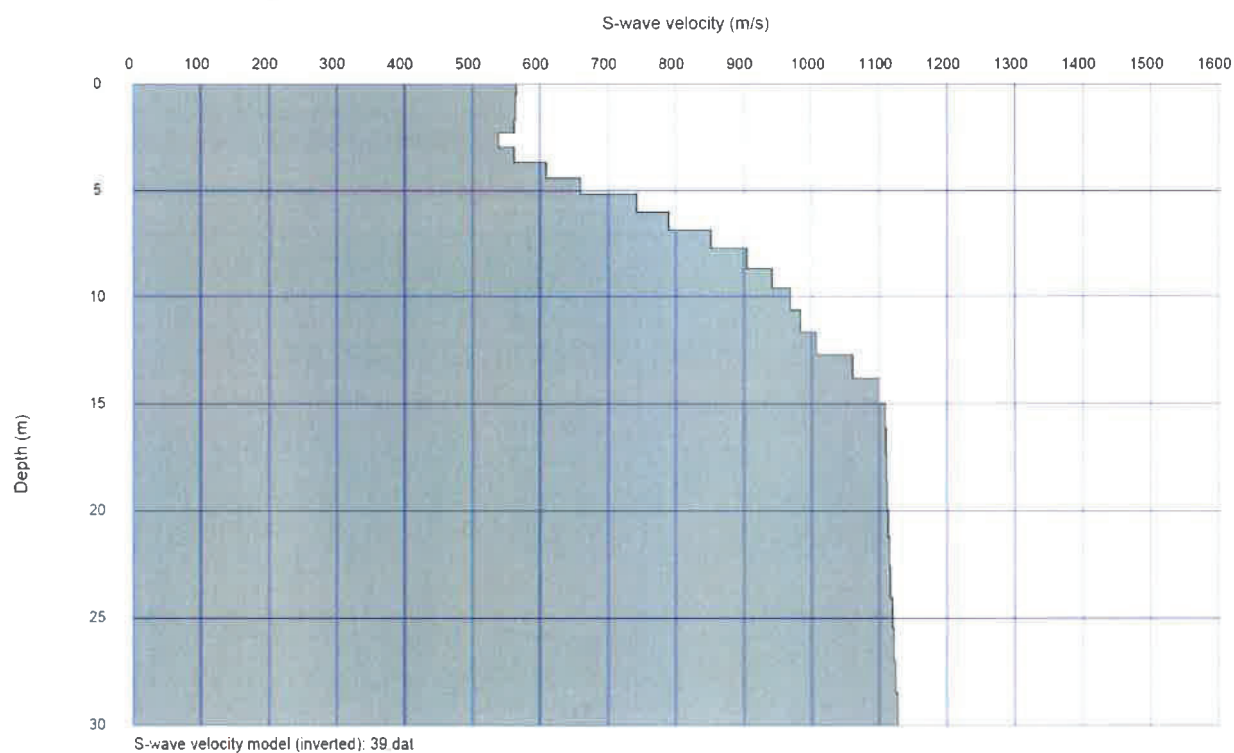
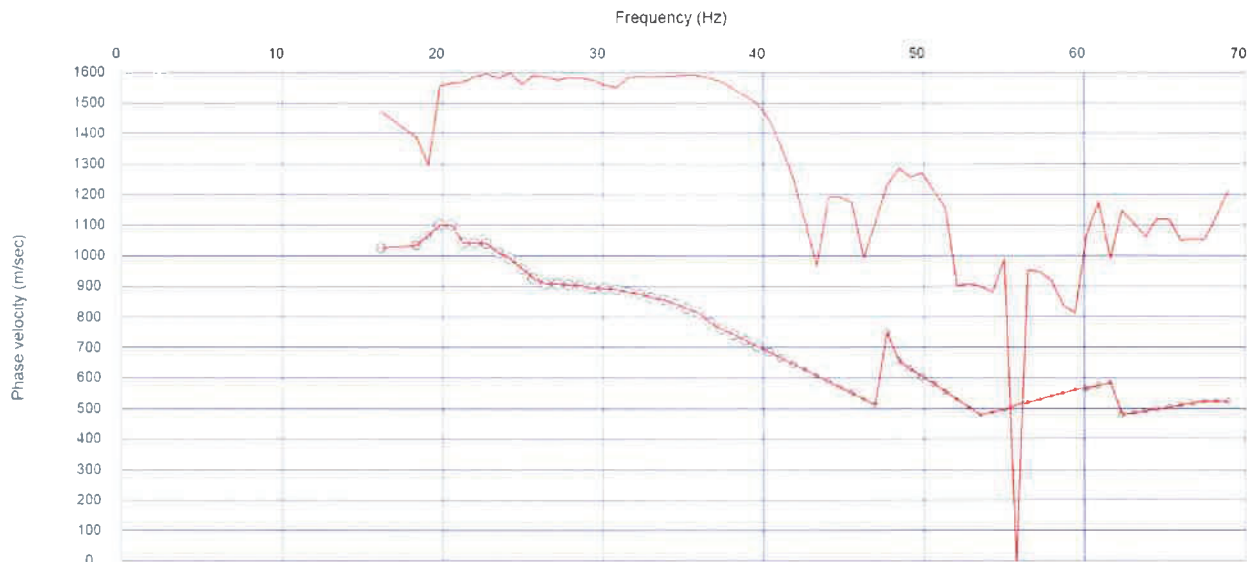


MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES x = 39.00 m



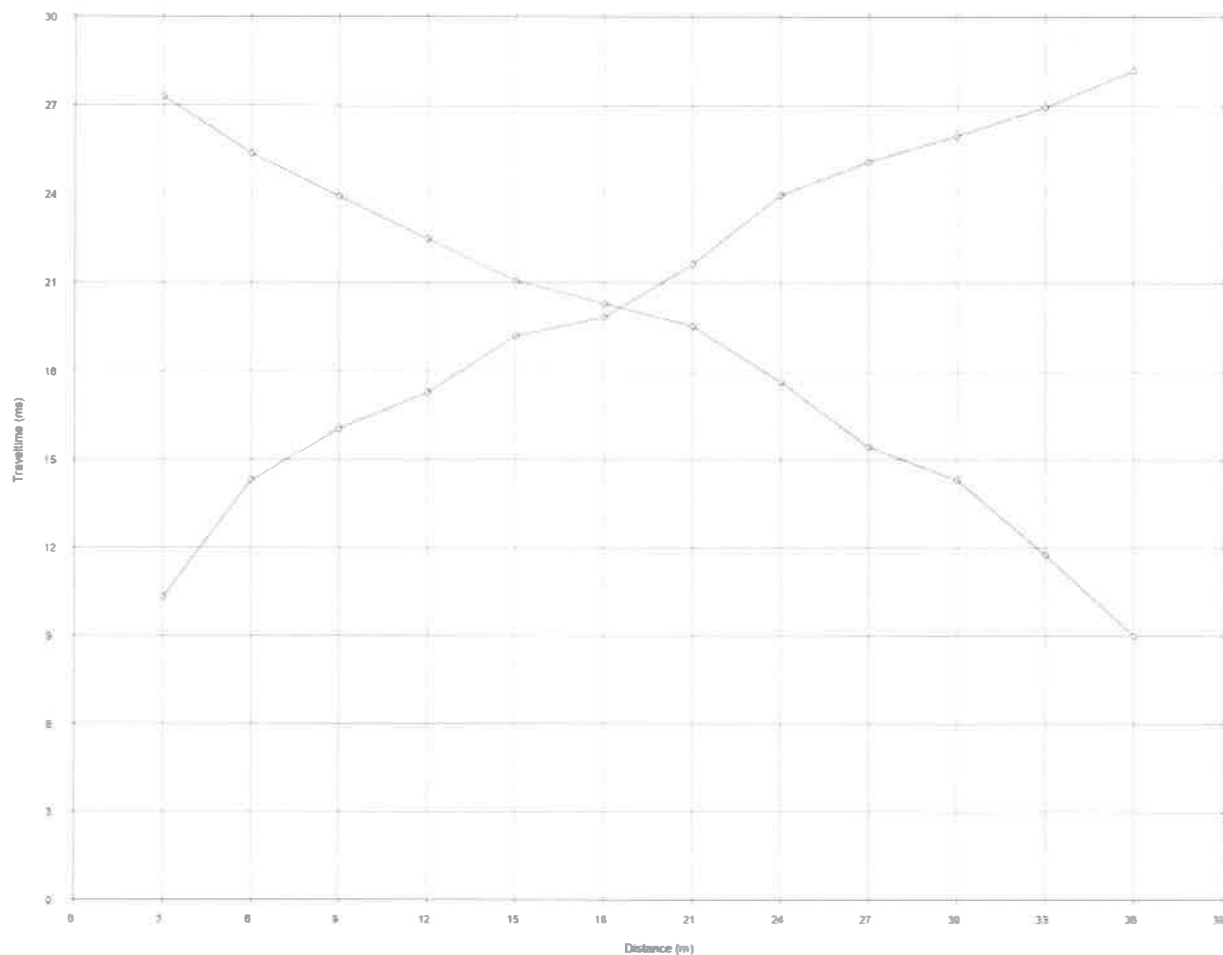
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

x = 39.00 m

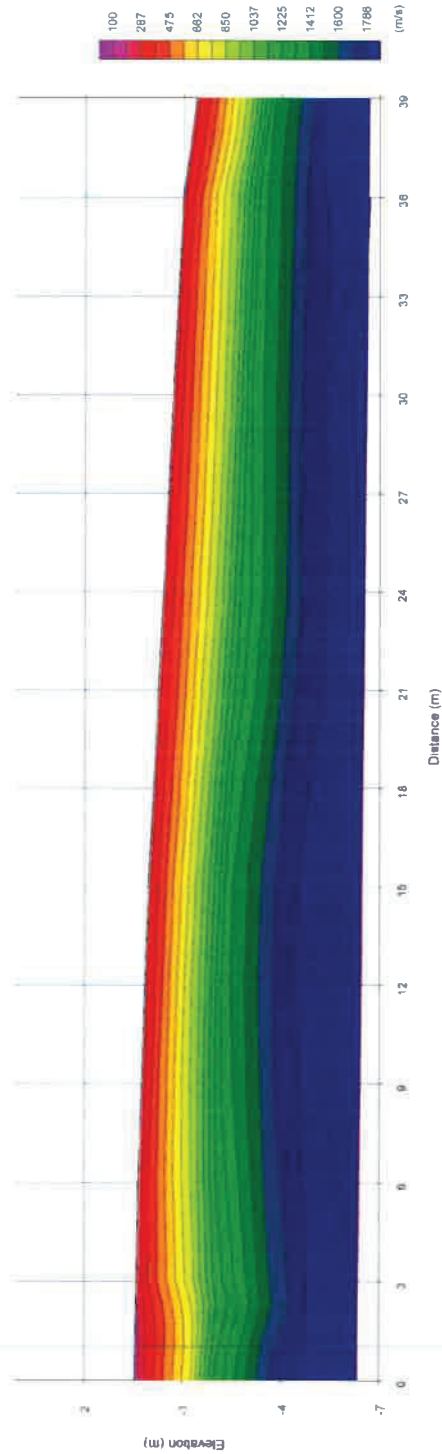


Lpgeognostica di Lando U. Pacini

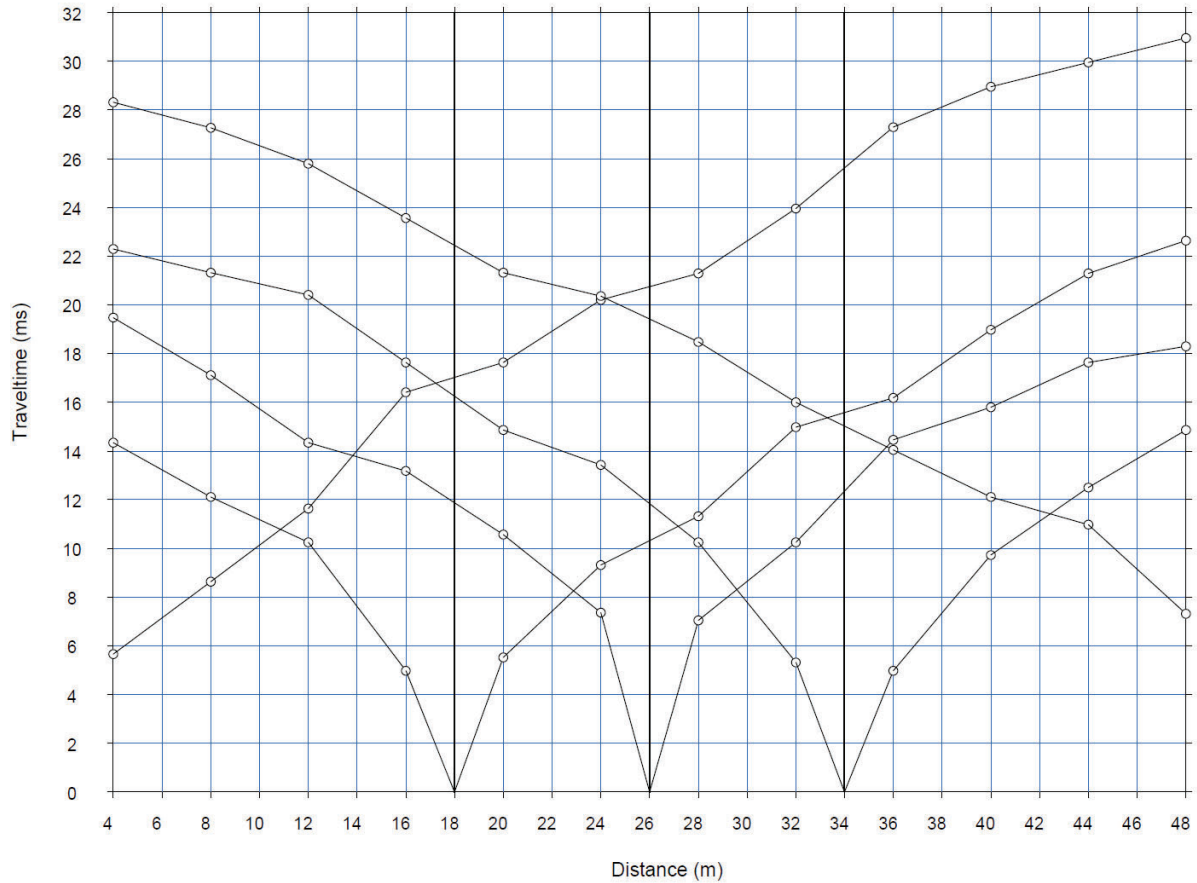
TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE DROMOCRONE



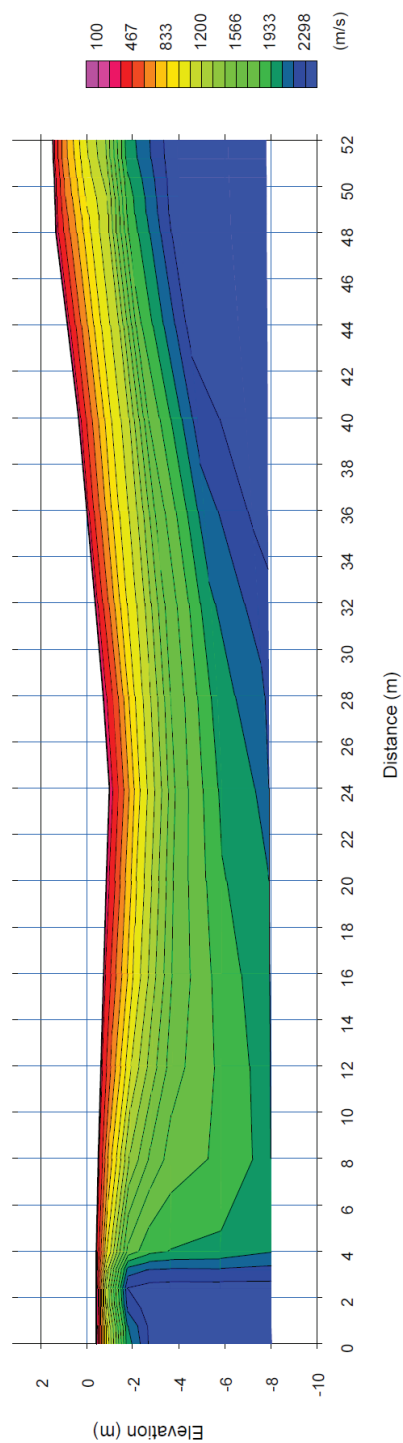
TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE SEZIONE TOMOGRAFICA



SISMICA A RIFRAZIONE BASE 1 DROMOCRONE



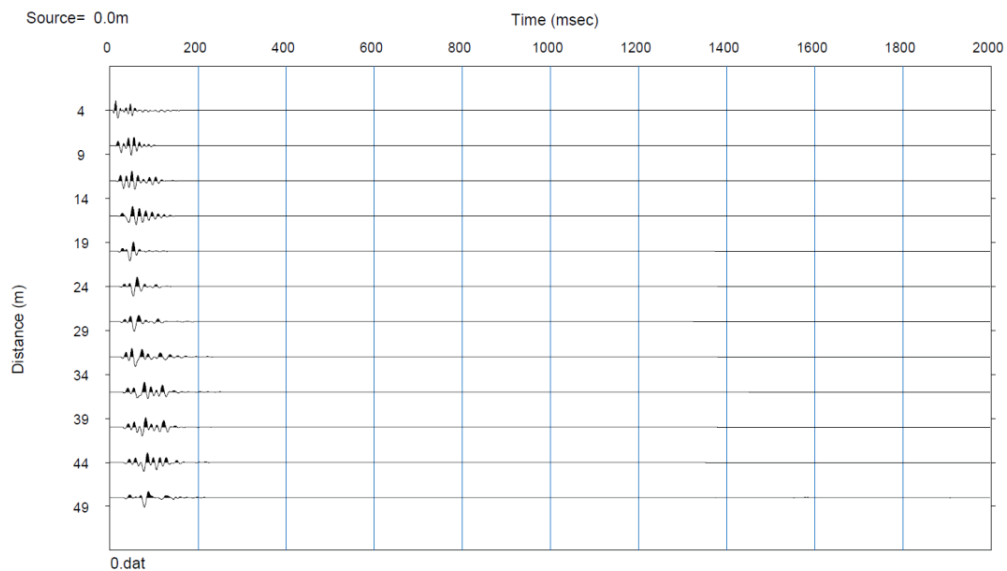
SISMICA A RIFRAZIONE BASE 1 ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



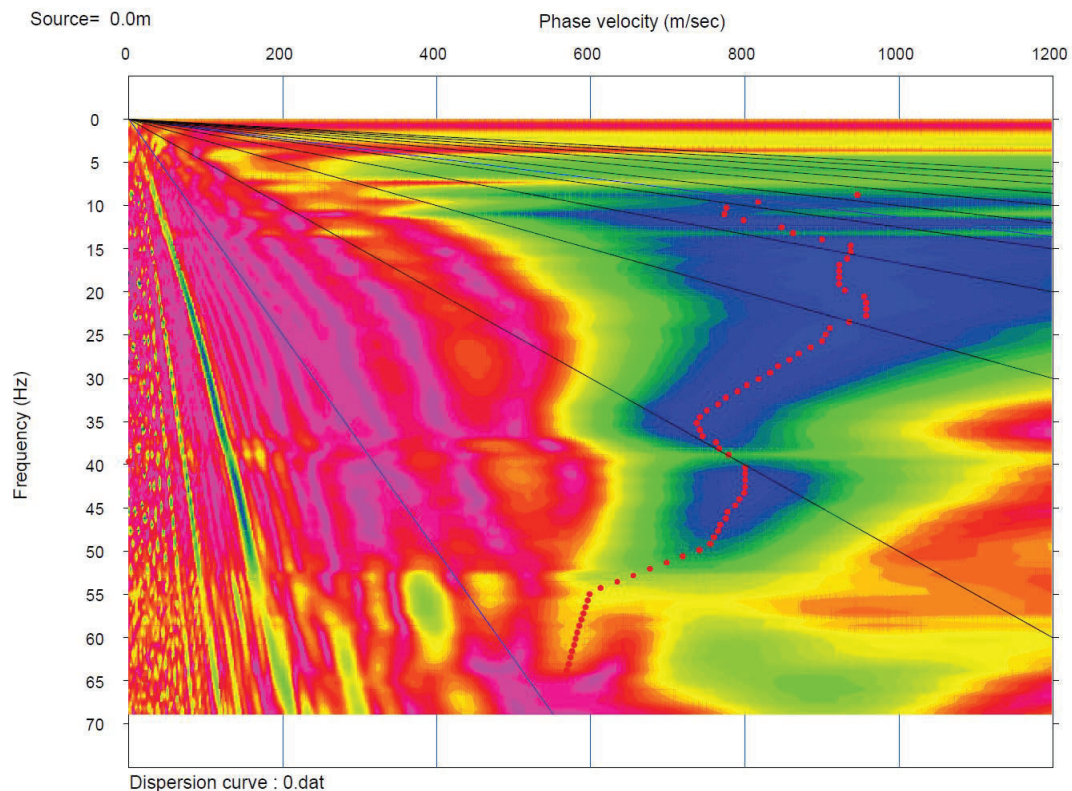
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 1 – shot andata

TIME HISTORY



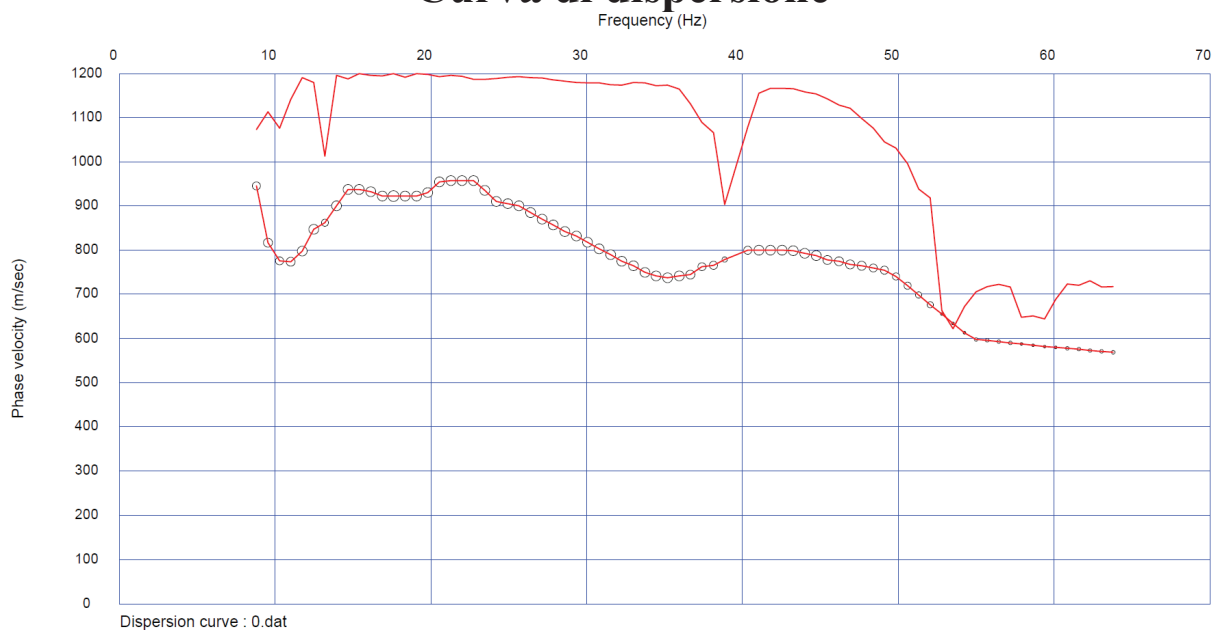
Potenza spettrale



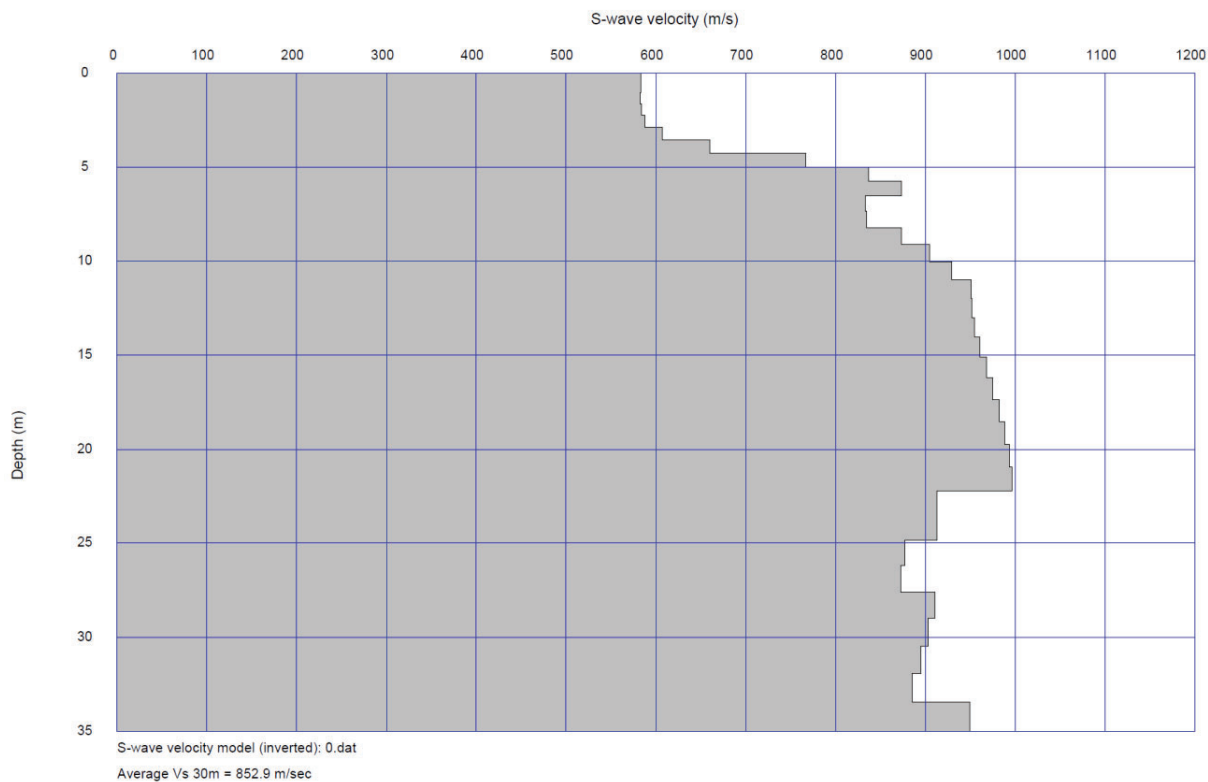
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 1 — shot andata

Curva di dispersione



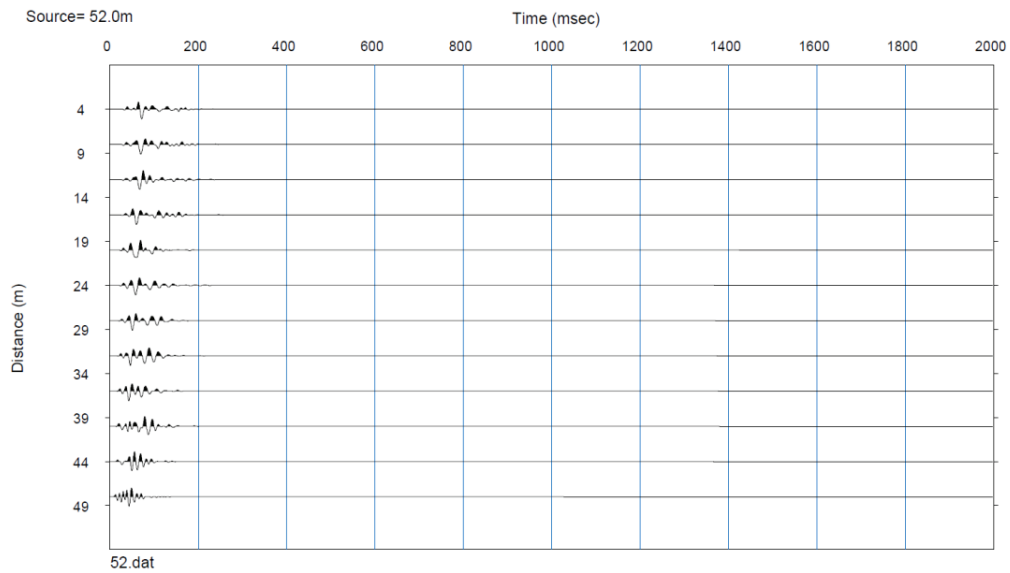
Sismostratigrafia 1D



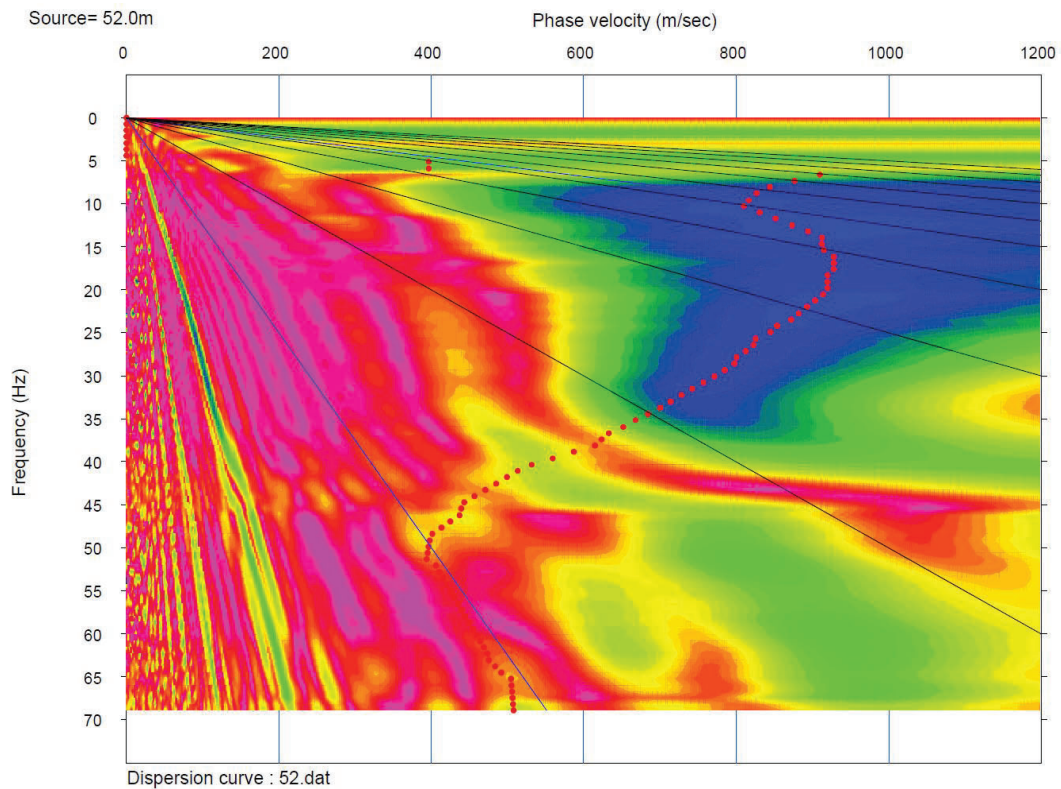
MULTICHANNEL ANALYSIS SURFACE WAVES

Base 1 – shot ritorno

TIME HISTORY



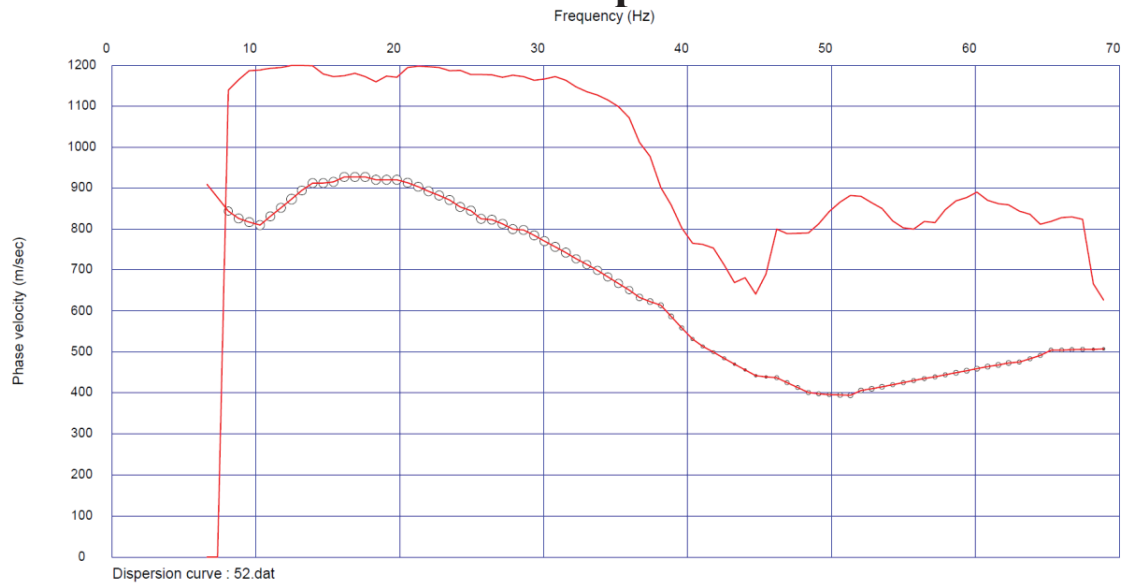
Potenza spettrale



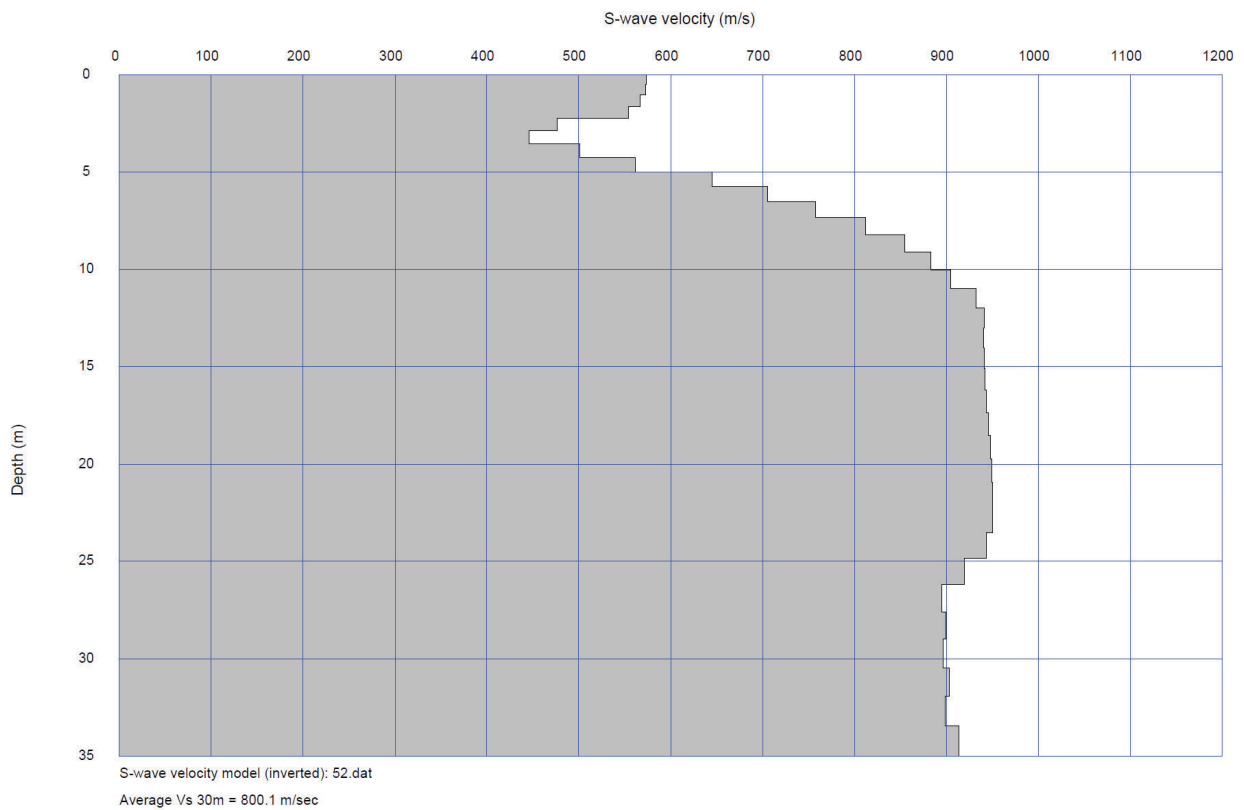
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 1 — shot ritorno

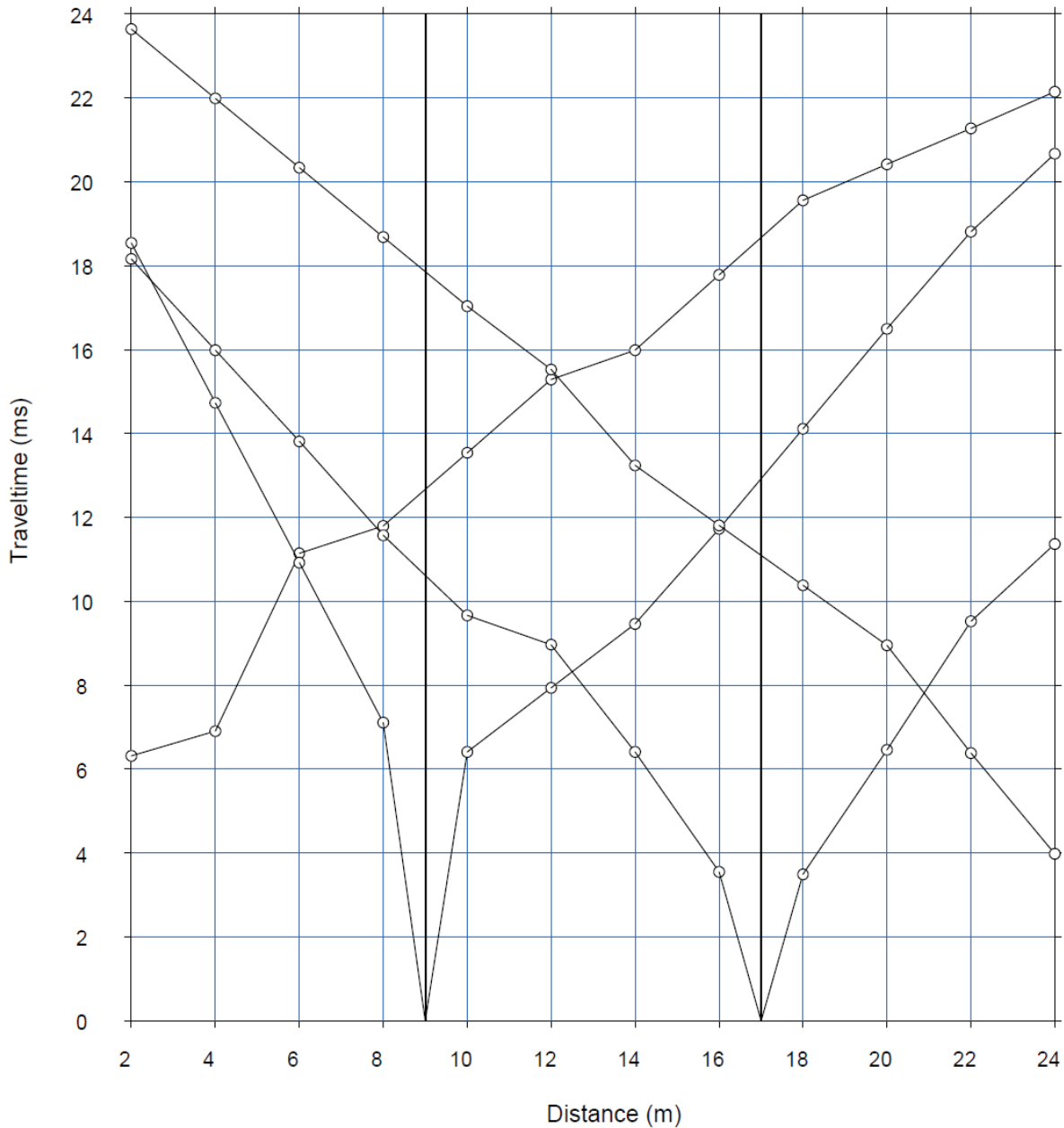
Curva di dispersione



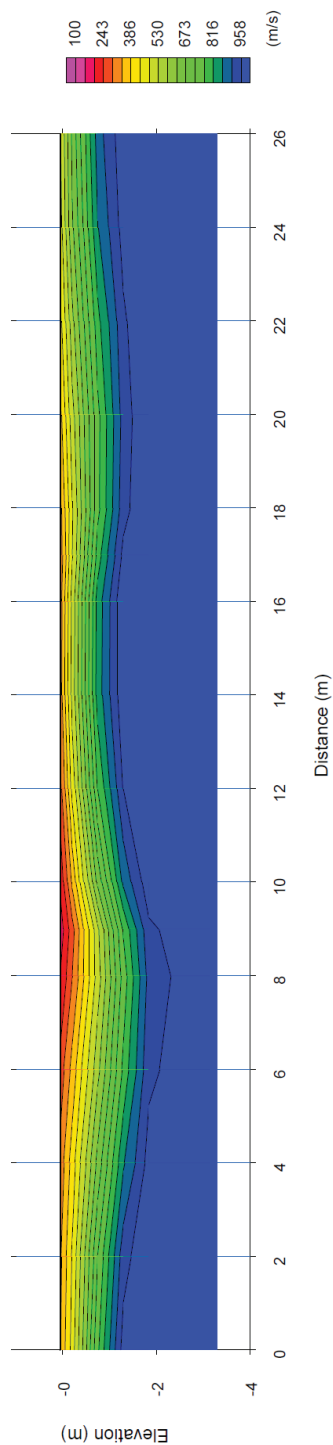
Sismostratigrafia 1D



SISMICA A RIFRAZIONE BASE 2 DROMOCRONE



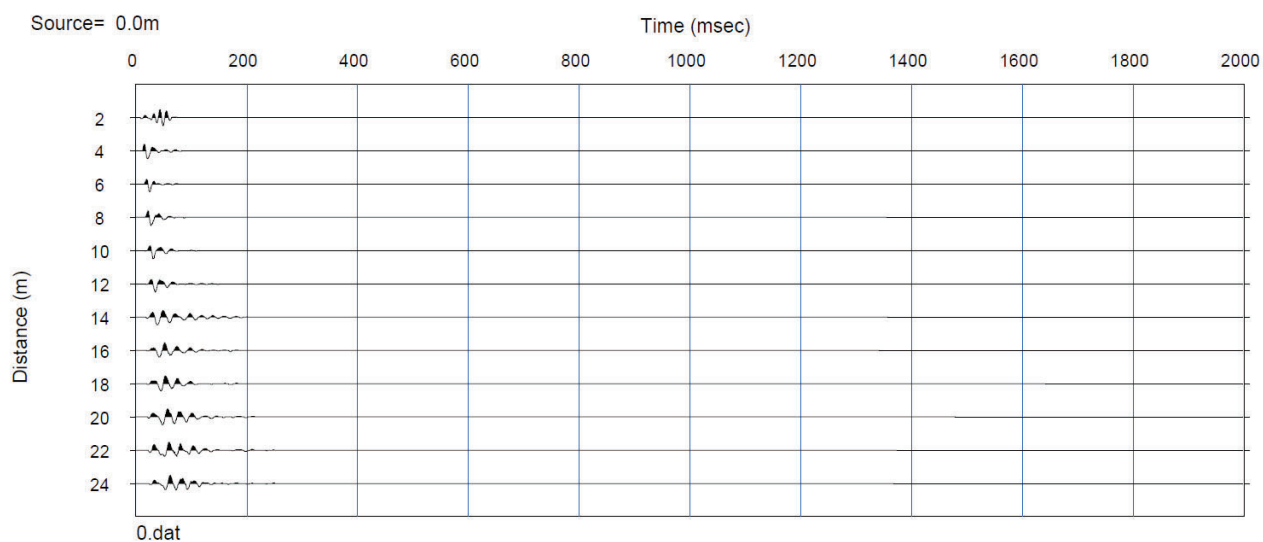
SISMICA A RIFRAZIONE BASE 2 ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



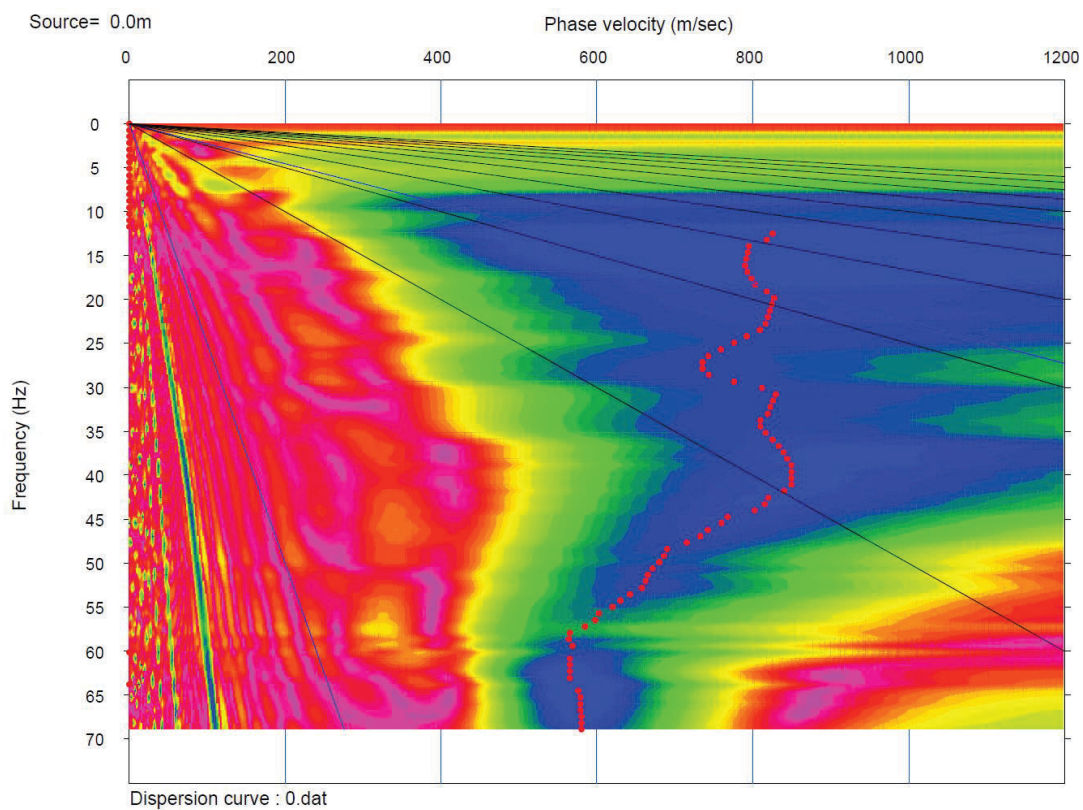
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 2 – shot andata

TIME HISTORY



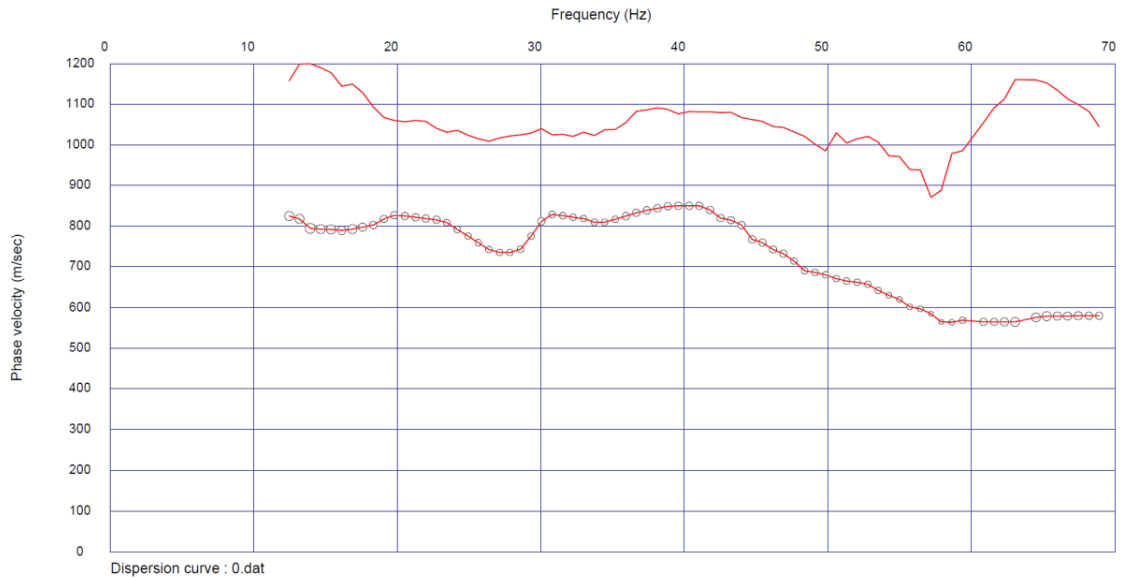
Potenza spettrale



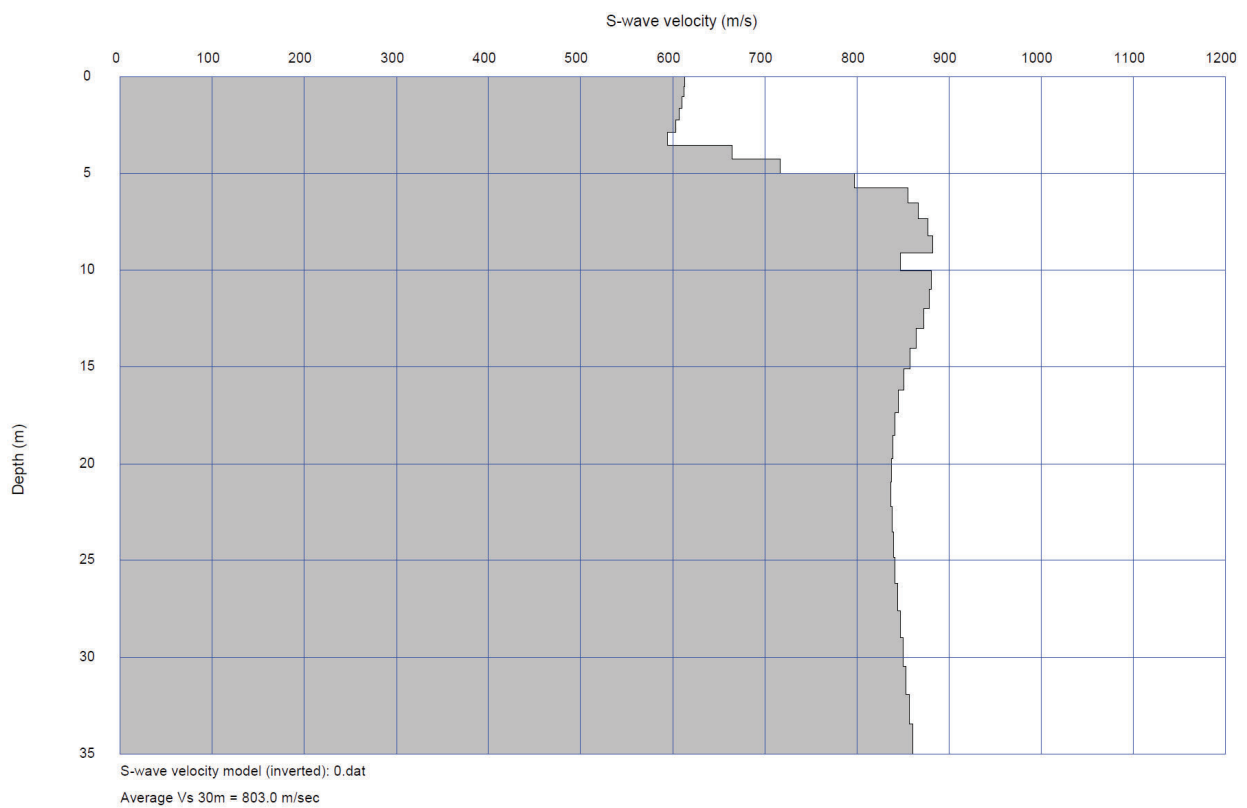
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 2 — shot andata

Curva di dispersione



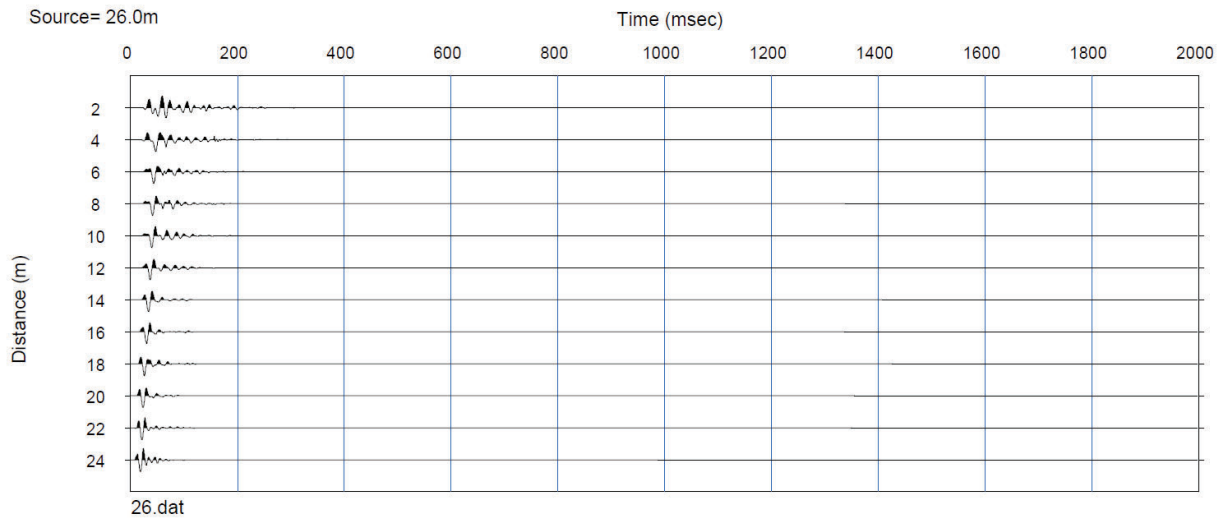
Sismostratigrafia 1D



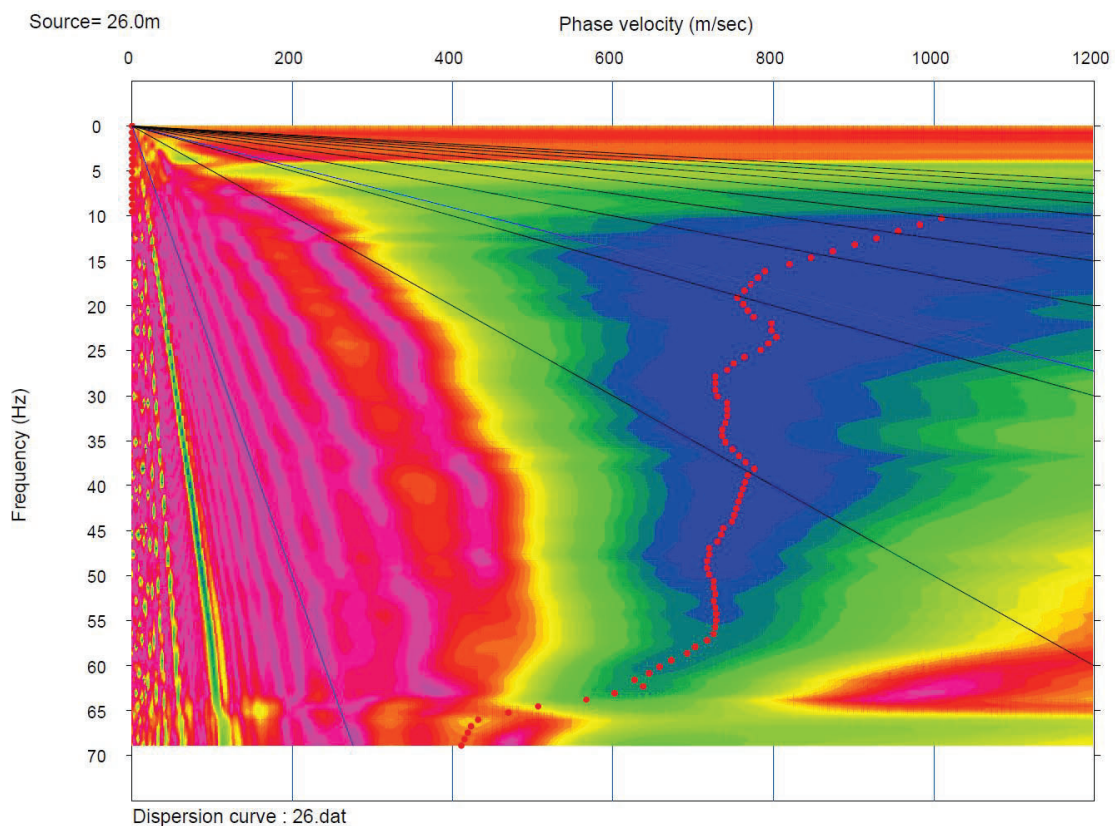
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 2 – shot ritorno

TIME HISTORY



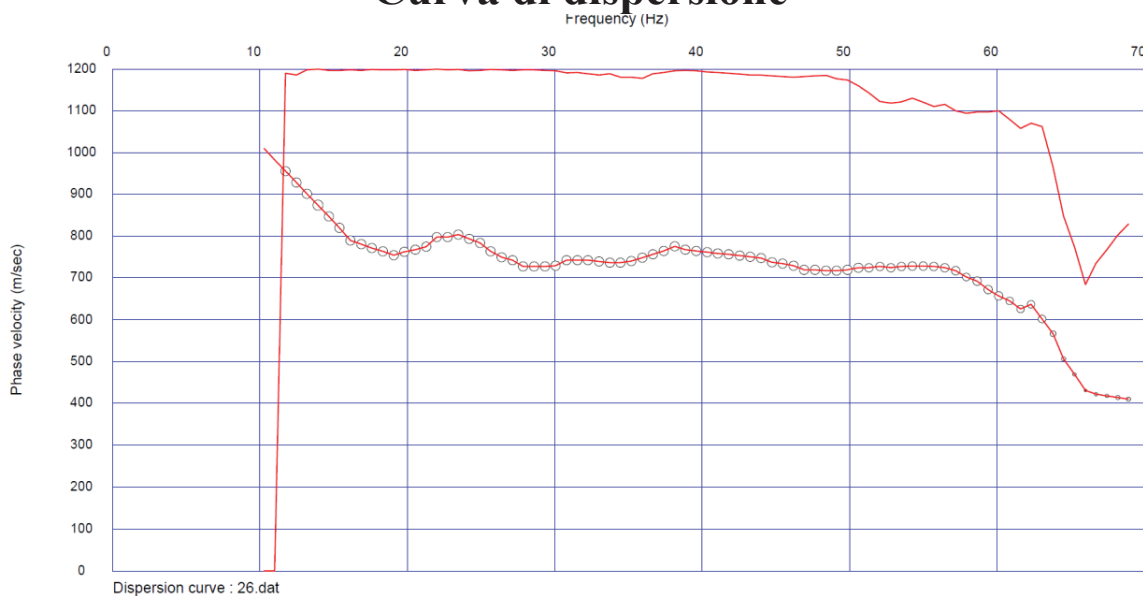
Potenza spettrale



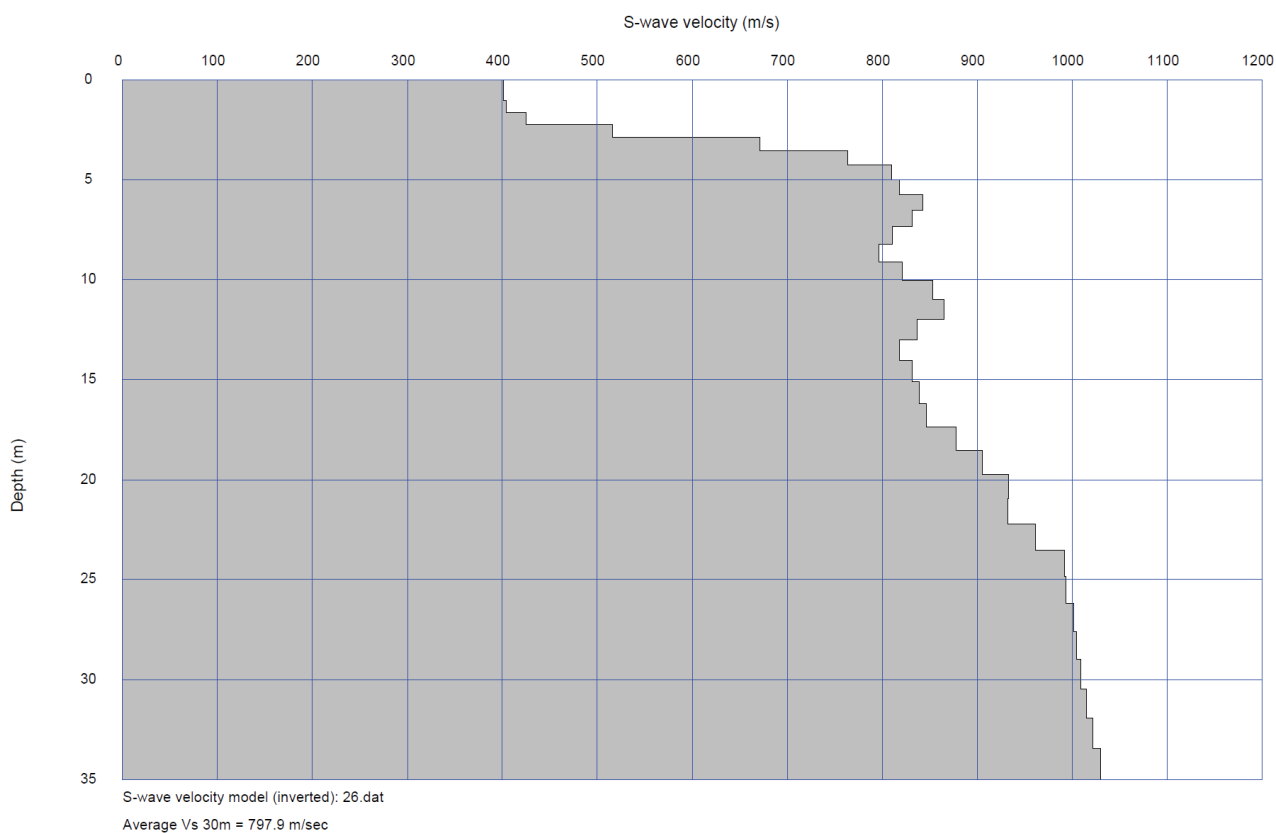
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 2 — shot ritorno

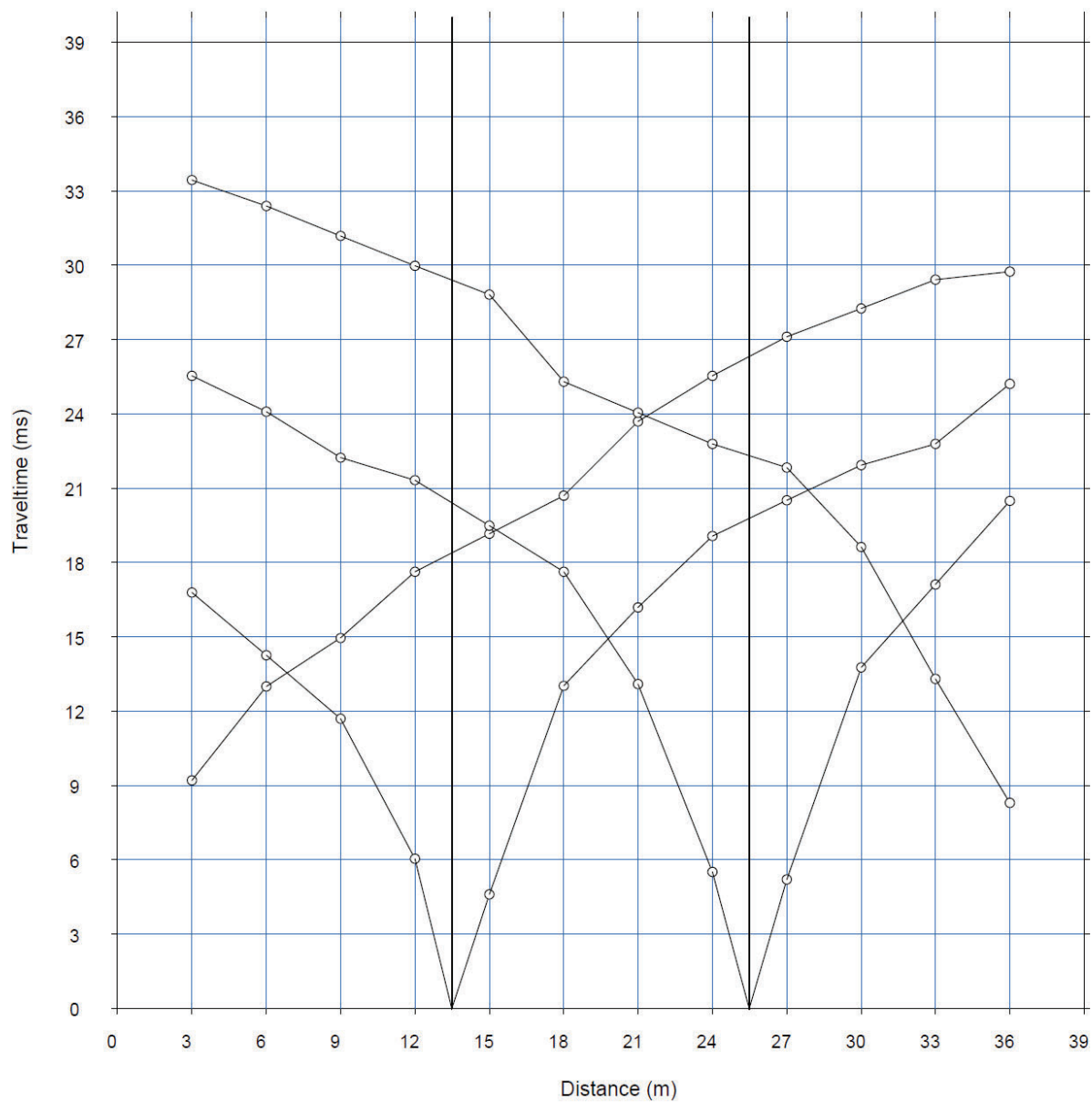
Curva di dispersione



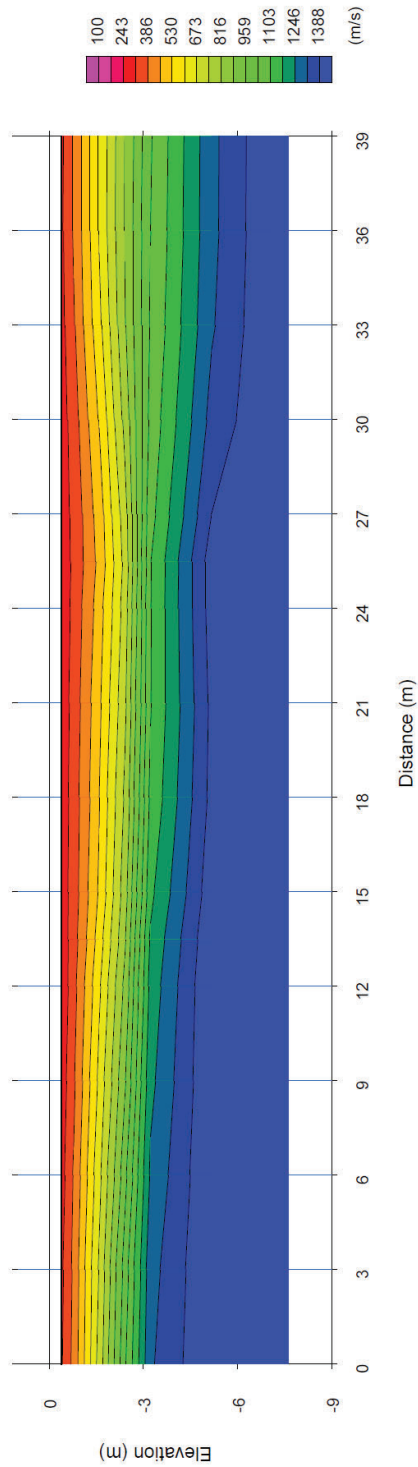
Sismostratigrafia 1D



SISMICA A RIFRAZIONE BASE 3 DROMOCRONE



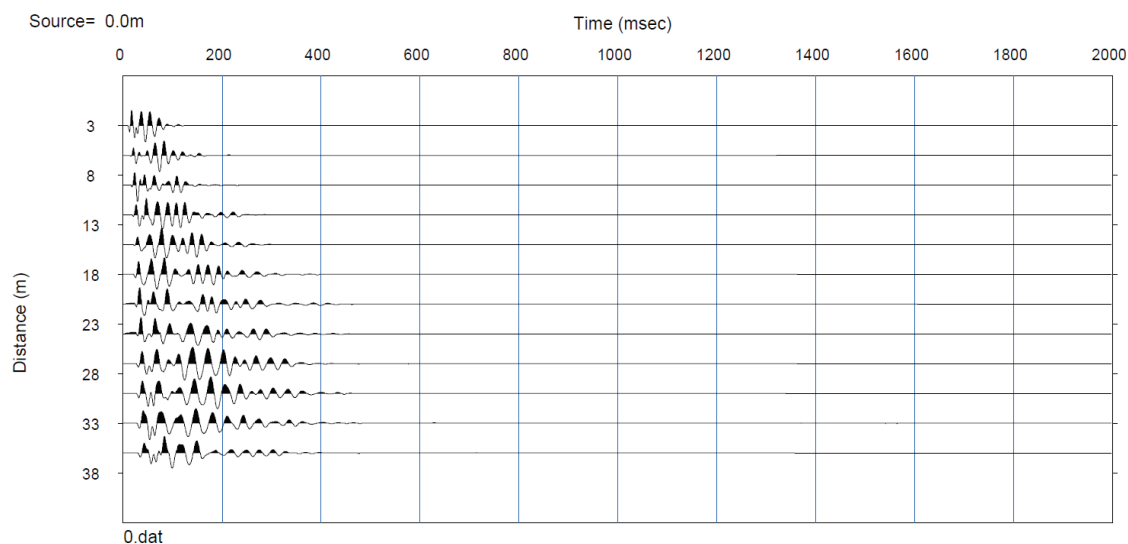
SISMICA A RIFRAZIONE BASE 2 ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



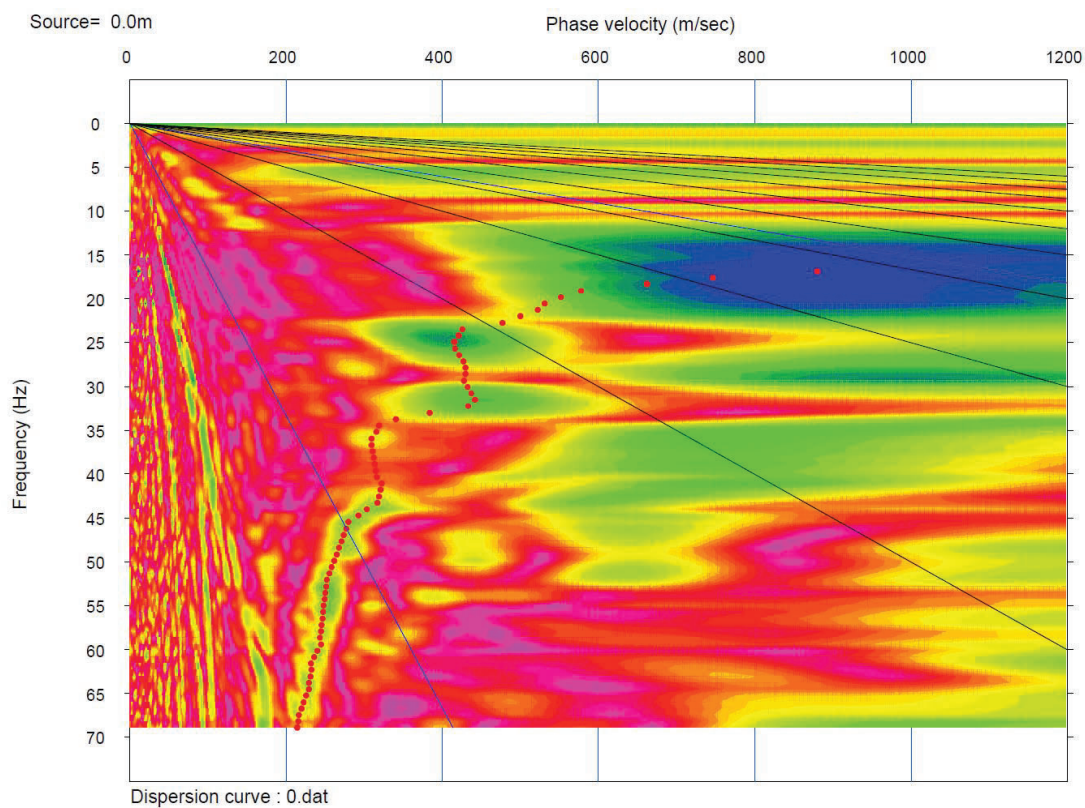
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 3 – shot andata

TIME HISTORY

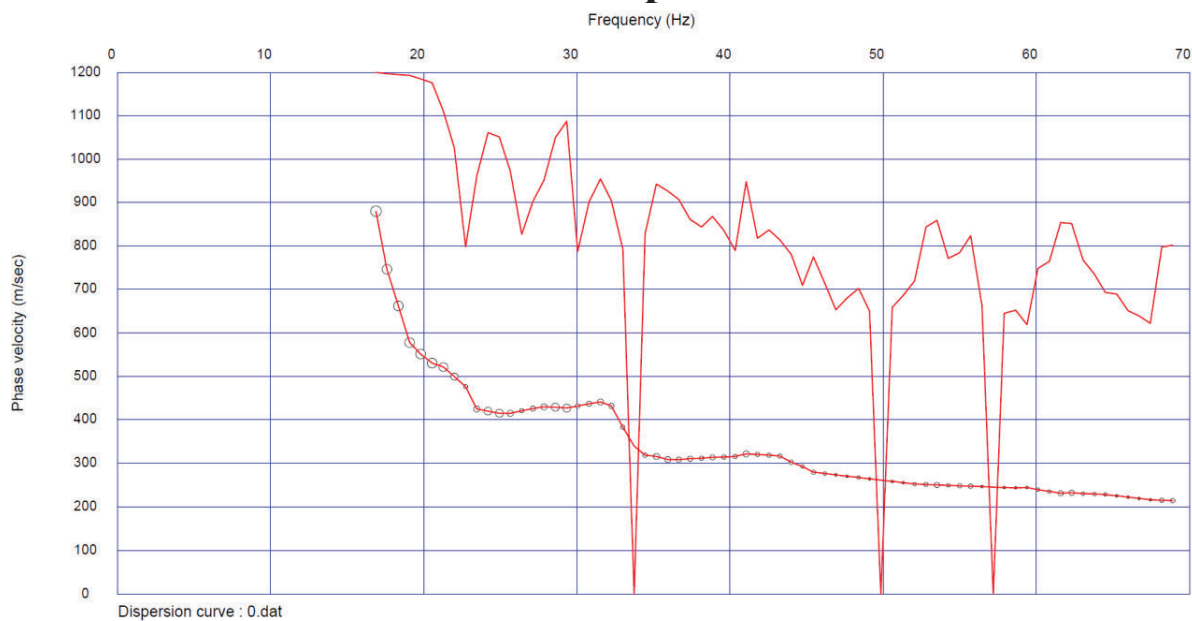


Potenza spettrale

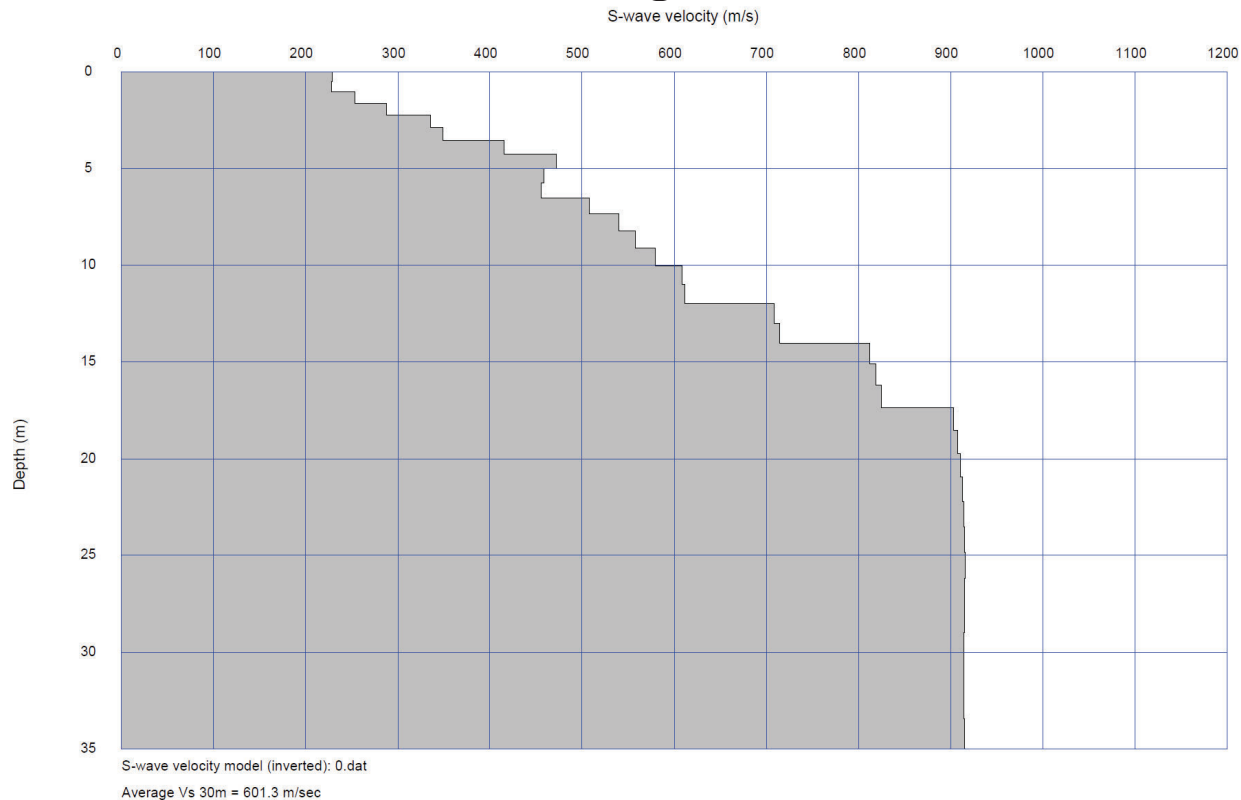


MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 3 — shot andata Curva di dispersione



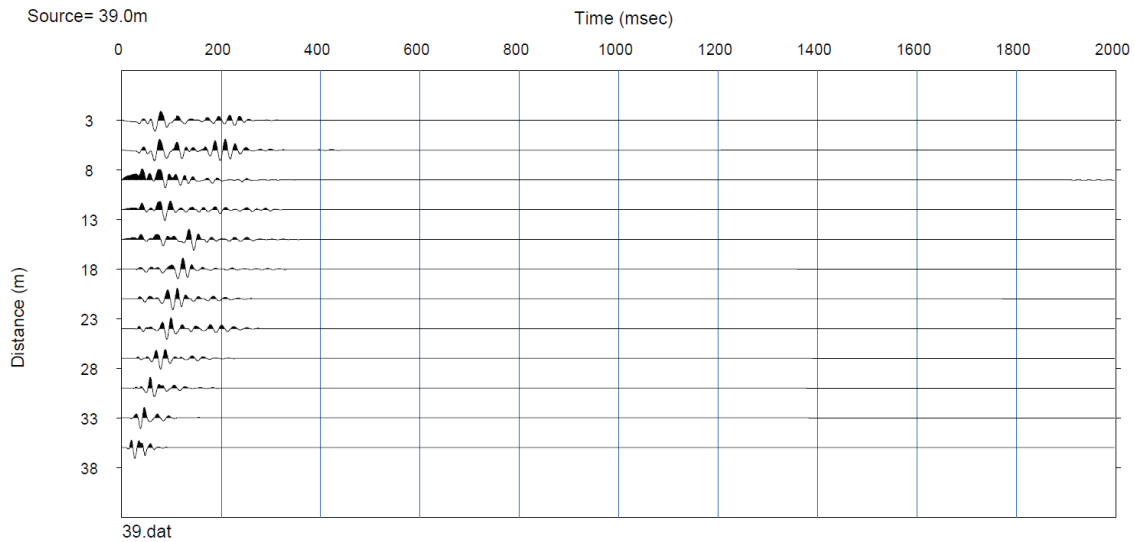
Sismostratigrafia 1D



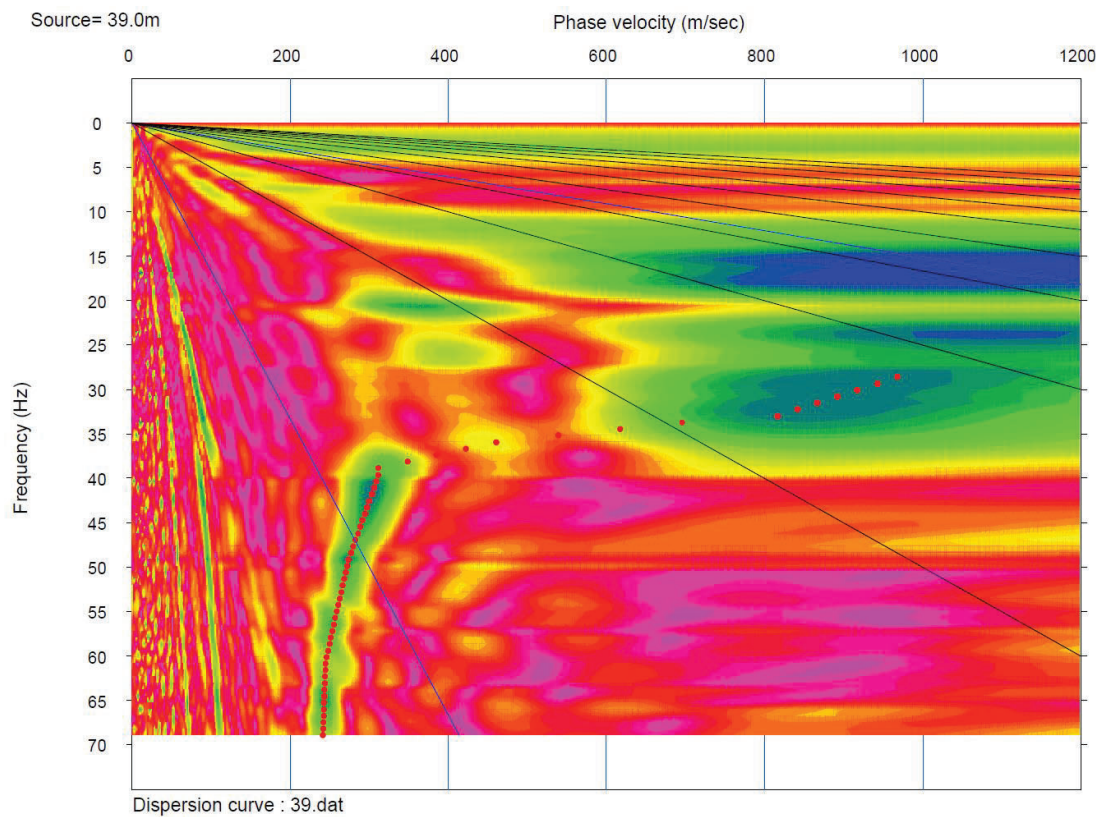
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 3 – shot ritorno

TIME HISTORY



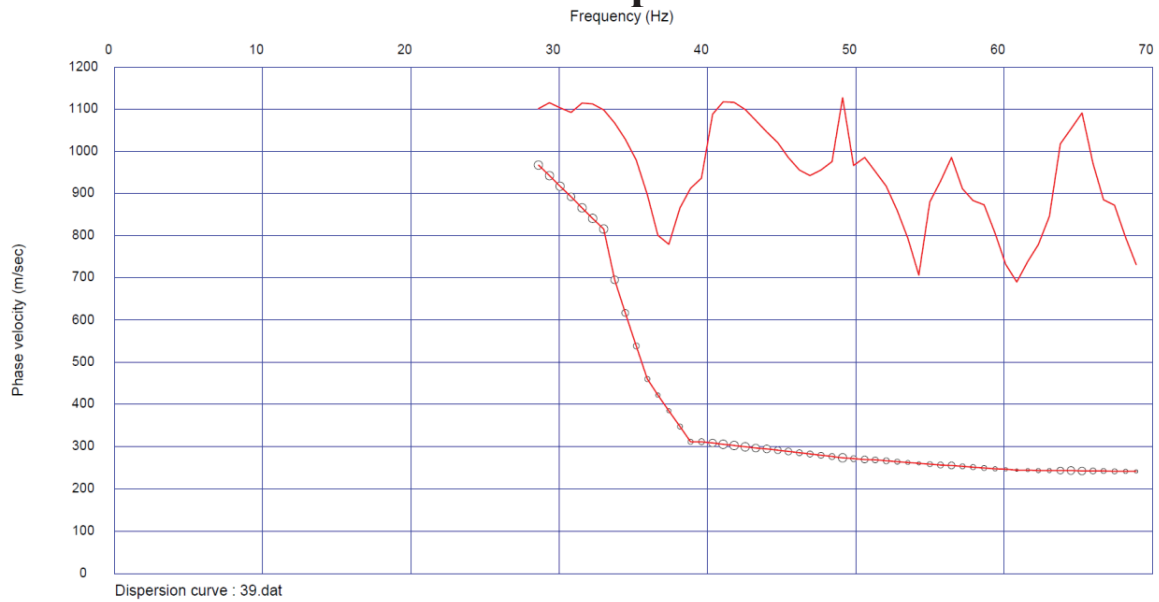
Potenza spettrale



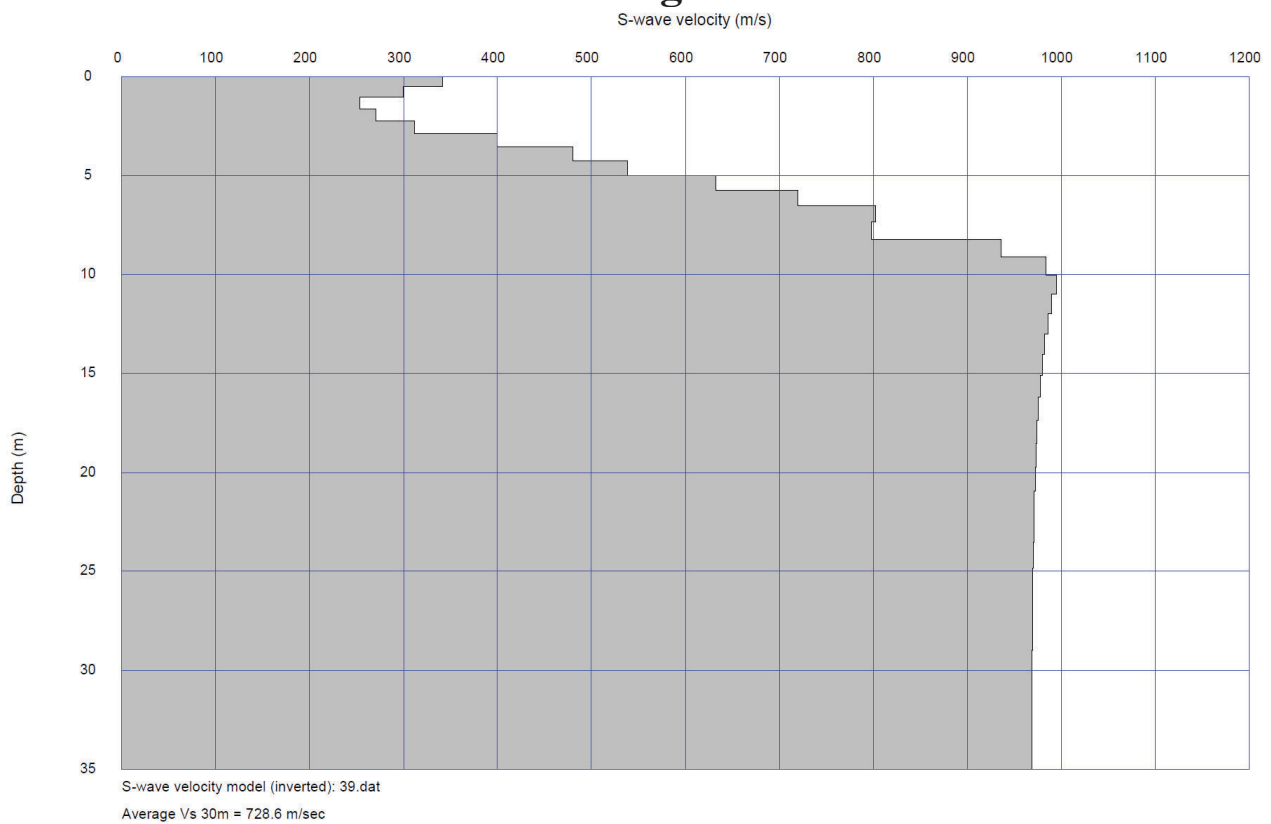
MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

Base 3 — shot ritorno

Curva di dispersione



Sismostratigrafia 1D

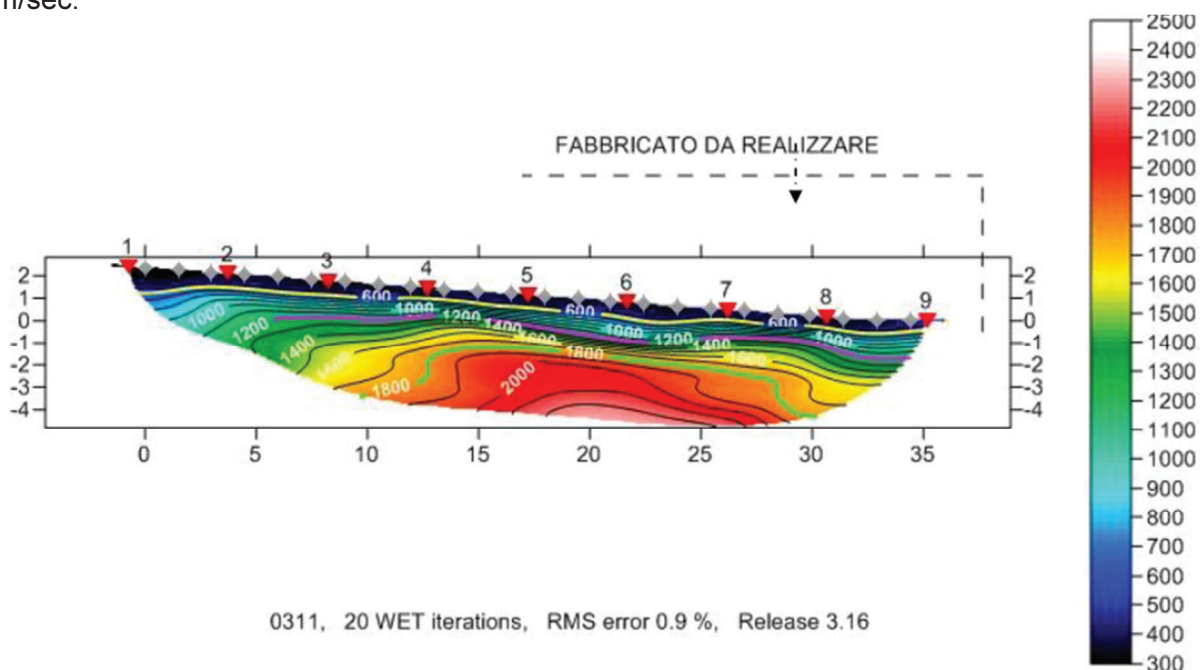


Le finalità della prospezione geofisica possono così essere sinteticamente riassunte:

- ricostruzione di una sezione sismo-stratigrafica secondo le onde sismiche di compressione P;
- comparazione dei risultati tra la tomografia sismica e le tecnica MASW per la definizione di una successione sismica – litostratigrafica del sottosuolo;
- definizione del valore V_{Seq} per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica

3.1-Profilo sismico tomografico a rifrazione

La tomografia evidenzia le variazioni della velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche indicate da una apposita scala di colori che va da tonalità blu scuro per le basse velocità, a colorazioni azzurro, verde, giallo, arancio, rosso, bianco per velocità via via più elevate. Nel caso specifico si è adottata una scala che comprende i valori da 0 a 2200 m/sec.



Nel complesso si assiste ad una variazione nella distribuzione della velocità delle onde P nel sottosuolo, spostandosi lungo la direzione dello stendimento e dal piano di campagna in profondità.

Si nota altresì una locale convessità nell'andamento delle isolinee, tra i geofoni n. 9 e 18, a partire da una profondità di circa 2 m che potrebbe anche essere ricondotta ad un nucleo di materiale più compatto di quello contermina.

La isolina $V_P=700$ m/s, posta a circa 1 m dal piano di campagna, demarca il passaggio dai materiali allentati in posto e/o di riporto, rispetto a quelli potenzialmente ascrivibili alla formazione in sito, in stato di alterazione (da 700 a 1.400 m/s circa), poggiante a sua volta

sulla formazione litica in posto più compatta, presumibilmente rinvenuta oltre la isolina 1800 m/s.

La prospezione sismica a rifrazione confrontata con l'indagine MASW illustrata più avanti ha permesso di rappresentare il sottosuolo con un modello geofisico che evidenzia un assetto stratigrafico che può essere sintetizzato secondo una successione rappresentata da 3 orizzonti sismici, disposti nella seguente successione sismostratigrafica:

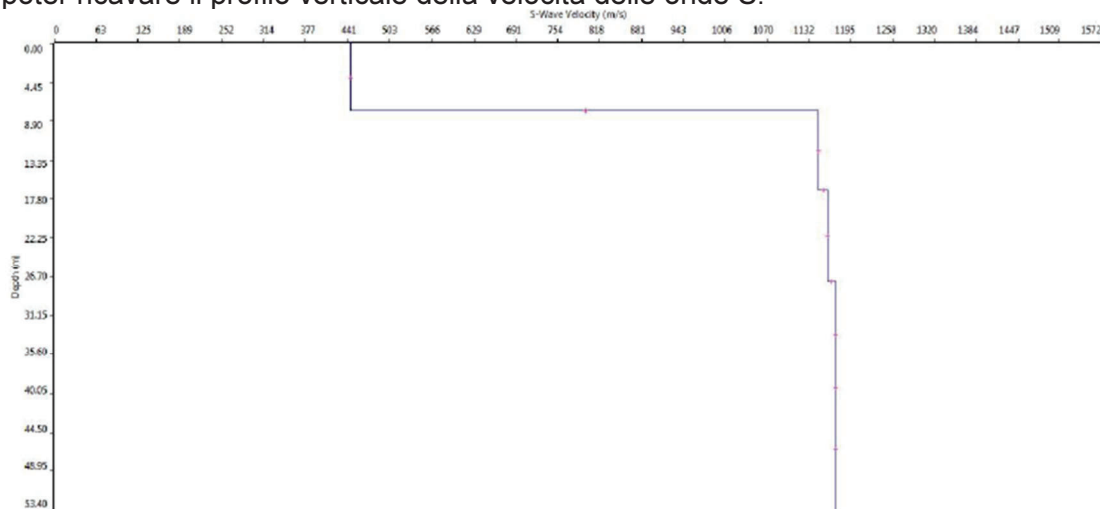
Primo Sismostrato (Ta): strato superficiale allentato sino a circa 1 m, dal p.c. caratterizzato da velocità sismica inferiore a 600 m/s,

Secondo Sismostrato (MLLa): secondo sismostrato caratterizzato da valori delle velocità sismiche $V_s < 800$ m/sec, rinvenuto sino ad una profondità mediata di circa 7/8 m dal p.c.), ed indicativo della presenza della formazione litica in stato di alterazione

Terzo sismostrato (MLL): A partire dalla profondità media di 7/8 m è presente un terzo sismostrato, molto compatto, caratterizzato da valori di $V_s > 800$ m/s che funge da substrato sismico

3.2-Rilievo con metodologia MASW

La metodologia "MASW" consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S.



L'interpretazione delle prove MASW, relativamente alle onde S, ha reso evidente le seguenti successioni:

| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| Layer 1 | 7.74 | 0.00 | 446 | 1014 | 0.380 | 1.900 |
| Layer 2 | 9.07 | 7.74 | 1147 | 2292 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 3 | 10.51 | 16.81 | 1160 | 2318 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 4 | 12.17 | 27.32 | 1173 | 2344 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 39.49 | 1173 | 2344 | 0.333 | 2.000 |

sulla formazione litica in posto più compatta, presumibilmente rinvenuta oltre la isolinea 1800 m/s.

La prospezione sismica a rifrazione confrontata con l'indagine MASW illustrata più avanti ha permesso di rappresentare il sottosuolo con un modello geofisico che evidenzia un assetto stratigrafico che può essere sintetizzato secondo una successione rappresentata da 3 orizzonti sismici, disposti nella seguente successione sismostratigrafica:

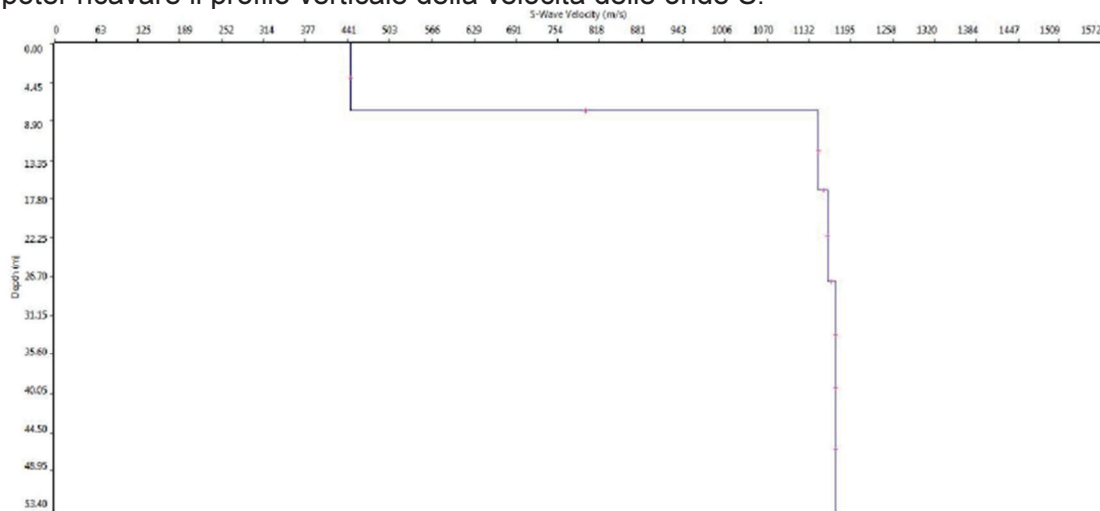
Primo Sismostrato (Ta): strato superficiale allentato sino a circa 1 m, dal p.c. caratterizzato da velocità sismica inferiore a 600 m/s,

Secondo Sismostrato (MLLa): secondo sismostrato caratterizzato da valori delle velocità sismiche $V_s < 800$ m/sec, rinvenuto sino ad una profondità mediata di circa 7/8 m dal p.c.), ed indicativo della presenza della formazione litica in stato di alterazione

Terzo sismostrato (MLL): A partire dalla profondità media di 7/8 m è presente un terzo sismostrato, molto compatto, caratterizzato da valori di $V_s > 800$ m/s che funge da substrato sismico

3.2-Rilievo con metodologia MASW

La metodologia "MASW" consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S.



L'interpretazione delle prove MASW, relativamente alle onde S, ha reso evidente le seguenti successioni:

| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| Layer 1 | 7.74 | 0.00 | 446 | 1014 | 0.380 | 1.900 |
| Layer 2 | 9.07 | 7.74 | 1147 | 2292 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 3 | 10.51 | 16.81 | 1160 | 2318 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 4 | 12.17 | 27.32 | 1173 | 2344 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 39.49 | 1173 | 2344 | 0.333 | 2.000 |

I valori del parametro V_s calcolati permettono la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, secondo il metodo semplificato previsto dalla vigente normativa (DM 17/01/18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

In base ai risultati ottenuti dall'interpretazione dei profili di velocità con la tecnica MASW è stato determinato il valore numerico delle onde di taglio V_{seq} relativo alla diverse elaborazione con il fit migliore che nel caso specifico sussistendo un substrato sismico entro $H=7.75$ m di profondità, si assume uguale a quello delle $V_{seq7.75}$.

| INDAGINE | AREA INDAGINE | V_{seq} [m/s] | CATEGORIA SOTTOSUOLO |
|-------------|---------------|-----------------|----------------------|
| MASW 24-6ab | SIS 01 | 446 | B |

Per tutti i sismogrammi analizzati, è stato generalmente possibile evidenziare un incremento delle velocità V_s con la profondità che risulta repentino a circa 7/8 m di profondità passando da valori di 446 m/s a valori >1000 m/s. Trattandosi di valori di 2,2 volte superiori *sono possibili dei fenomeni amplificativi a seguito di un evento sismico*, di una tale eventualità ne tenga conto il progettista strutturale in fase di progettazione.

La prova MASW realizzata evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana nella seguente categoria di suolo di fondazione:

$$V_{Seq}(7\text{ m}) = 446\text{ m/s}$$

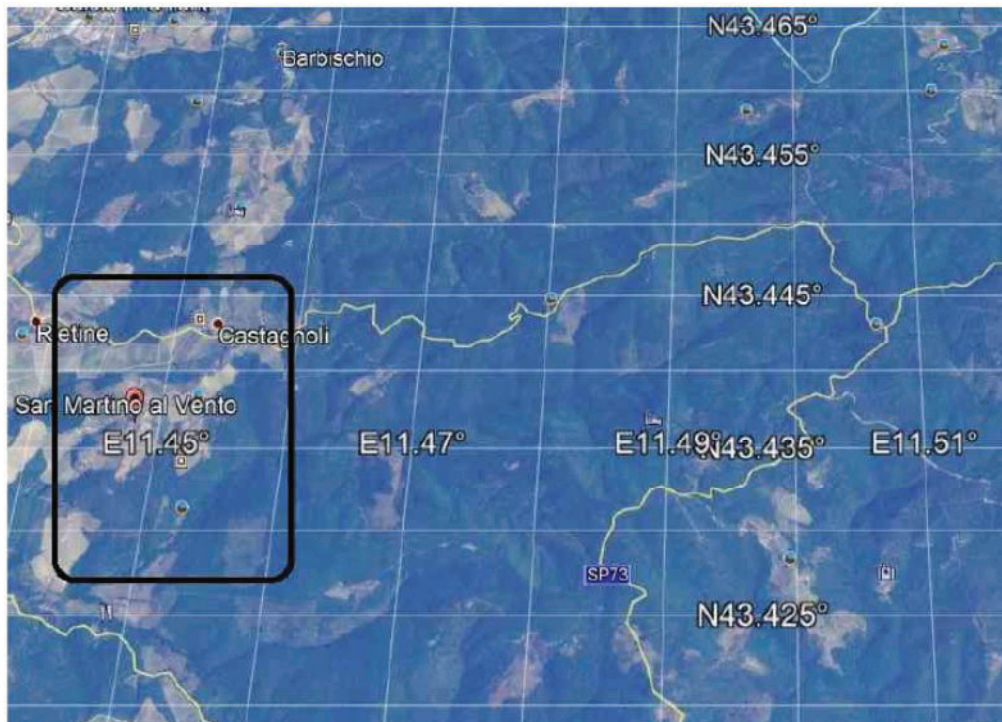
Categoria di suolo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | <i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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. |
| D | <i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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. |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

PREMESSA

In data 25/06/2018 (Illustrazione 1) sono state eseguite due M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), in località *San Martino del Vento*



TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Il M.A.S.W. è una tecnica d'indagine recente che sfrutta le onde superficiali di Rayleigh e Love (in questo studio verranno utilizzate solamente le prime). Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Le onde superficiali si creano quando il fronte d'onda nel terreno incontra una discontinuità fisica, che può essere sia la superficie terreno-atmosfera (il nostro caso), sia il passaggio areato-consolidato (*Thorne L & Wallace T.C, 1995., Modern Global Seismology.*) Nella discontinuità, la somma del moto delle onde riflesse e rifratte, dà origine alle onde superficiali.

ONDE DI RAYLEIGH

L'interazione delle onde P e SV sulla superficie libera dà origine alle onde di Rayleigh che si muovono con un movimento ellittico delle particelle nello strato superficiale avente un asse dell'ellisse parallelo alla direzione dell'onda e l'altro ortogonale alla superficie libera.

ONDE DI LOVE

La riflessione totale delle onde SH dà origine alle onde di Love, che si muovono con moto delle particelle perpendicolare alla direzione di propagazione, ma polarizzato nel piano orizzontale.

Le onde superficiali, a differenza di quelle di volume (P ed S), hanno le seguenti proprietà:

Sono dispersive in mezzi non omogenei (perché variano la propria velocità a seconda della frequenza). La velocità di propagazione è lievemente più bassa rispetto alle onde S. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Love e Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Un'ulteriore proprietà importante è la diminuzione dell'ampiezza che diminuisce con radice quadrata della distanza dalla sorgente. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

MASW A

L'analisi M.A.S.W. viene condotta in due fasi principali:

PRIMA FASE

La prima fase avviene in campagna con l'acquisizione multicanale dei segnali sismici, mediante il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l.

L'acquisizione viene effettuata mediante 24 geofoni verticali da 4,5 Hz distanziati di 2 m per una lunghezza totale dello stendimento di 46 metri.

Le energizzazioni, eseguite mediante una mazza, vengono effettuate con offset (dal primo geofono) di -2 -4 m e +2 +4 +8.

SECONDA FASE

La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software WinMASW 5,0 ACADEMY della Eliosoft. Il programma, dopo il calcolo dello spettro di velocità, richiede il picking della curva di dispersione che poi mediante inversioni e modellizzazioni permetterà la ricostruzione del profilo delle velocità delle onde s nel terreno. Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati, ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito. Qui di seguito vengono riportati i più importanti passaggi dell'elaborazione (Illustrazione 2 e Illustrazione 3):



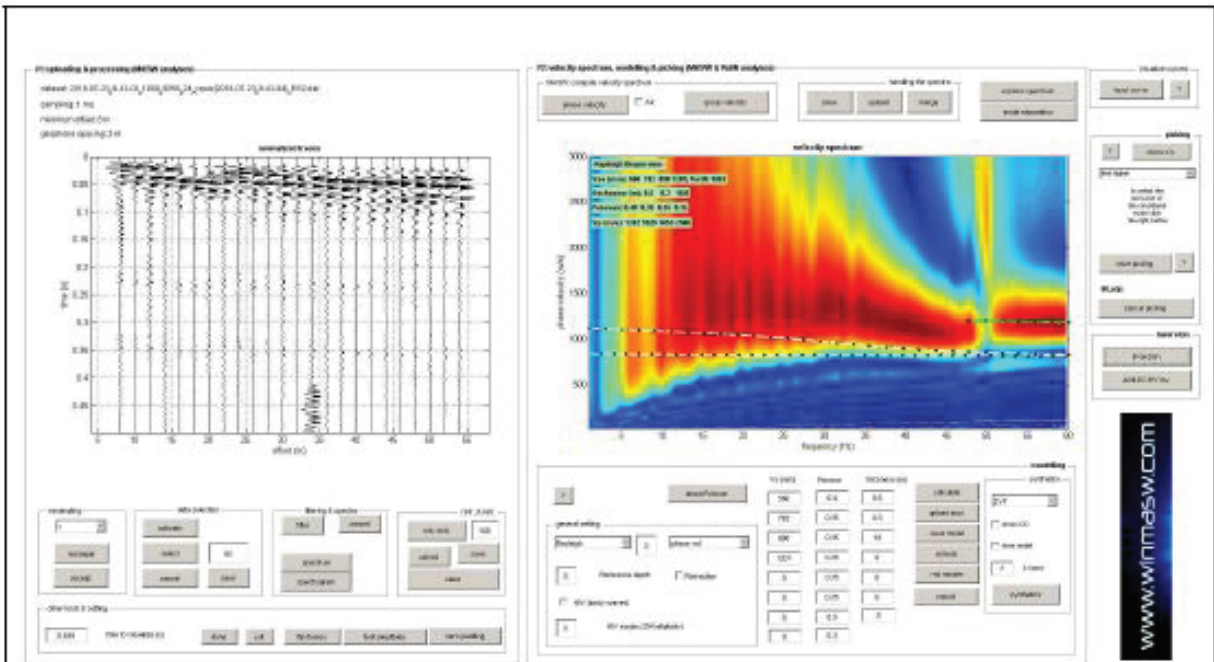


Illustrazione 2: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione

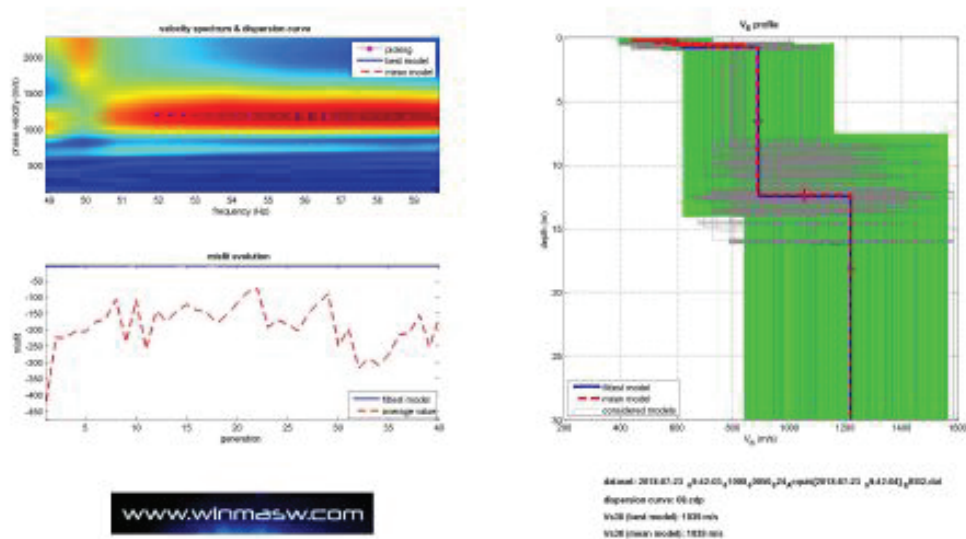


Illustrazione 3: Inversione della curva di dispersione

CONCLUSIONI MASWA

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale.

- Un primo sismo strato con velocità 272 m/se spessore di 0,5 m
- Un secondo sismo strato con velocità 237 m/se spessore di 0,3 m
- Un terzo sismo strato con velocità 886 m/se spessore di 11,6 m
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia al di sotto dei 12,4 m una velocità delle onde di taglio (V_s) di 1219 m/s fino alla profondità di 30 m.

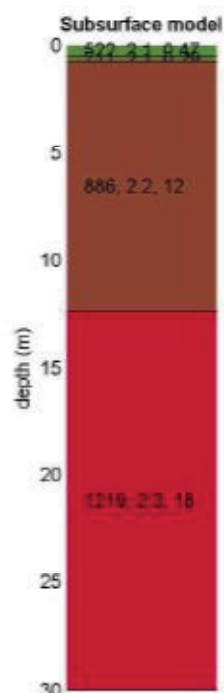
Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi

| VS e PARAMETRI ELASTICI | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-------|
| Strato | Vs (m/s) | Vp (m/s) | Profondità livello campagna | 0 | Profondità (m) dal liv comm | |
| | | | Rapporto (Vp/Vs) | Spessore (m) | da | a |
| 1 | 522 | 1279 | 2,45 | 0,5 | 0 | 0 |
| 2 | 711 | 1480 | 2,08 | 0,3 | 0 | -0,3 |
| 3 | 886 | 1843 | 2,08 | 11,6 | -0,3 | -11,9 |
| 4 | 1219 | 2537 | 2,08 | 17,6 | -11,9 | -30 |

| Strato | Poisson v | Densità (g/cm ³) | Shear G (kPa) | Bulk Kv (kPa) | Young E (kPa) |
|--------|-----------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 0,40 | 2,11 | 574941,24 | 2605036,19 | 1609732,64 |
| 2 | 0,35 | 2,15 | 1086870,15 | 3260199,8 | 2934535,82 |
| 3 | 0,35 | 2,2 | 1726991,2 | 5186200,07 | 4662631,76 |
| 4 | 0,35 | 2,28 | 3387991,08 | 10157599,88 | 9148262,59 |

| | Metri Copertura | 0,8 | Fondazione | 1 | CATEGORIA A |
|---|-----------------|-----|------------|-------|---------------------------|
| 0 | 0,00000 | | 1 | 0,000 | |
| 2 | 0,00042 | | 2 | 0,000 | |
| 3 | 0,013069 | | 3 | 0,013 | |
| 4 | 0,014848 | | | | |
| | 0,01 | | | 0,014 | |

| | | | | |
|------------------------------------|----------|---|----------|---|
| VS 30 (Se bed < 800 m/s) | 0 | VS Equivalente (Se bed > 800 m/s) | 0 | Rapporto Vs substrato / Vs copertura (attenzione quando > 2,2) #DIV/0! |
|------------------------------------|----------|---|----------|---|



V_s density thickness
(m/s) (g/cm³) (m)

Sismo-stratigramma

2.2 I risultati nell'aera in esame

Le caratteristiche della geometria dello stendimento sono riassunte in Tabella 1.

| Stendimento | Lunghezza | N° Shot | Onde | N° geofoni |
|-------------|-----------|---------|----------|------------|
| St1 NW-SE | 52 | 4 | P – MASW | 12 |

Tabella 1 - Geometria dello stendimento.

L'indagine sismica ha permesso di valutare la presenza di diversi orizzonti rifrattori e l'elaborazione tomografica ha permesso di valutare la presenza di variazione di velocità di propagazione delle onde S all'interno di uno stesso orizzonte.

2.2.1 Stendimento St1 onde p

Questo stendimento si allunga lungo l'area con orientazione circa NW-SE. La Figura 2 riporta le dromocrone relative ai primi arrivi per questo stendimento.

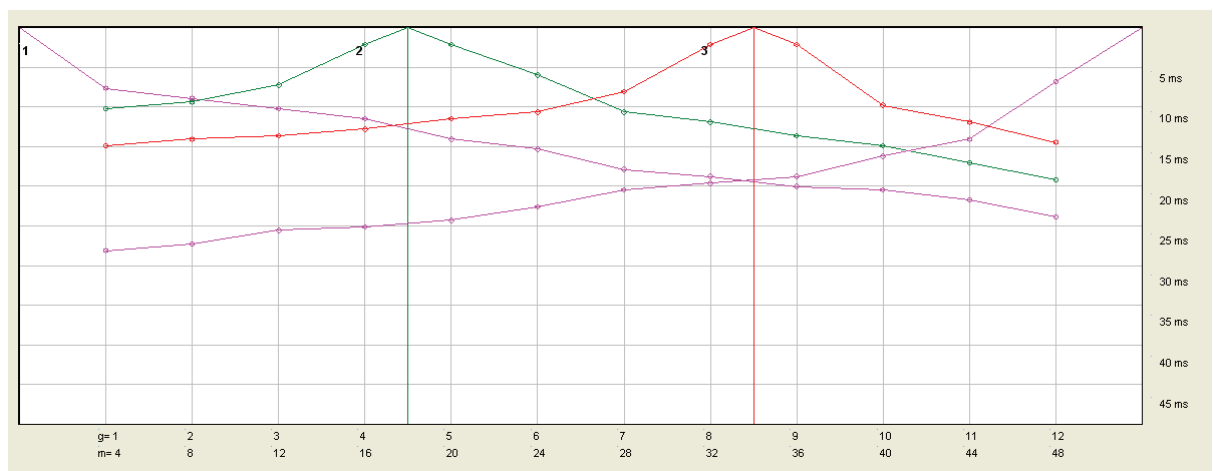


Figura 2 - Dromocrone stendimento St1 onde p.

È possibile riconoscere tre orizzonti un primo orizzonte con velocità di propagazione delle onde p fino a 500-700 m/s con spessore massimo pari a 1-4 m interpretabile come depositi allentati – detrito con spessore maggiore nella parte finale dello stendimento, un secondo orizzonte con velocità delle onde p fino a 1500-1600 m/s con spessore massimo investigato variabile tra 4 e 7 m interpretato come sedimenti più addensati – substrato alterato con spessore maggiore nella parte finale dello stendimento ed interpretabile come la base del

corpo diga, al di sotto si hanno velocità maggiori legate ad un rifratore maggiormente resistente substrato non alterato.

La Figura 3 riporta l'interpretazione tomografica dello stendimento.

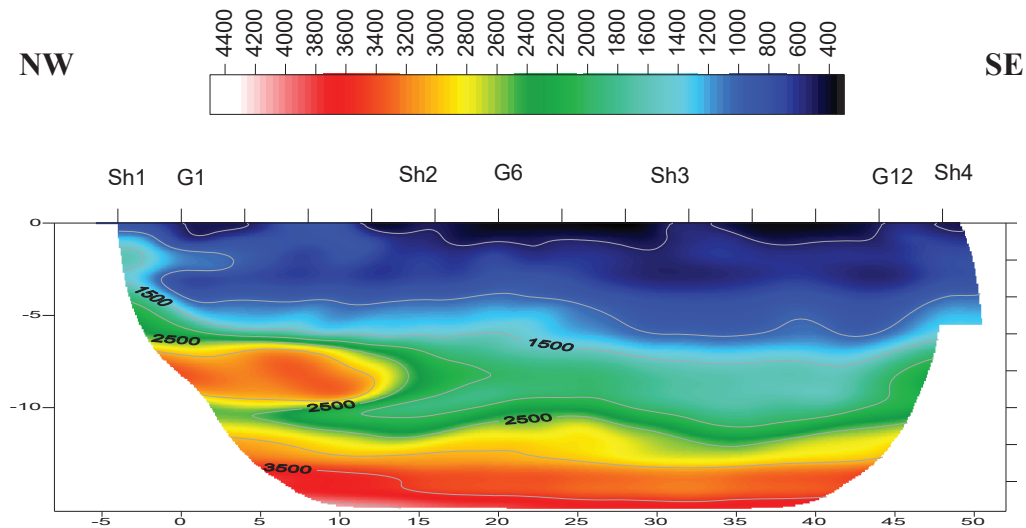


Figura 3 - Tomografia stendimento 1 onde p (distanze e profondità in m).

2.3 Indagine MASW

È stato eseguito uno stendimento per l'acquisizione dei dati da sottoporre ad una elaborazione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la valutazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m Vs30. È stato impiegato il metodo *attivo* che consente in genere di ottenere una velocità di fase (quindi una curva di dispersione) sperimentale apparente nell'intervallo di frequenza compreso tra 5 e 70 Hz che da quindi informazioni sulla fascia più superficiale di terreno.

Le fasi prevedono del procedimento applicato prevedono:

1. calcolo della velocità di fase e ricostruzione della curva di dispersione
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali vs per interazione e confronto con i dati sperimentali fino ad una sovrapposizione ottimale
4. calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità
5. Riconoscimento della categoria sismica del suolo secondo la normativa sismica OPCM 3274 e le NTC 2018.

corpo diga, al di sotto si hanno velocità maggiori legate ad un rifratore maggiormente resistente substrato non alterato.

La Figura 3 riporta l'interpretazione tomografica dello stendimento.

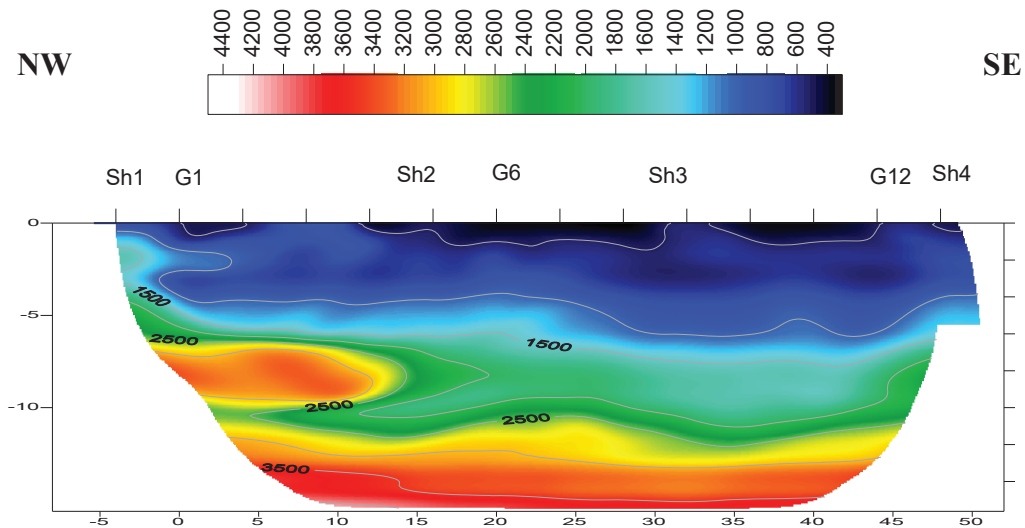


Figura 3 - Tomografia stendimento 1 onde p (distanze e profondità in m).

2.3 Indagine MASW

È stato eseguito uno stendimento per l'acquisizione dei dati da sottoporre ad una elaborazione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la valutazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m Vs30. È stato impiegato il metodo *attivo* che consente in genere di ottenere una velocità di fase (quindi una curva di dispersione) sperimentale apparente nell'intervallo di frequenza compreso tra 5 e 70 Hz che da quindi informazioni sulla fascia più superficiale di terreno.

Le fasi prevedono del procedimento applicato prevedono:

1. calcolo della velocità di fase e ricostruzione della curva di dispersione
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali vs per interazione e confronto con i dati sperimentali fino ad una sovrapposizione ottimale
4. calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità
5. Riconoscimento della categoria sismica del suolo secondo la normativa sismica OPCM 3274 e le NTC 2018.

2.3.1 Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti con un sismografo Daq LinkIII 24 bit 24 canali lungo una linea sismica con interasse geofonico pari a 4 m intervallo di campionamento di 2 ms e finestra di campionamento pari a 2 s. La Figura 4 riporta le tracce registrate dei dati acquisiti.

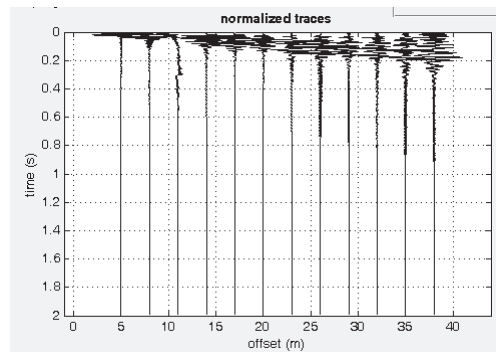


Figura 4 - Tracce dei dati acquisiti

2.3.2 Ricostruzione della curva di dispersione

A partire dalla rappresentazione delle velocità verticali dell'intero campo di moto nel dominio frequenza numero d'onda (Figura 5) viene estratta la curva di dispersione apparente sperimentale nell'intervallo di frequenza compreso tra 2 e 70 Hz che come detto caratterizza gli strati più superficiali (30 m).

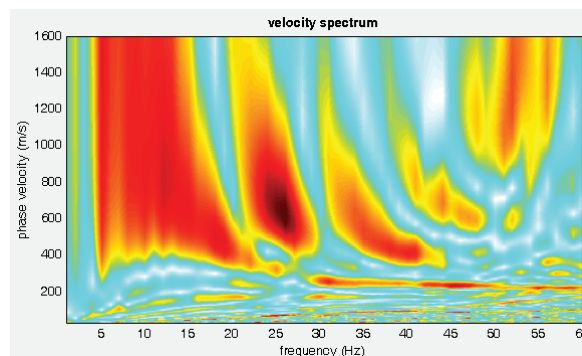


Figura 5 - Spettro delle velocità dell'intero campo di moto

2.3.3 Confronto tra la curva sperimentale e quelle calcolata

Una volta ricostruita e discretizzata la curva di dispersione sperimentale ne viene generata una calcolata e sovrapposta a quella sperimentale modificando la curva calcolata fino ad avere una buona sovrapposizione con quella sperimentale (Figura 6).

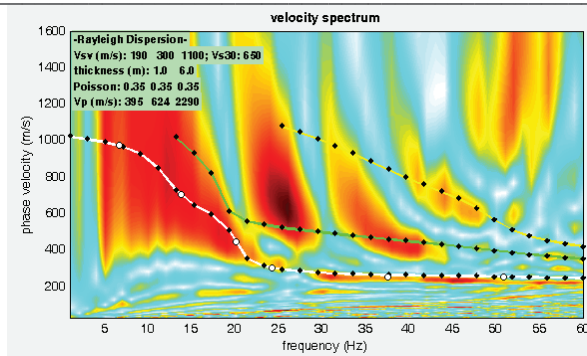


Figura 6 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 7).

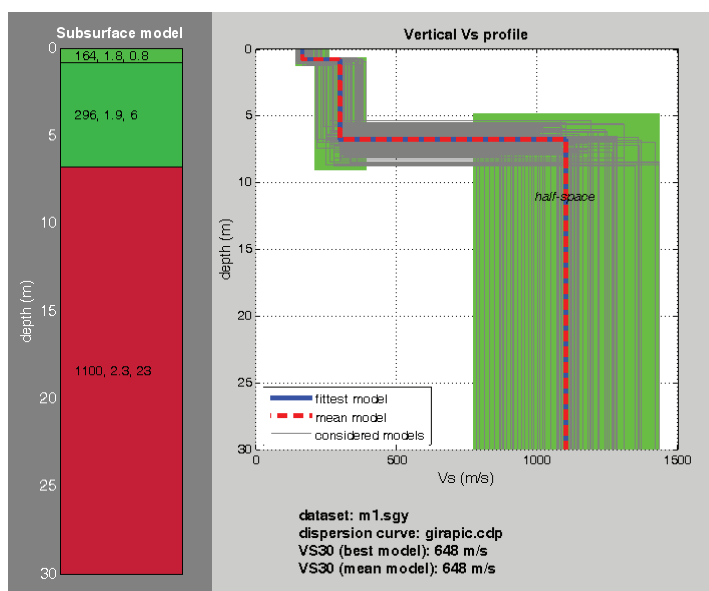


Figura 7 – Andamento della velocità Vs con la profondità

2.4 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 8 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura nei due punti di indagine.

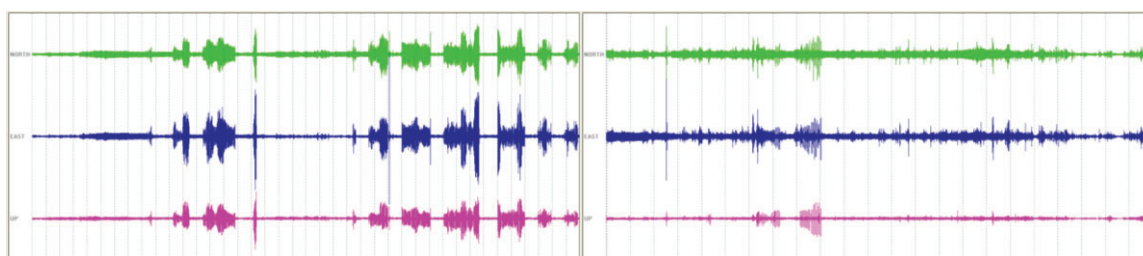


Fig. 8 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nei punti di misura

9. RISULTANZE OTTENUTE

9.1 Profilo sismico tomografico a rifrazione

In generale la prospezione sismica a rifrazione ha permesso di rappresentare il sottosuolo con un modello di distribuzione della velocità delle onde "P" che si correla bene con le prove geofisiche eseguite nell'area di indagine. Il modello geofisico ottenuto, evidenzia un assetto stratigrafico sub-orizzontale che può essere sintetizzato secondo una successione rappresentata da 2 orizzonti sismici, disposti nella seguente successione sismostratigrafica:

Strato A: strato superficiale caratterizzato da velocità sismica inferiore a 800 m/s, associabile a terreni superficiali arenati e/o di riporto. Si presenta, con spessore variabile tra 1,5 metri e 3 metri.

Strato B: strato caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s, che tende ad aumentare con la profondità con un gradiente di velocità sismica superiore al livello precedente. Tale livello può essere associato a litologie addensate e o compatte.

9.2 Rilievo con metodologia MASW

L'interpretazione delle prove MASW, relativamente alle onde S, ha reso evidente le seguenti successioni:

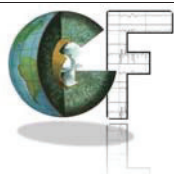
| PROVA MASW | | | | | |
|-----------------------|------|-----------------------|-----------------------|------|-----------------------|
| Best model | | | Mean model | | |
| Profondità da P.C (m) | | Velocità Onde S (m/s) | Profondità da P.C (m) | | Velocità Onde S (m/s) |
| 0 | 4,2 | 419 | 0 | 4,2 | 419 |
| 4,2 | 11,4 | 653 | 4,2 | 11,4 | 651 |
| 11,4 | 40 | 1134 | 11,4 | 40 | 1126 |
| Vseq = 542 m/s | | | Vs3eq = 541 m/s | | |

La prova MASW realizzata evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana, in classe **B**.

In definitiva, le prove realizzate evidenziano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana, in classe **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.

Sienna, Ottobre 2019

Il Tecnico
 Dott. Geol. Filippo Giorgi



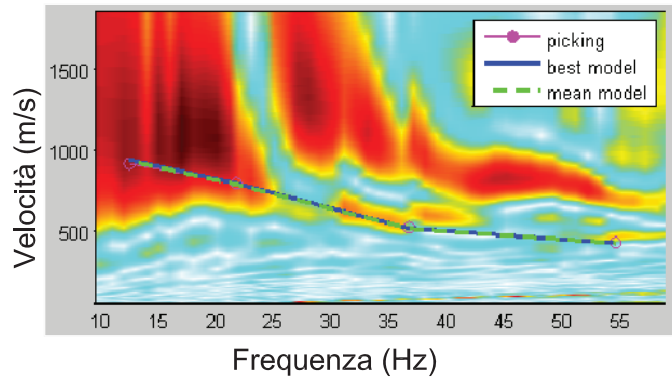
STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO

Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA –
 Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
 e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu

C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

PROVA MASW

spettro di velocità

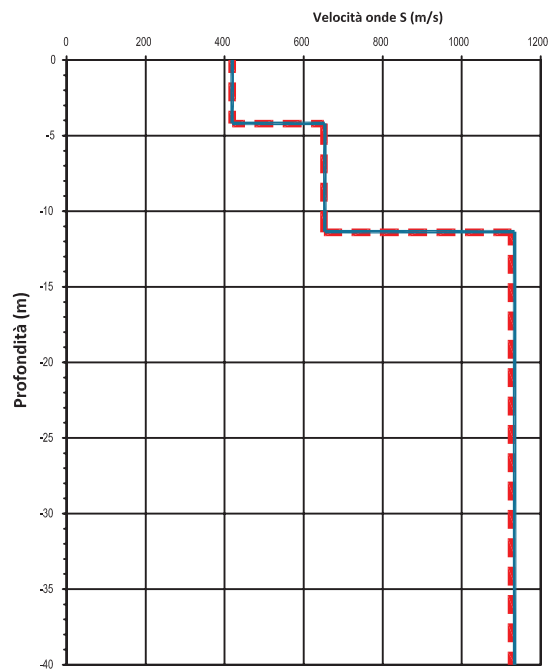


best model

— Vseq = 542 m/s
Site Class B

mean model

- - - Vs30 = 541 m/s
Site Class B



Ricostruzione sismostratigrafica onde S mediante analisi MASW

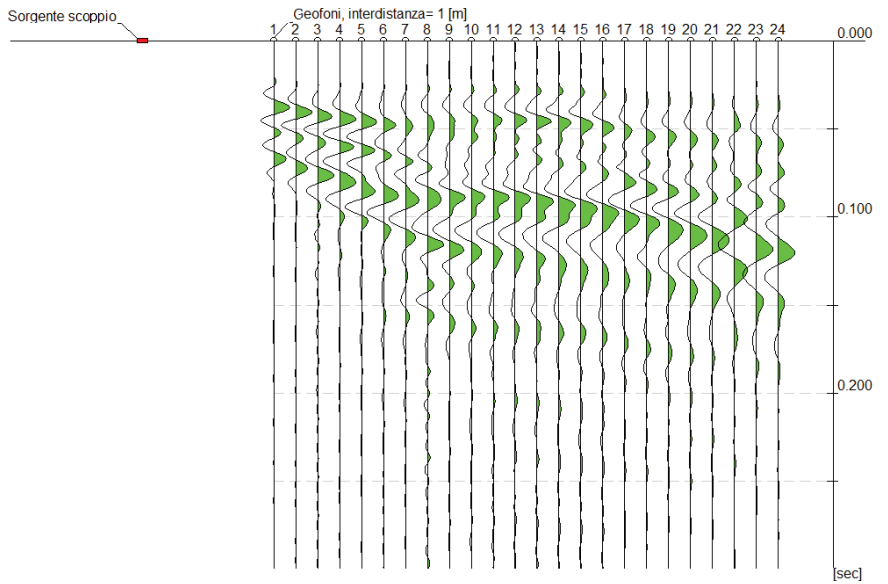
Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

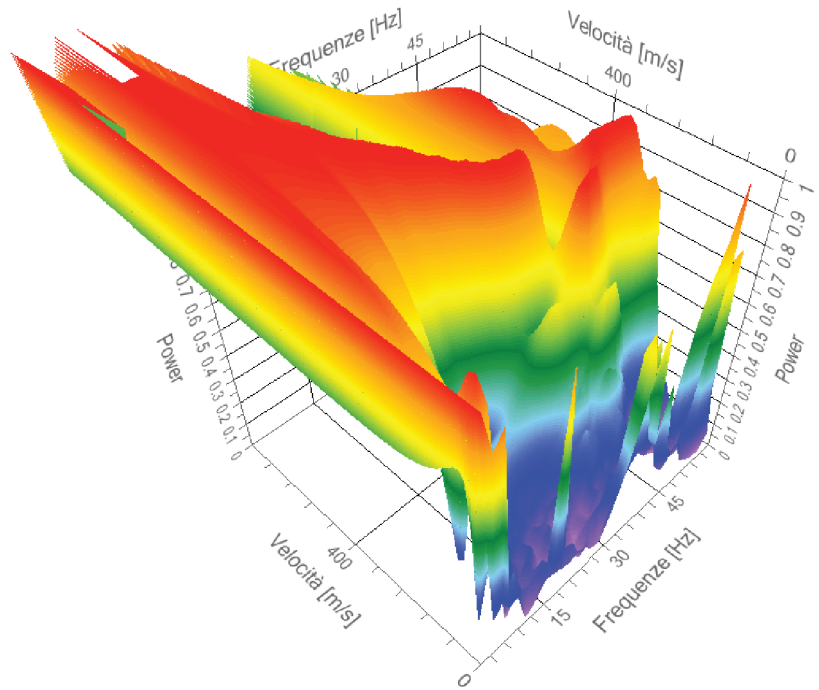
FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D

Tracce Acquisite



Spettro velocità di fase



Software di acquisizione:
DoReMi Software v. 1.1.36

Caratteristiche tecniche del sismografo

Caratteristiche tecniche

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
 Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
 Lunghezza max rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
 N. max canali per tratta: 255
 Dimensioni elemento: 80x55x18 mm
 Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
 Cavo: 4 fili, 2 coppie, robotico resistente a torsioni, flessio-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento

Memoria: 64 kBytes (>30000 campioni)
 Frequenze selezionabili: da 200 a 20000 Hz (da 5 a 0.05 ms)
 Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
 Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
 Filtri: 3Hz passa alto, 200Hz passa basso
 Reiezione modo comune: >80dB
 Diafonia (crosstalk): non valutabile per architettura ad elementi singoli a trasmissione digitale, virtualmente nulla.

Dinamica del sistema

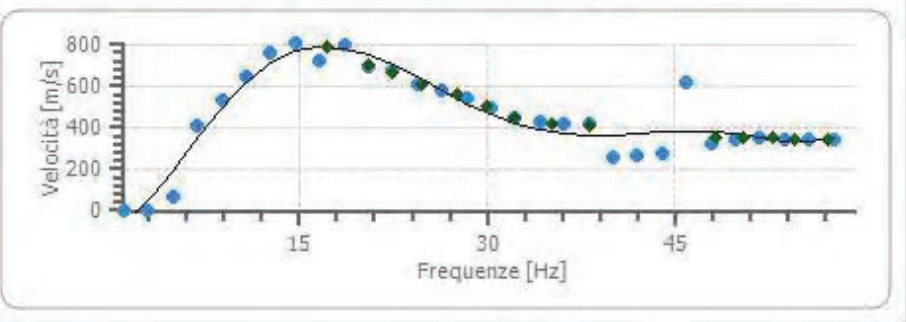
Risoluzione: 7.600 μ V @ 10x; 0.076 μ V @ 1000x
 Dinamica di base: 96dB (16 bit)
 S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >90dB (RMS)
 Full range a 10x: 0.5V p-p
 Risoluzione: 0.0000002V p-p @ 1000x 4000Hz (RMS)
 Dinamica totale teorica: 155dB (A/D + PGA)

Alimentazione

Tensione di alimentazione: 10-15Vdc
 Consumo: Unità di testa: 20mA
 Per Canale: 40mA
 Consumo totale 12 canali: 510mA



Curva di dispersione



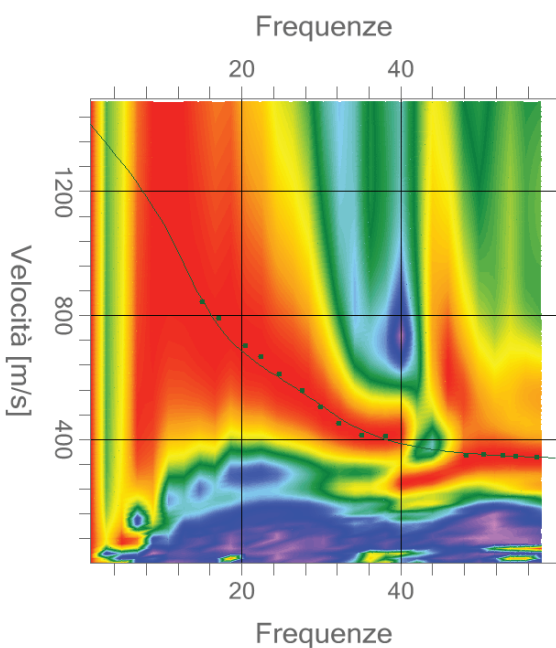
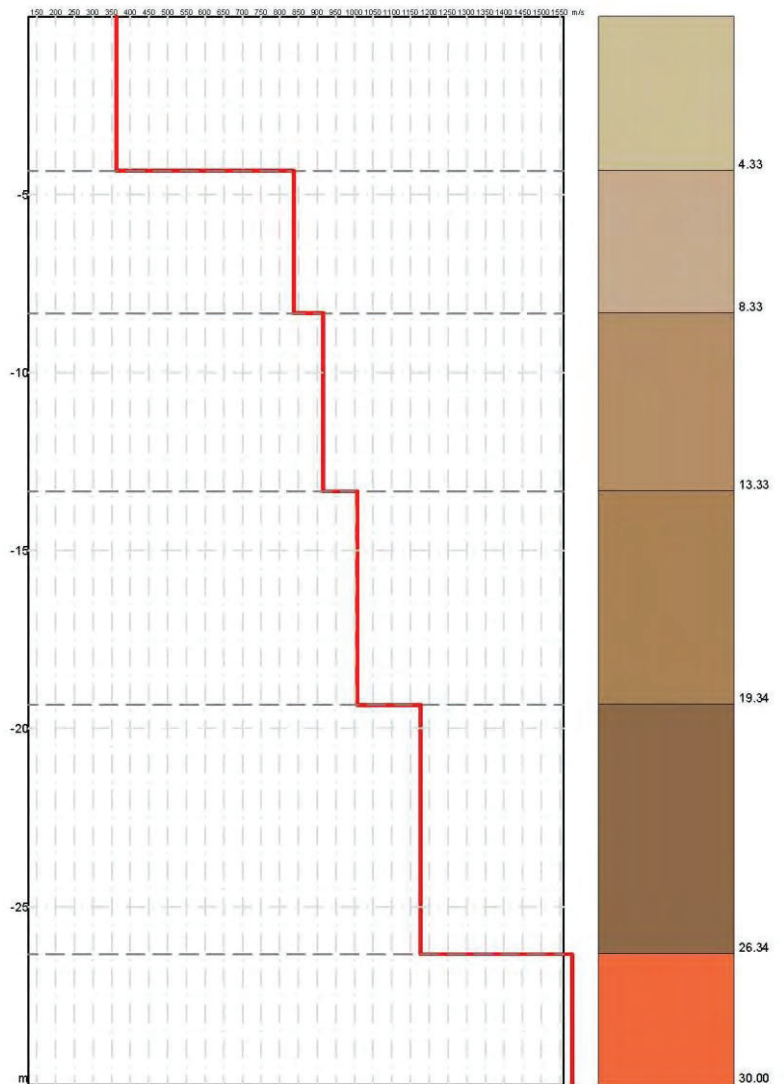
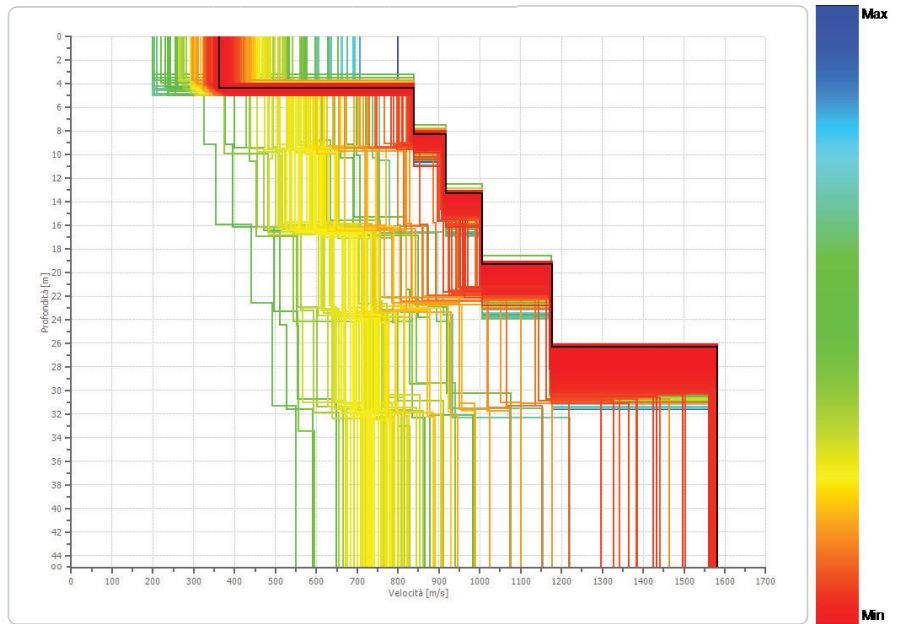
Inversione – Profilo di velocità

Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)



Tavella dei valori di inversione

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] |
|----|-------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 4.33 | 4.33 | 362.81 | 592.46 | 236.93 | 631.82 | 315.91 | 568.63 |
| 2 | 8.33 | 4.00 | 838.18 | 1368.75 | 1264.59 | 3372.24 | 1686.12 | 3035.02 |
| 3 | 13.33 | 5.00 | 916.20 | 1496.15 | 1510.96 | 4029.21 | 2014.61 | 3626.29 |
| 4 | 19.34 | 6.00 | 1006.67 | 1643.88 | 1824.09 | 4864.23 | 2432.12 | 4377.81 |
| 5 | 26.34 | 7.00 | 1177.14 | 1922.27 | 2494.20 | 6651.19 | 3325.59 | 5986.07 |
| 6 | ∞ | ∞ | 1582.33 | 2583.93 | 4506.77 | 12018.05 | 6009.02 | 10816.24 |

Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)
- Tabelle dei valori di inversione e geotecnici
- Calcolo del parametro Vs30

G0: Modulo di deformazione al taglio;
Ed: Modulo edometrico;
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
Ey: Modulo di Young;

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Calcolo del parametro Vs30

Il valore Vs30 determinato per le situazioni locali di acquisizione e in funzione delle scelte di elaborazione risulta essere:

$$V_{S30} = 824.33 \text{ [m/s]}$$

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n°29 del 04/02/2008).

Descrizione delle categorie di sottosuolo:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 Kpa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediante addensati o terreni a grana fine mediante consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 Kpa nei terreni a grana fina).

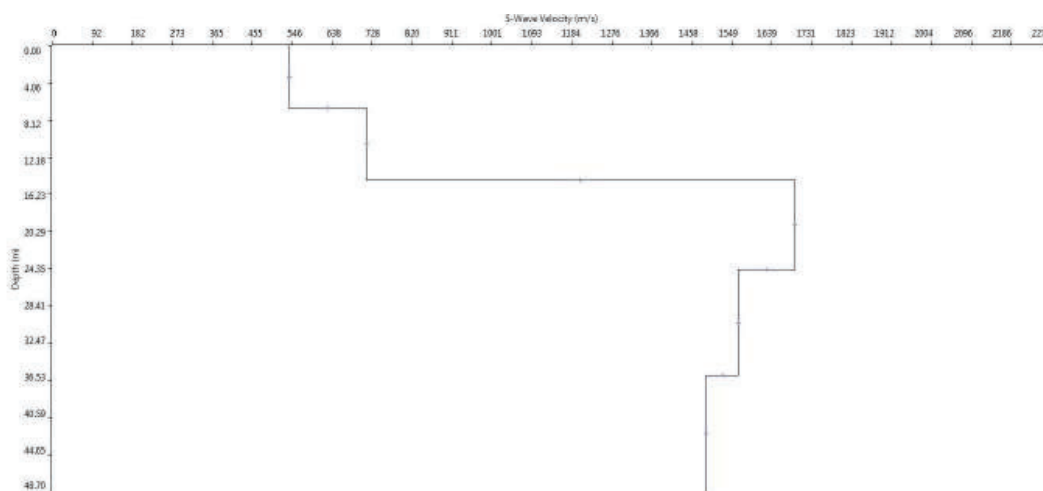
D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 Kpa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20KPa) che includono uno strato di almeno 8 m. di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m. di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La comparazione tra le risultanze dell'indagine Masw e della sismica a rifrazione sopra esposta concorda con la presenza di un sismo strato di materiale allentato ed alterato superficiale caratterizzato da valori medi di Vs dell'ordine di 622 m/s e di un sismo strato compatto, che rappresenta il substrato sismico in quanto risulta caratterizzato da valori di Vs > 800 m/s che si colloca ad una profondità media di circa 15 m dal p.c..



| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| Layer 1 | 6.70 | 0.00 | 539 | 1225 | 0.380 | 1.900 |
| Layer 2 | 8.00 | 6.70 | 715 | 1625 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 3 | 9.70 | 14.70 | 1694 | 3851 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 4 | 11.60 | 24.40 | 1564 | 3555 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 36.00 | 1490 | 3387 | 0.380 | 2.000 |

I valori del parametro Vs calcolati permettono la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, secondo il metodo semplificato, come previsto dalla vigente normativa (DM 17/01/18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

In base ai risultati ottenuti dall'interpretazione dei profili di velocità con la tecnica MASW, è stato determinato il valore numerico delle onde di taglio Vseq relativo alla diverse elaborazione con il fit migliore che nel caso specifico sussistendo un substrato sismico entro H=14.70 m di profondità, si assume uguale a quello delle Vseq14.70.

Per tutti i sismogrammi analizzati, è stato generalmente possibile evidenziare un incremento delle velocità Vs con la profondità al sottosuolo.

Comune di Gaiole in Chianti:

Progetto: realizzazione di un vano ad uso cantina di pertinenza di un piccolo fabbricato
in località la Corbina
Arch.568/18

| INDAGINE | V _{seq} [m/s] |
|------------------|------------------------|
| MASW 24-10 medio | 622 |

All'area in esame compete una categoria di sottosuolo B.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| A | <i>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.</i> |
| B | <i>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.</i> |
| C | <i>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.</i> |
| D | <i>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.</i> |
| E | <i>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.</i> |

Seguono i grafici relativi al coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e topografica T; quest'ultimo si considera T₂ poiché il pendio in esame ha un'inclinazione media localmente > 15°.

Tabella 3.2.V – *Espressioni di S_s e di C_c*

| Categoria sottosuolo | S _s | C _c |
|----------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

C_c = coeff. f(Categ.sottosuolo)

Comune di Gaiole in Chianti:

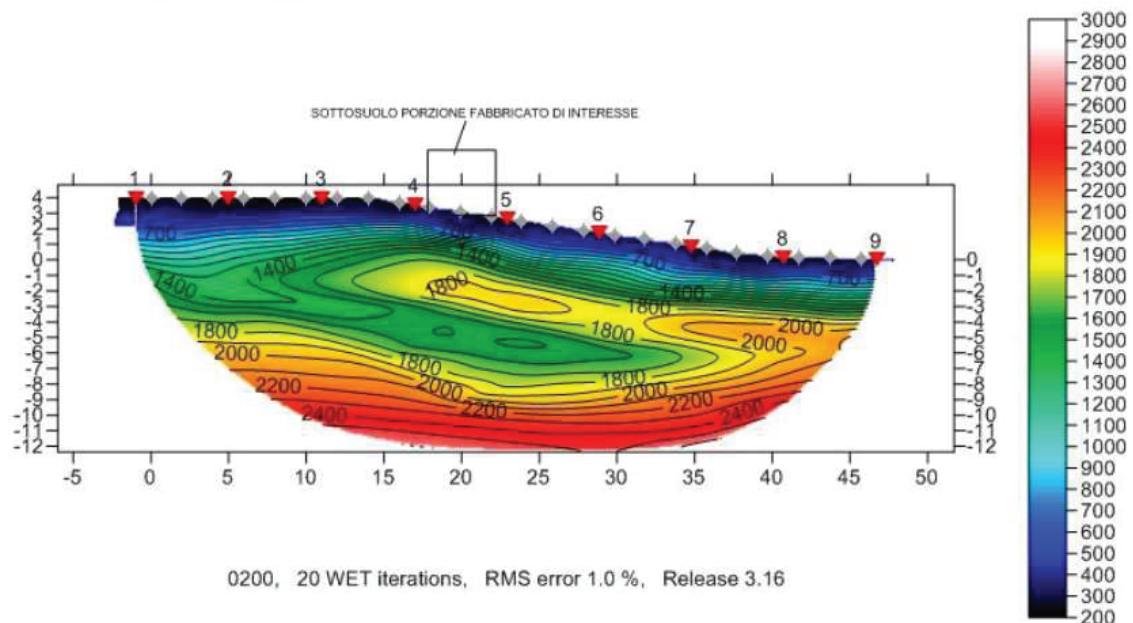
Progetto: realizzazione di un vano ad uso cantina di pertinenza di un piccolo fabbricato in località la Corbina

Arch.568/18

L'elaborazione dei dati per la velocità delle onde P è stata effettuata con la tecnica tomografica che ha permesso di ricostruire l'andamento delle varie discontinuità sismiche evidenziando le variazioni della velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche (vedi relazione sismica-A15 e sezione geologica); nel caso specifico si è adottata una scala che comprende i valori da 0 a 2600 m/sec.

Nel complesso si assiste ad una variazione nella distribuzione della velocità delle onde P nel sottosuolo, spostandosi lungo la direzione dello stendimento e dal piano di campagna in profondità.

D. RISULTATI



Nel dettaglio, da profondità prossime al piano di campagna e sino a circa 2 m (isolinea 700 m/s), si osserva una sorta di appiattimento delle isolinee di velocità, con un andamento piuttosto regolare, e valori riferibili ad un materiale areato ed allentato. Segue un andamento più irregolare, e valori di V_p correlabili a materiale alterato, quantomeno sino alla isolinea 1800 m/s; in particolare modo si nota un'inversione di velocità delle isolinee 1400 m/s che separa un nucleo di materiale più compatto soprastante da quello sottostante e che potrebbe essere correlato ad una facies di transizione tra depositi sedimentari diversi, con disposizioni lenticolari ed eteropiche dei litotipi costituenti appartenenti alla formazione del Macigno. Una simile conformazione delle isolinee potrebbe essere associabile all'evoluzione tettonica-strutturale locale e/o alle facies della formazione ivi affiorante (p.es. degli olistostromi intercalati al Macigno vero e proprio più compatto).

Al di sotto della isolinea 2000 m/s l'andamento risulta nel complesso più regolare; ciò potrebbe essere correlato alla presenza della formazione in assetto naturale e come tale più omogenea e più compatta rispetto a quelle soprastanti.

Comune di Gaiole in Chianti:

Progetto: realizzazione di un vano ad uso cantina di pertinenza di un piccolo fabbricato
in località la Corbina
Arch.568/18



Studio di Geologia Moschini & Mosconi

sottosuolo ed in particolare hanno permesso di stimare il profilo verticale delle onde di taglio (V_s) nei primi 30 m di profondità.

L'indagine è stata eseguita nell'area di intervento ed in particolare è stata eseguita:

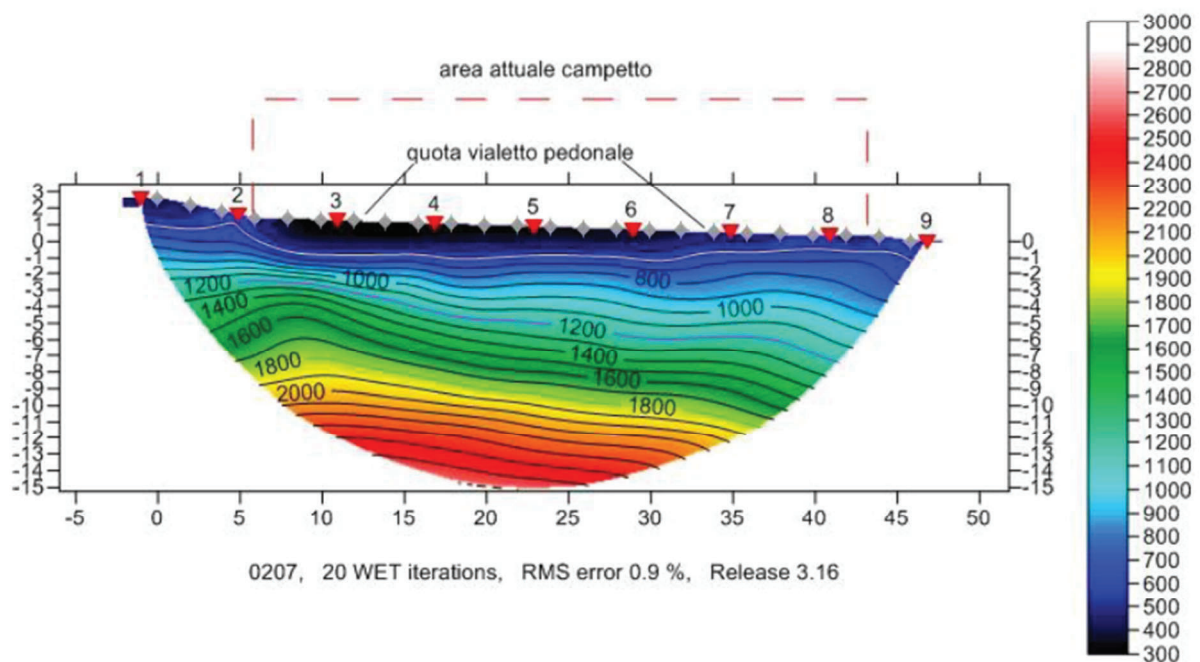
- un'indagine di sismica a rifrazione in onde P elaborata in tecnica Tomografica;
- un'indagine MASW basata sugli arrivi delle onde superficiali S.

Scopo dell'indagine è stato quello di avere un quadro geofisico conoscitivo, al fine di verificare lo spessore dei terreni superficiali più allentati e fornire, quindi, indicazioni sulla categoria di sottosuolo che compete all'area in esame.

L'elaborazione dei dati per la velocità delle onde P è stata effettuata con la tecnica tomografica che ha permesso di ricostruire l'andamento delle varie discontinuità sismiche evidenziando le variazioni della velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche, nel caso specifico si è adottata una scala che comprende i valori da 0 a 2500 m/sec.

Nel complesso si assiste ad una variazione nella distribuzione della velocità delle onde P nel sottosuolo, spostandosi lungo la direzione dello stendimento e dal piano di campagna in profondità.

D. RISULTATI



Comune di Gaiole in Chianti

Progetto: Realizzazione di un parcheggio nell'ambito del progetto di riqualificazione di un'area di Gaiole in Chianti

Arch. 576/19



Studio di Geologia Moschini & Mosconi

Nel dettaglio, da profondità prossime al piano di campagna e sino a circa 2 m (isolinea 600 m/s), si osserva una sorta di appiattimento delle isolinee di velocità, con un andamento piuttosto regolare, e valori riferibili ad un materiale areato ed allentato. Segue un innalzamento dei valori delle velocità delle onde P, *presumibilmente in parte falsato dalla presenza di contenuti idrici significativi*, cui pertanto non corrisponde un analogo incremento del grado di compattezza del materiale, come si evince comparando i risultati dell'indagine in oggetto con quelli dell'indagine Masw che, a differenza della prima, non risente in modo così significativo del contenuto idrico presente nei terreni.

Nel complesso, la sezione tomografica denota la presenza di un andamento delle isolinee di velocità con un approfondimento procedendo dalla cabina elettrica in direzione del campetto ed un'accentuazione dell'inclinazione intorno al geofono n.3; quest'ultima potrebbe anche essere correlata ad una *dislocazione tettonica locale*.

A partire dalla profondità di circa 7 m, in corrispondenza del sottosuolo prossimo alla cabina elettrica, ed a profondità via via crescente spostandosi lungo il vialetto, verso la parte terminale della ex pista di pattinaggio, si osserva un appiattimento ancora più marcato delle isolinee che potrebbe essere correlato alla presenza di *contenuti idrici più elevati (tale dato è pienamente corrispondente alla quota della falda idrica rilevata in sondaggio in corrispondenza delle ghiaie da -6,3 a -7,1 m dal p.c. e poi risalita)*. Segue un ulteriore incremento del valore di velocità delle onde P con la profondità, presumibilmente associabile alla presenza di materiale compatto riferibile alla formazione in assetto naturale (SCva – Scaglia toscana – Membro delle argilliti di Montegrossi – STO3).

La comparazione tra le risultanze dell'indagine Masw e della sismica a rifrazione sopra esposta porta a far ipotizzare la sussistenza di condizioni di saturazioni idriche presumibilmente sin da profondità superficiali. Ciò in quanto l'indagine Masw, che risente meno della presenza di acqua nel sottosuolo, individua 3 sismostrati:

I° Sismostrato superficiale, rappresentativo di un materiale allentato ed alterato: presenta uno spessore maggiore di quanto desumibile dall'indagine tomografica a rifrazione, in quanto risulta caratterizzato da valori medi di V_p dell'ordine di 582 m/s sino ad una profondità mediata di circa 5,40 m dal p.c. e quindi presumibilmente sino a circa 7 m a monte e 9 m a valle;

II° Sismostrato alterato caratterizzato da valori medi di $V_p=834$ m/s sino ad una profondità mediata di 12,28 m. stando all'approfondimento delle isolinee evidente nella sezione tomografica;

III° Sismostrato compatto, a partire da 12,28 m di profondità caratterizzato da valori di $V_s > 800$ m/s. Oltre i 21 m di profondità mediata il materiale, sebbene sempre compatto, manifesta una diminuzione del grado di compattezza forse per la

Comune di Gaiole in Chianti

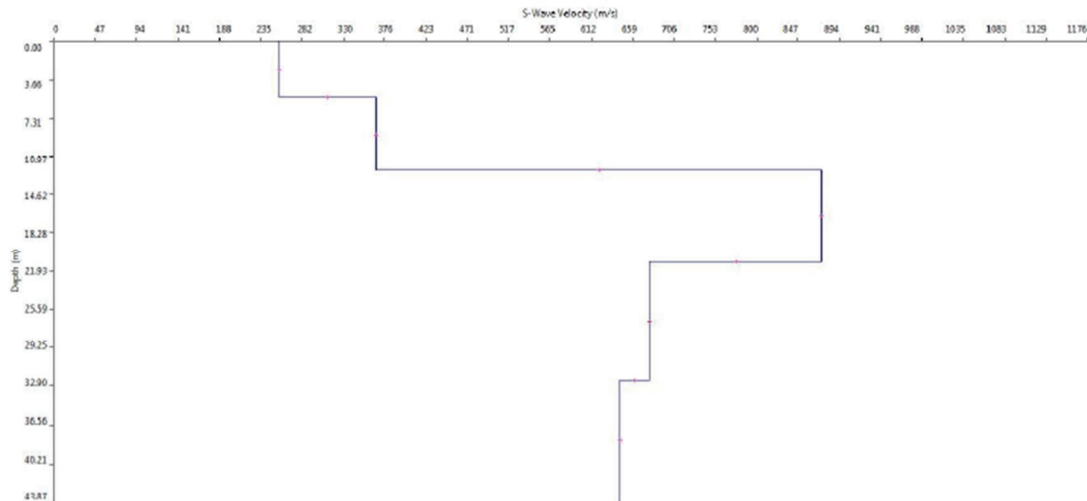
Progetto: Realizzazione di un parcheggio nell'ambito del progetto di riqualificazione di un'area di Gaiole in Chianti

Arch. 576/19



Studio di Geologia Moschini & Mosconi

presenza di formazioni composte da alternanze di frazioni litiche a frazioni argillitiche o sedimentarie in genere, meno consistenti.



| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|-----|------|---------|---------|
| Layer 1 | 5.40 | 0.00 | 256 | 582 | 0.380 | 1.900 |
| Layer 2 | 6.88 | 5.40 | 367 | 834 | 0.380 | 1.900 |
| Layer 3 | 8.79 | 12.28 | 874 | 1987 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 4 | 11.33 | 21.07 | 678 | 1541 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 32.39 | 644 | 1464 | 0.380 | 2.000 |

PROFILO DI VELOCITÀ MONODIMENSIONALE ONDE S

4.CATEGORIA TERRENO DI FONDAZIONE

I valori del parametro Vs calcolati permettono la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, secondo il metodo semplificato, come previsto dalla vigente normativa (DM 17/01/18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

In base ai risultati ottenuti dall'interpretazione dei profili di velocità con la tecnica MASW, è stato determinato il valore numerico delle onde di taglio V_{Seq} relativo alla diverse elaborazioni con il fit migliore che nel caso specifico sussistendo un substrato sismico entro $H=12.28$ m di profondità, si assume uguale a quello delle $V_{Seq12.28}$.

Comune di Gaiole in Chianti

Progetto: Realizzazione di un parcheggio nell'ambito del progetto di riqualificazione di un'area di Gaiole in Chianti

Arch. 576/19

Studio di Geologia Moschini & Mosconi

| INDAGINE | V _{seq} [m/s] |
|----------------------------|------------------------|
| MASW 1-10 medio bis | 308 |

Al sottosuolo dell'area in esame compete una categoria di sottosuolo E, per la presenza di un bedrock sismico alla profondità di -12 m dal p.c.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | Annessi 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 | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | 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. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Seguono i grafici relativi al coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e topografica T; quest'ultimo si considera T₁ poichè il pendio in esame ha un'inclinazione media localmente < 15°.

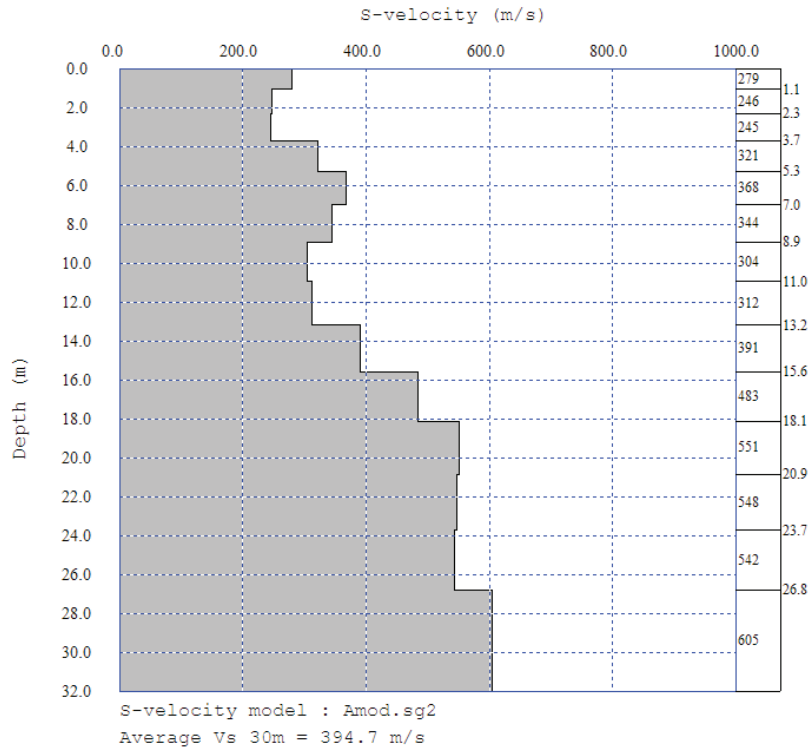
Tabella 3.2.V – *Espressioni di S_s e di C_c*

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

Comune di Gaiole in Chianti

Progetto: Realizzazione di un parcheggio nell'ambito del progetto di riqualificazione di un'area di Gaiole in Chianti

Arch. 576/19



Profilo verticale delle velocità delle onde S

| (H>30m) | | Suolo tipo | B | | | |
|-----------|--------------|------------|-----------|-------|-----------------|------------|
| | | hi | zi | Vsi | hi/Vsi | Vs, equ |
| | spessori | (m) | | (m/s) | (s) | (m/s) |
| H | h1= | 1.1 | 0 | 279 | 0.003943 | 378 |
| (m) | h2= | 1.2 | 1.1 | 246 | 0.004878 | |
| 30 | h3= | 1.4 | 2.3 | 245 | 0.005714 | |
| | h4= | 1.6 | 3.7 | 321 | 0.004984 | |
| | h5= | 1.7 | 5.3 | 368 | 0.00462 | |
| | h6= | 1.9 | 7 | 344 | 0.005523 | |
| | h7= | 2.1 | 8.9 | 304 | 0.006908 | |
| | h8= | 2.2 | 11 | 312 | 0.007051 | |
| | h9= | 2.4 | 13.2 | 391 | 0.006138 | |
| | h10= | 2.5 | 15.6 | 483 | 0.005176 | |
| | h11= | 2.8 | 18.1 | 551 | 0.005082 | |
| | h12= | 2.8 | 20.9 | 548 | 0.005109 | |
| | h13= | 3.1 | 23.7 | 542 | 0.00572 | |
| | h14= | 5.2 | 26.8 | 605 | 0.008595 | |
| | somma | 32 | 32 | | 0.079441 | |

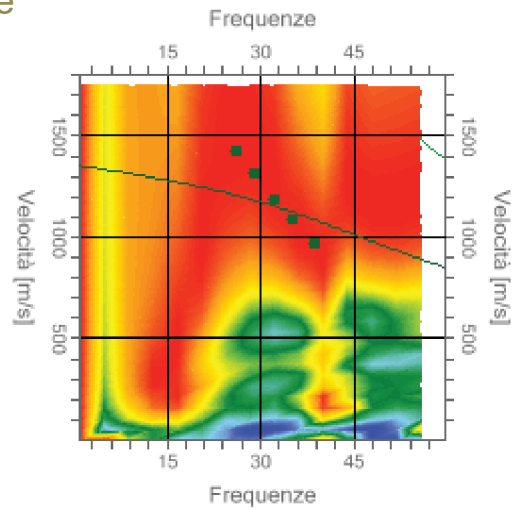
Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru
Software

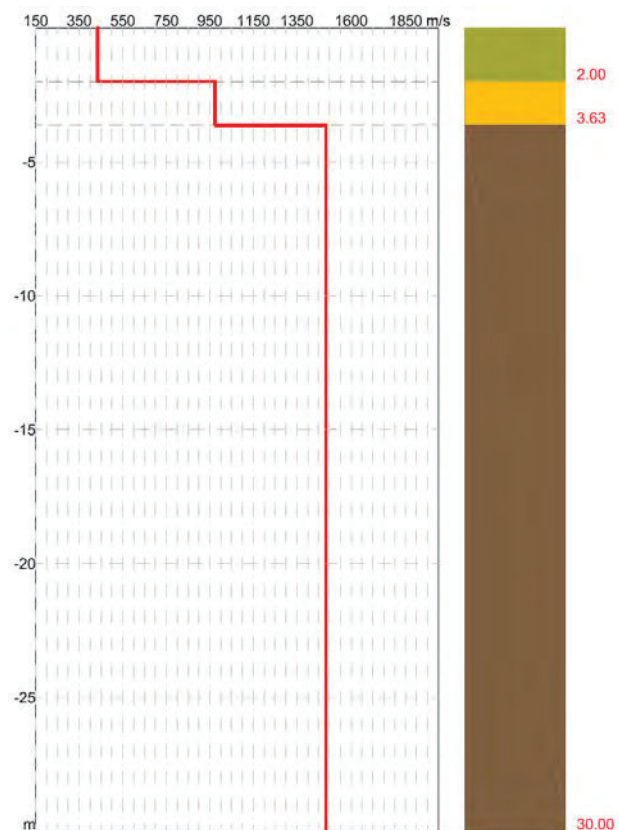
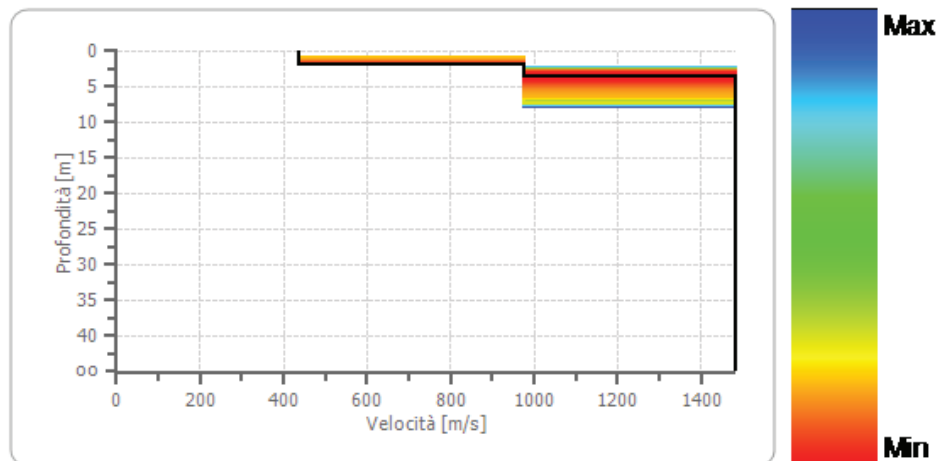
FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)

Inversione



Profilo di velocità



Tavella dei valori

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] | Qc [kPa] |
|----|-------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 2.00 | 2.00 | 436.00 | 711.98 | 72.00 | 192.00 | 96.00 | 172.80 | 760.48 |
| 2 | 3.63 | 1.63 | 975.00 | 1592.17 | 2589.37 | 6904.99 | 3452.49 | 6214.49 | N/A |
| 3 | oo | oo | 1484.00 | 2423.36 | 4049.99 | 10799.98 | 5399.99 | 9719.98 | N/A |

G0: Modulo di deformazione al taglio;
Ed: Modulo edometrico;
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
Ey: Modulo di Young;

Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)
- Tabelle dei valori di inversione e geotecnici
- Calcolo del parametro Vs30

Calcolo del parametro Vs30

Il valore Vs30 determinato per le situazioni locali di acquisizione e in funzione delle scelte di elaborazione risulta essere:

$$V_{s30} = 1290.67 \text{ [m/s]}$$

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n°29 del 04/02/2008).

Descrizione delle categorie di sottosuolo:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 Kpa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediante addensati o terreni a grana fine mediante consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 Kpa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 Kpa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20KPa) che includono uno strato di almeno 8 m. di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m. di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

ANALISI SISMICA TIPO MASW (STESA 3)

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce

C:\condivisione\2024\24007_GAIOLE\MASW\M3-20240302T105814Z-001\M3\M1A_M3.drm

Numero di ricevitori.....24

Distanza tra i sensori:.....2m

Numero di campioni temporali.....2000

Passo temporale di acquisizione..... 1ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi.....24

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms

I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

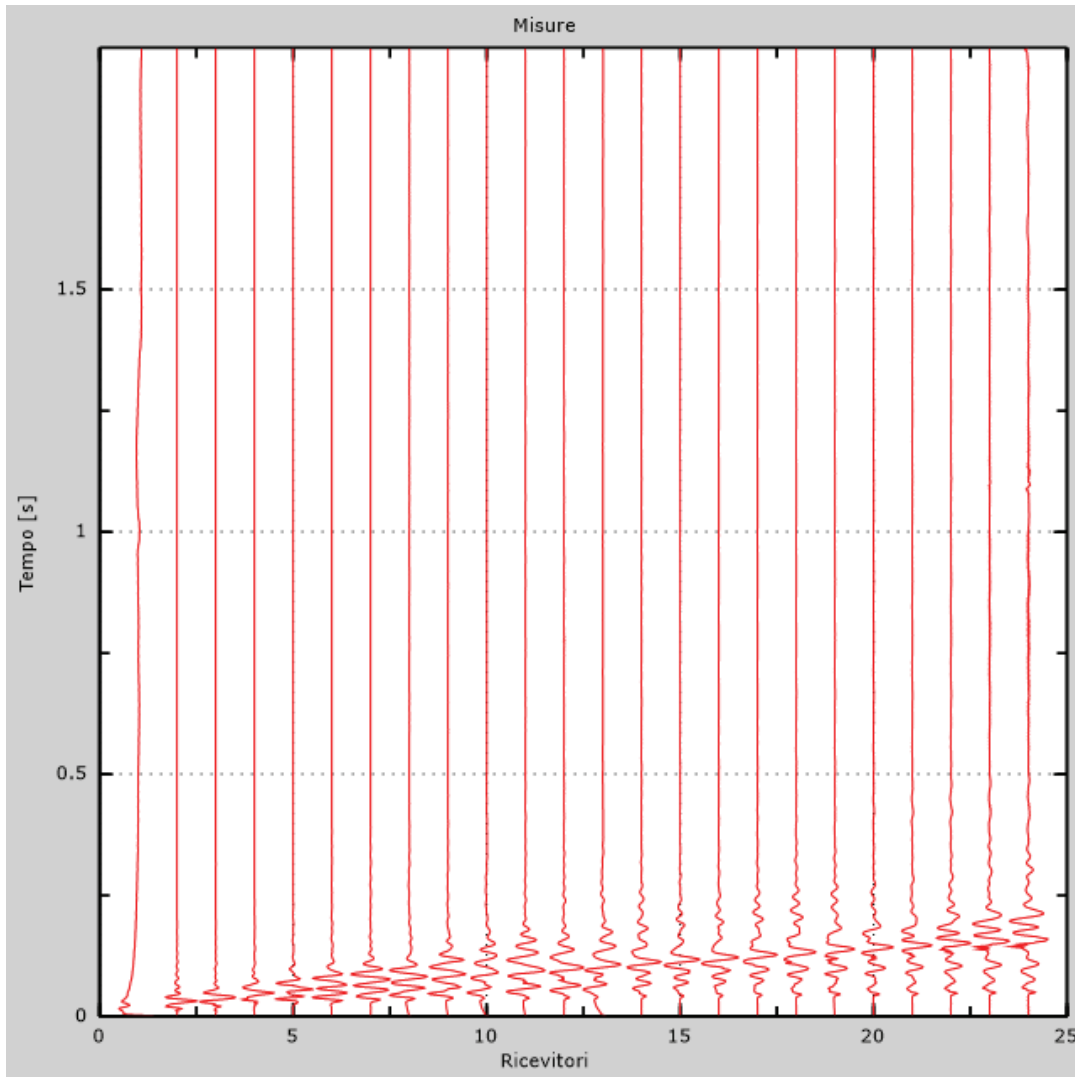


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 62Hz
Frequenza iniziale 5Hz

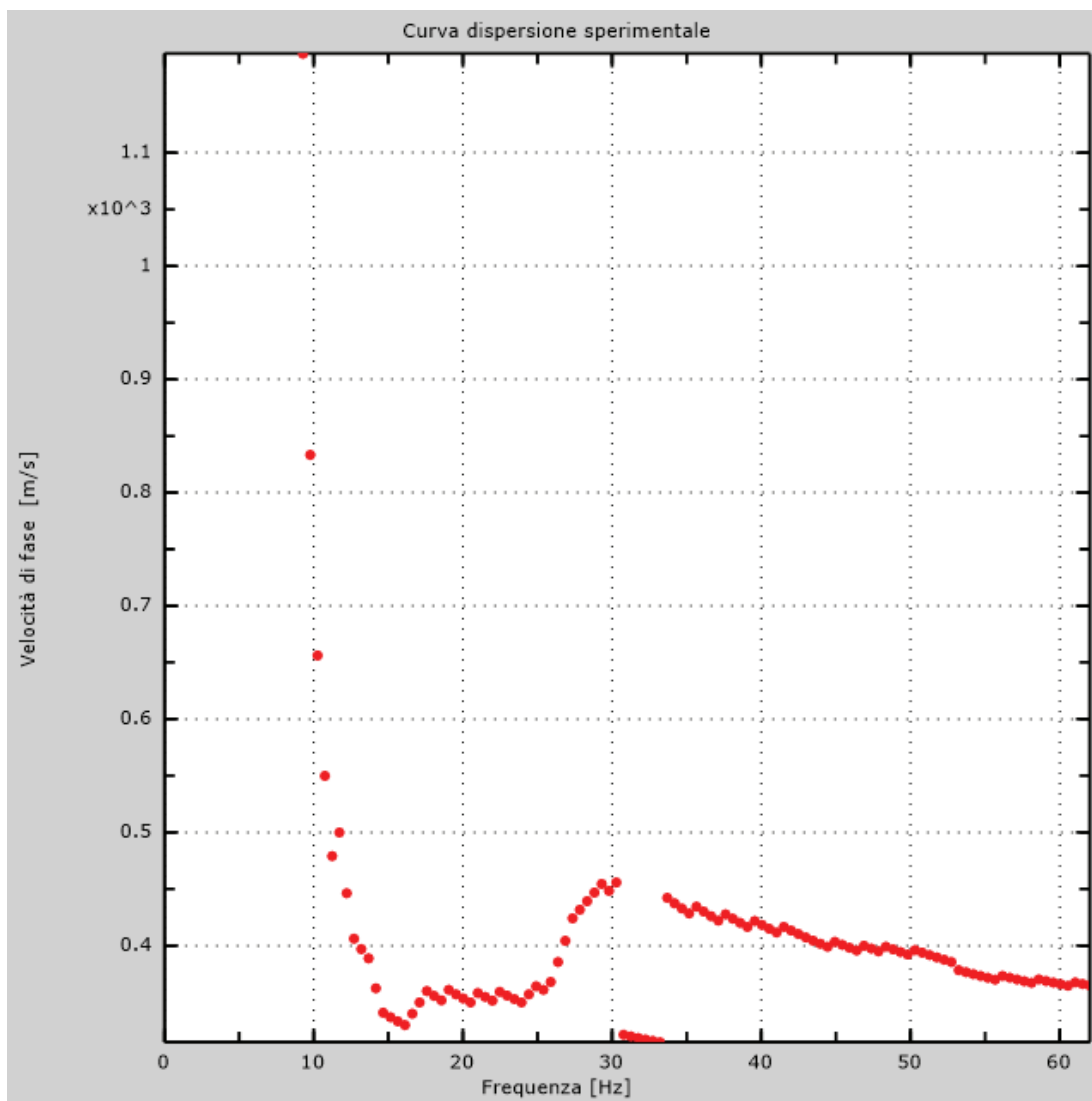


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 10.8686 | 482.377 | 446.917 | 517.837 |
| 12.2393 | 429.186 | 386.338 | 472.034 |
| 13.8241 | 370.086 | 331.67 | 408.501 |
| 16.4063 | 336 | 302.4 | 369.6 |
| 19.2871 | 359.127 | 323.214 | 395.04 |
| 22.168 | 354.687 | 319.219 | 390.156 |
| 25.0488 | 363.333 | 327 | 399.667 |
| 27.9297 | 433.333 | 390 | 476.667 |
| 33.6914 | 442.308 | 398.077 | 486.538 |
| 36.5723 | 426.546 | 383.891 | 469.201 |
| 39.4531 | 420.833 | 378.75 | 462.917 |
| 42.334 | 411.303 | 370.172 | 452.433 |
| 45.2148 | 401.921 | 361.729 | 442.113 |
| 48.0957 | 397.177 | 357.46 | 436.895 |
| 50.9766 | 393.08 | 353.772 | 432.388 |
| 53.8574 | 376.199 | 338.579 | 413.818 |
| 56.7383 | 371.487 | 334.338 | 408.635 |
| 59.6191 | 367.33 | 330.597 | 404.063 |
| 61.5836 | 364.175 | 330.193 | 398.158 |

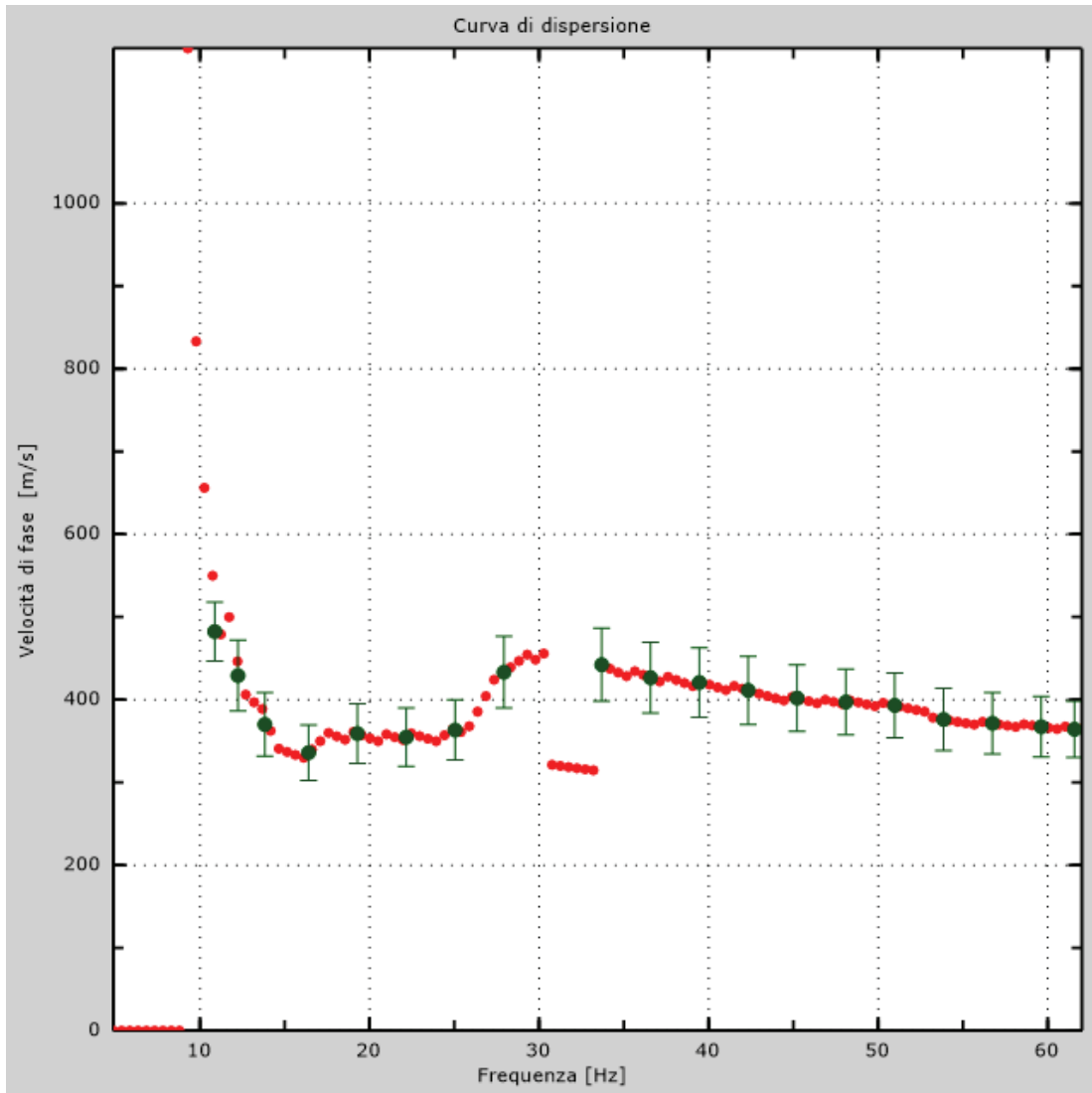


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

| | |
|---|----|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 7 |
| Spaziatura ricevitori | 2m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 1 |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 3 |
| z [m] | -3 |
| Densità [kg/m ³] | 1850 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 350 |
| Vp [m/s] | 729 |
| Vs min [m/s] | 202 |
| Vs max [m/s] | 525 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 350 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 5 |
| z [m] | -8 |
| Densità [kg/m ³] | 1950 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 540 |
| Vp [m/s] | 1124 |
| Vs min [m/s] | 223 |
| Vs max [m/s] | 810 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 540 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -10 |
| Densità [kg/m ³] | 1850 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 280 |
| Vp [m/s] | 583 |
| Vs min [m/s] | 197 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| Vs max [m/s]..... | 420 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 280 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 2 |
| z [m]..... | -12 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1900 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 350 |
| Vp [m/s] | 729 |
| Vs min [m/s] | 206 |
| Vs max [m/s]..... | 525 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 350 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 2 |
| z [m]..... | -14 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1950 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 400 |
| Vp [m/s] | 833 |
| Vs min [m/s] | 238 |
| Vs max [m/s]..... | 600 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 400 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -17 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2000 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 500 |
| Vp [m/s] | 1041 |
| Vs min [m/s] | 285 |
| Vs max [m/s]..... | 750 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 500 |

Strato 7

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 0 |
| z [m]..... | -∞ |
| Densità [kg/m ³]..... | 2100 |
| Poisson..... | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 550 |
| Vp [m/s]..... | 1145 |
| Vs min [m/s]..... | 285 |
| Vs max [m/s]..... | 825 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s]..... | 550 |

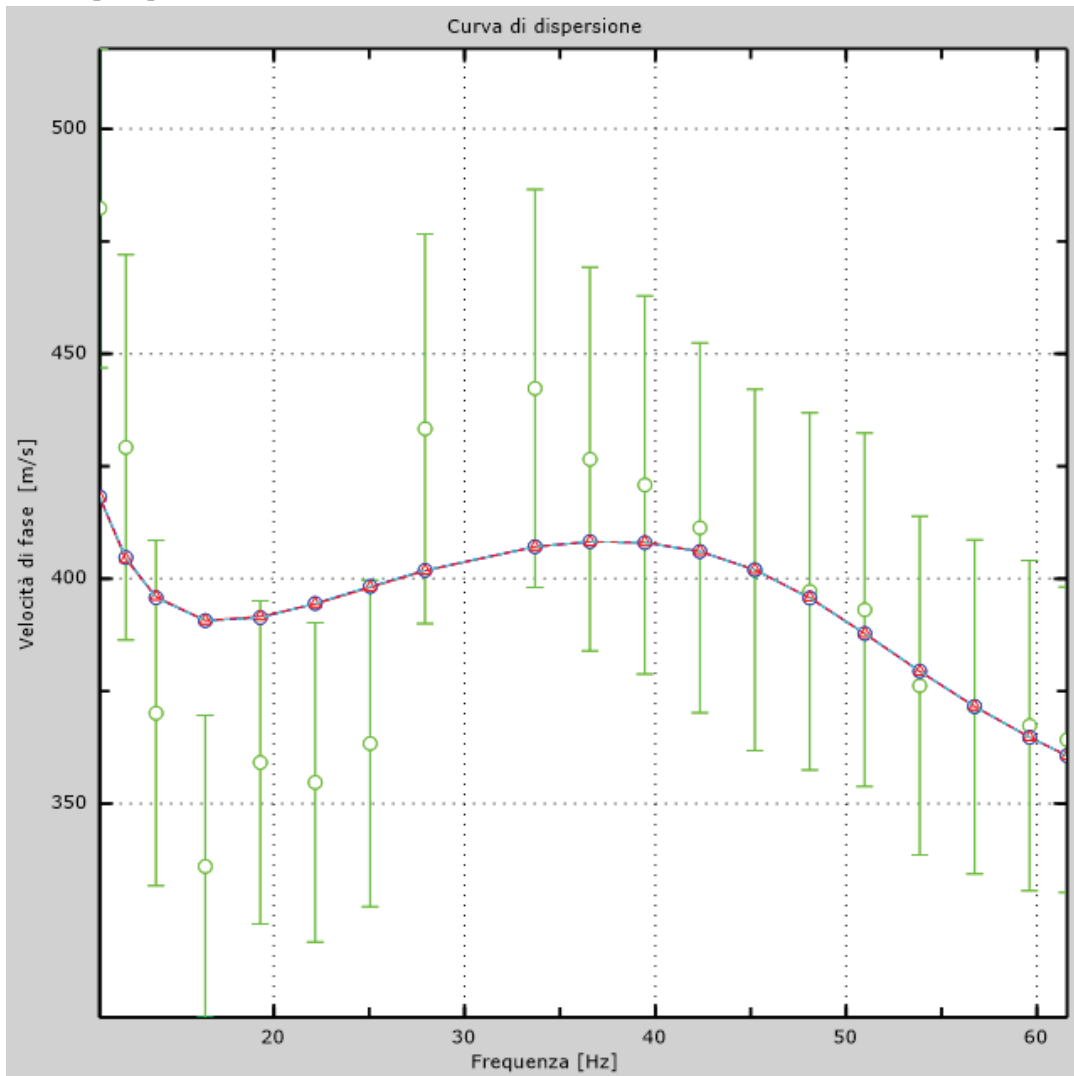


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

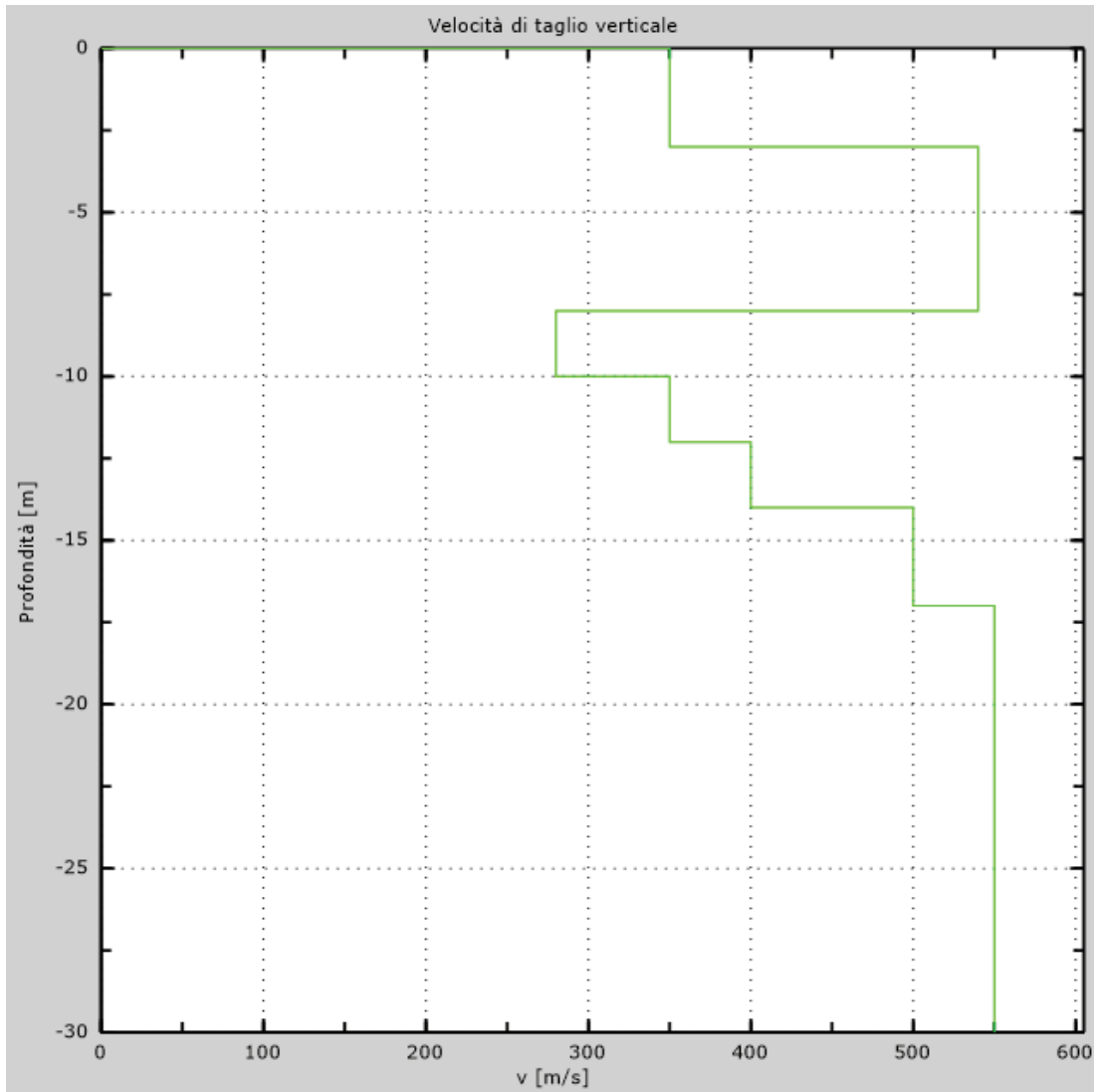


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

| | |
|--|----------|
| Piano di riferimento $z=0$ [m]..... | 0 |
| V_{seq} [m/s]..... | 459 |
| La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018 | |
| Tipo di suolo | B |

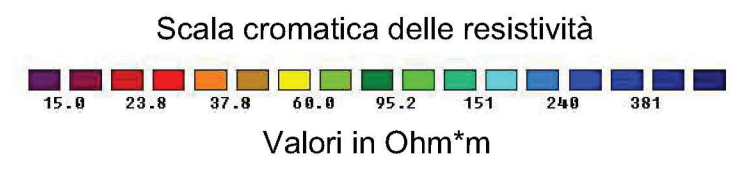
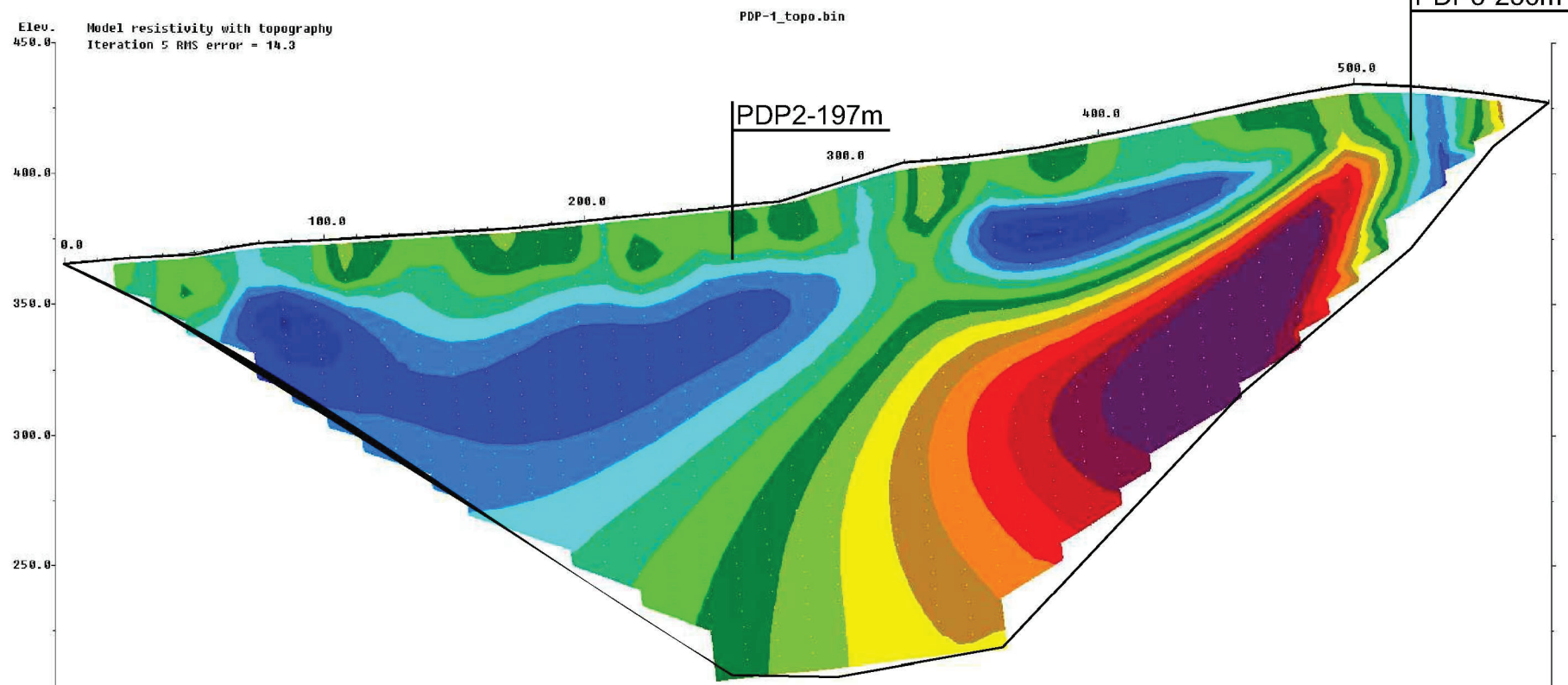
DB043

TAVOLA 11

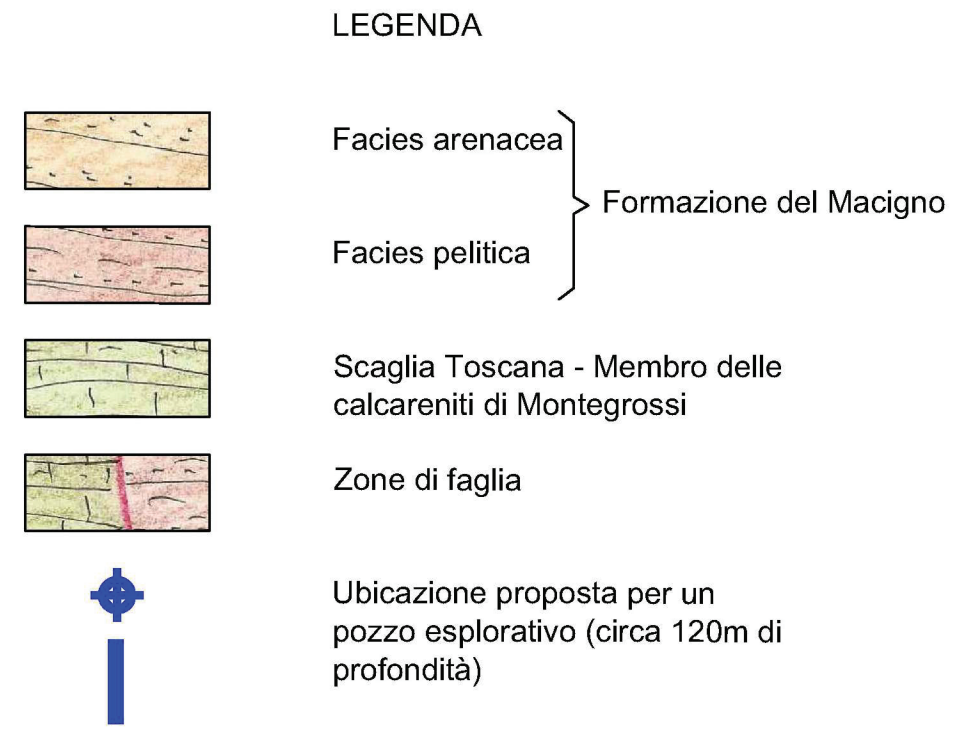
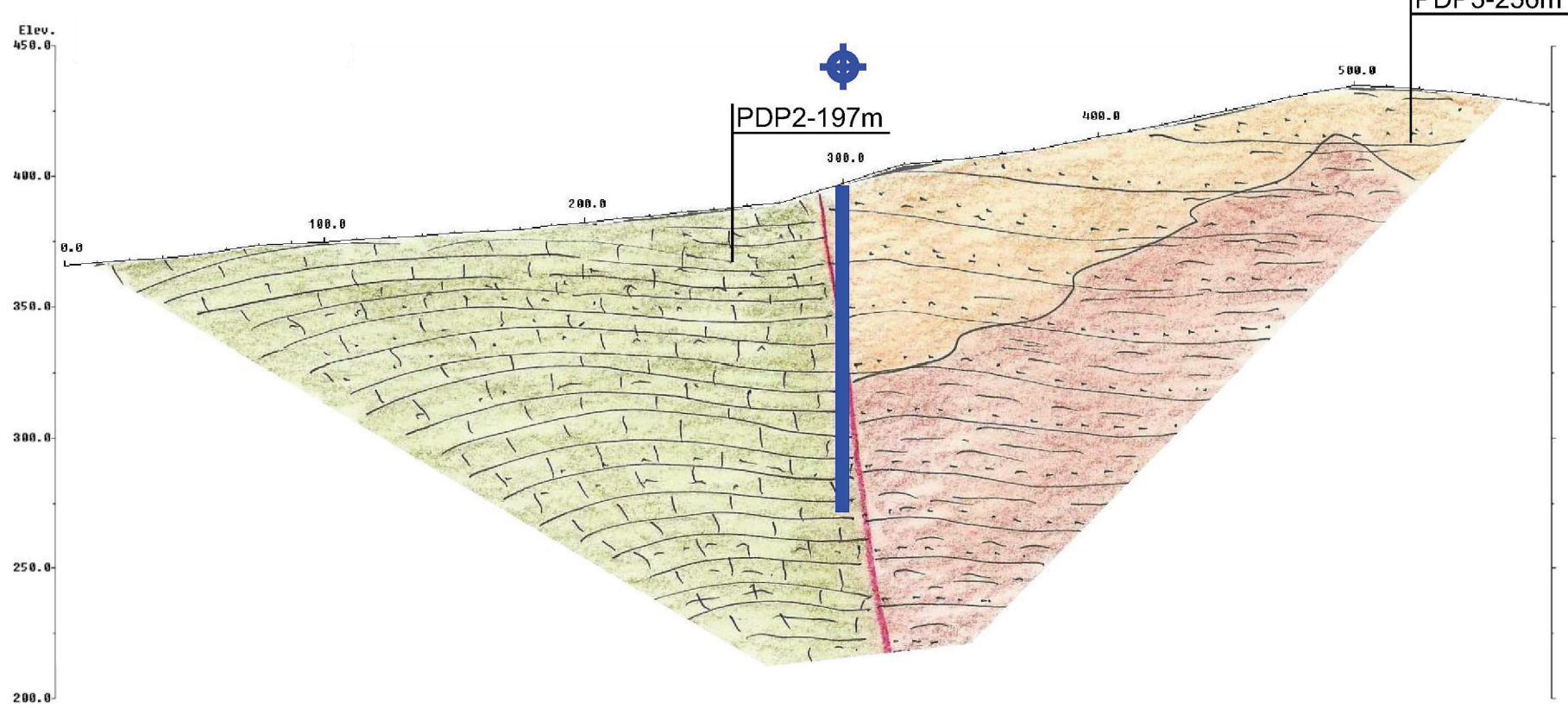
Tomografia e sezione interpretativa del profilo PDP-1

scala 1:2500

TOMOGRAFIA GEOELETTRICA DEL PDP-1



SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PDP-1



Di seguito riportiamo i risultati analitici e la seguente interpretazione con la parametrizzazione della Vs30 (vedi fig. 3) del MASW.

GROSSMANN MASW

Modello medio

VS (m/s): 226, 312, 611, 906, 1317, 1266, 1268

Spessori (m): 0.30 , 0.40 , 4.60, 4.80, 5.10, 7.00, 7.80

Densità (gr/cm³): 1.87, 1.94, 2.11, 2.22, 2.29, 2.26, 2.34

Modulo di Taglio dinamico (MPa): 96, 189, 786, 1822, 3977, 3629, 3770

Tipo di analisi: onde di Rayleigh (componente verticale)

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 472, 621, 1236, 1977, 2669, 2374, 3299

Stima modulo di Poisson: 0.35, 0.33, 0.34, 0.37, 0.34, 0.30, 0.41

Vs30 (m/s): 961

2.3) Elaborazione stratigrafica

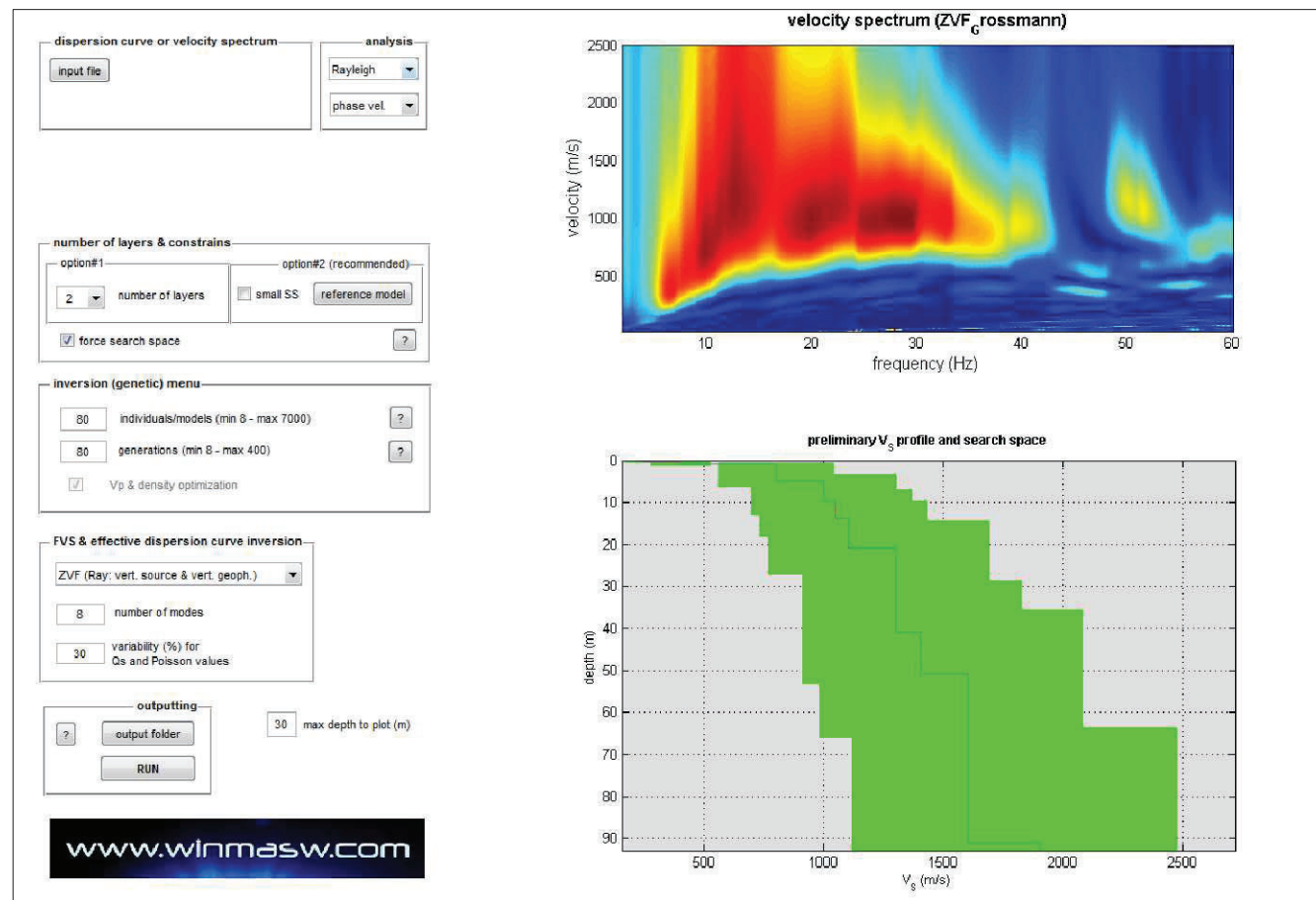
Le successioni sismostratigrafiche denotano alte velocità delle onde S a partire dai primi sismostrati di terreno.

In particolare si riconoscono in profondità Vs ben al di sopra dei 1000 m/sec: tale comportamento è tipico dei litotipi rocciosi.

L'indagine eseguita mostra un Vs30 caratteristico di suoli di Categoria A, anche se ad onor del vero, non risulterebbe completamente verificata la dicitura dei suoli di tipo A, in quanto superficialmente è presente uno spessore di terreno di poco superiore a 5 metri con Vs inferiore a 800 m/sec.

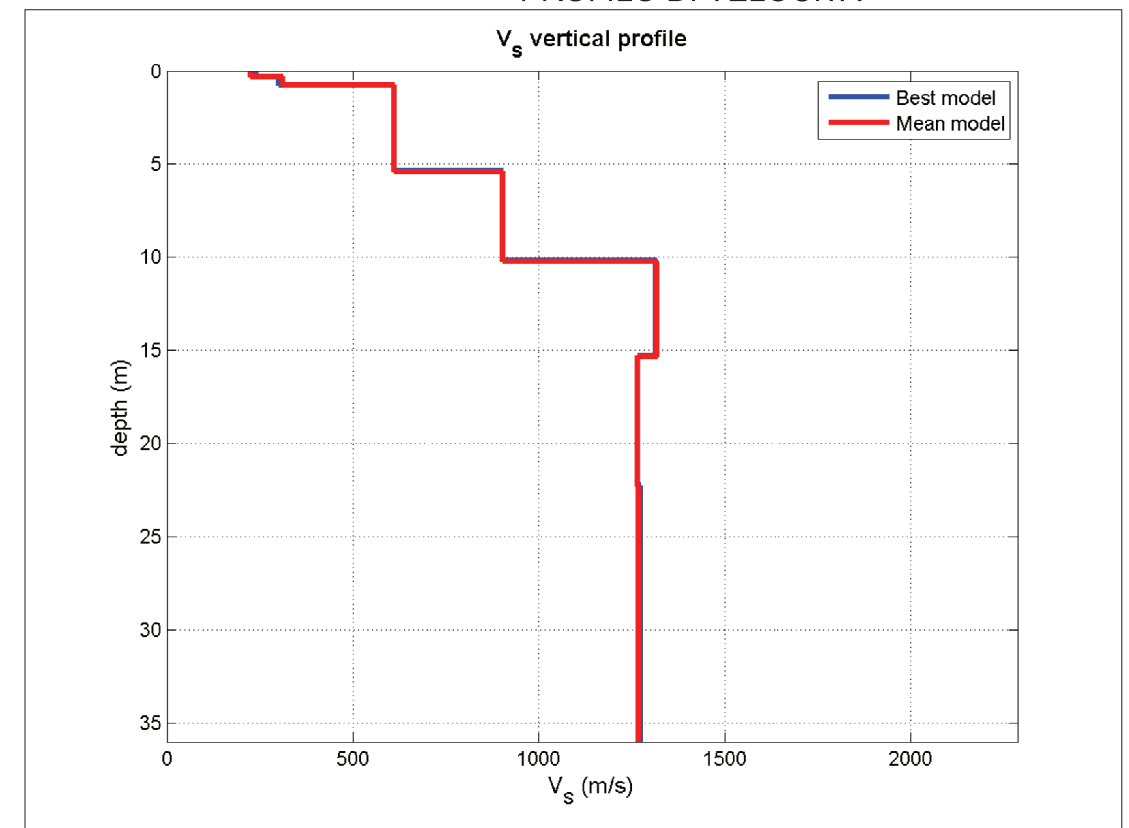
Ciò nonostante, sebbene la copertura sia leggermente superiore a 3 metri, data l'elevata velocità delle onde s anche nei primi metri, è possibile trascurare questo fenomeno.

SPETTRO DI VELOCITA'



Committente: Sig. Bruno Grossmann
Il Castellare di Brolio - Gaiole in Chianti (SI)

PROFILO DI VELOCITA'



SPETTRO DI VELOCITA' E CURVA DI DISPERSIONE

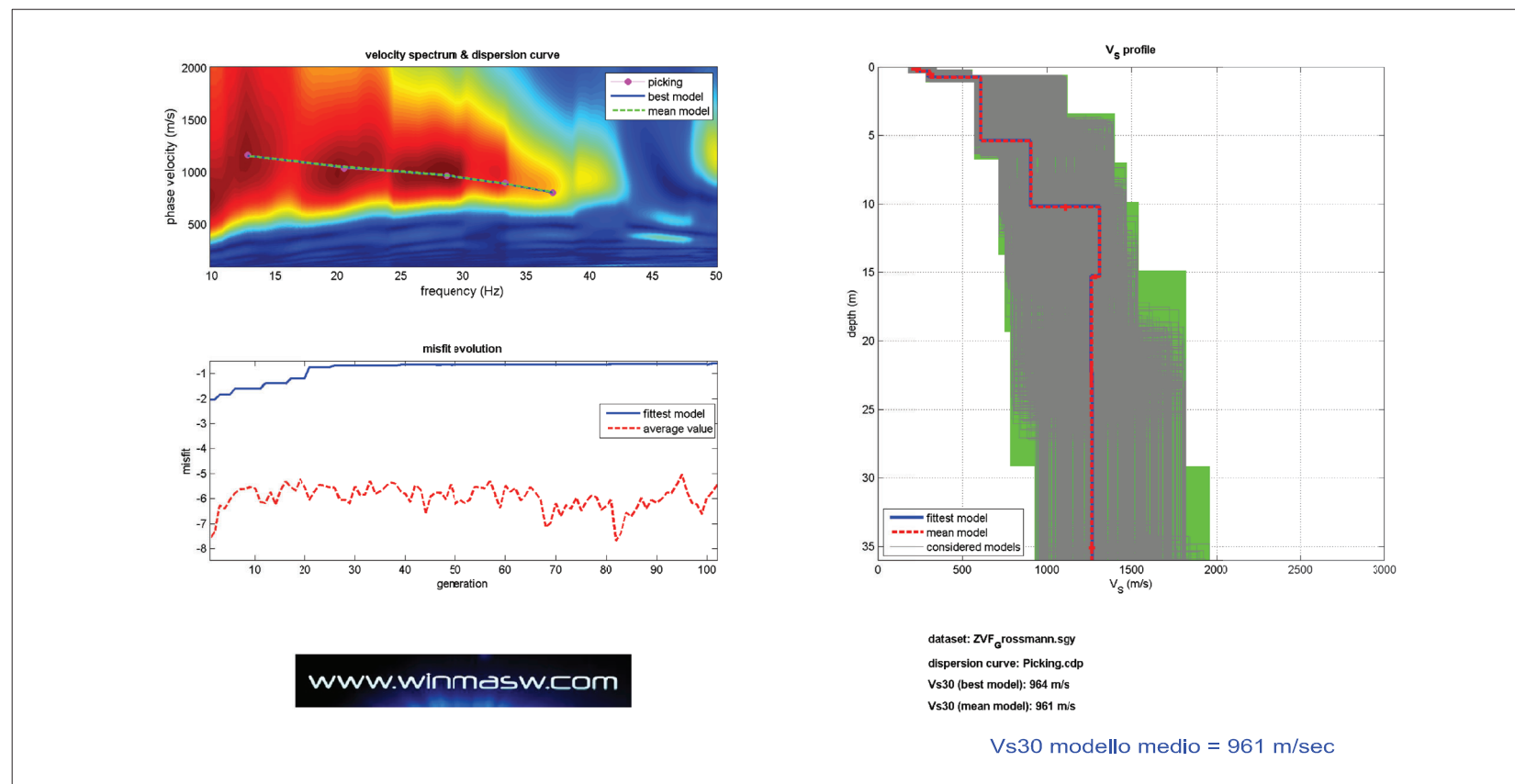


FIG. 3
RISULTANZE DELL'ANALISI SISMICA MASW

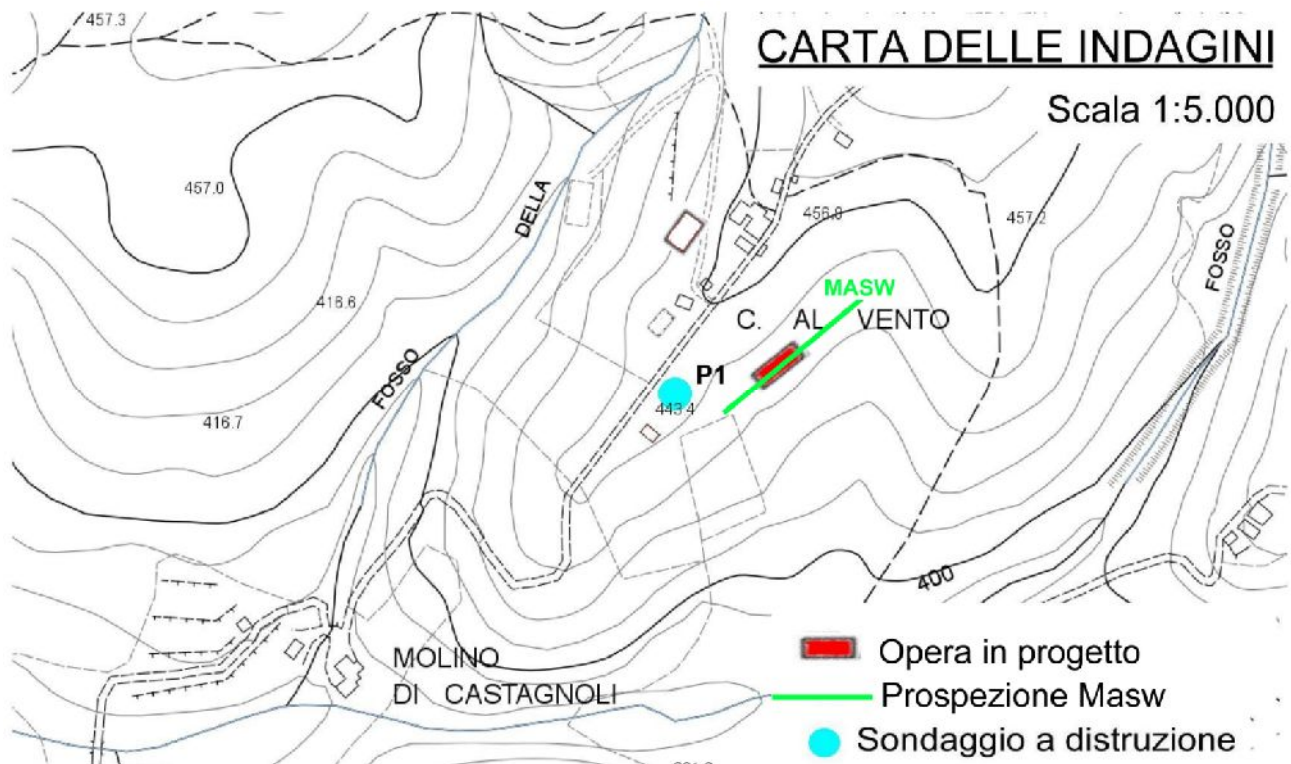
Pertanto il terreno viene classificato come **un suolo di CATEGORIA A** (Tabella 3.2.II delle NTC) corrispondente a “*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*” caratterizzati da valori di $V_{s, 30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Poggibonsi, 14.10.2015

Per Geologica Toscana Prospezioni Geofisiche s.n.c.

Dott. Geol. Andrea Castellani

A handwritten signature in black ink on a light-colored background. The signature reads "Andrea Castellani" in a cursive script, followed by a horizontal line.



- INDAGINE GEOFISICA

Presso l'area di intervento è stata eseguita un'indagine geofisica mediante **prospezione sismica MASW**. Questa, oltre alla ricostruzione della sequenza lito-stratigrafica di sottosuolo (determinazione dello spessore della copertura), ha permesso di ricostruire il profilo sismico di sottosuolo e di determinare la risposta sismica dei terreni oltre alla determinazione della Categoria di Suolo.

La prospezione sismica condotta sull'area ha rilevato la presenza del substrato rigido ($V_s > 800$ m/sec) alla profondità di circa 7,3 m dal p.c. (circa 6,0 m al di sotto del piano di fondazione), pertanto, in accordo con le NTC/2018, si fornisce il valore della **V_s equivalente** riferito ai materiali di copertura.

Il valore della **$V_{s\text{equivalente}}$** rilevato con la prospezione Masw risulta pari a **486,81 m/sec**, la Categoria di Suolo da considerarsi è pertanto **B**.

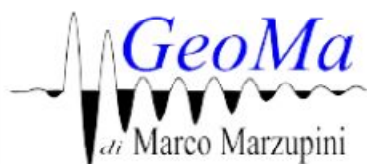
La prospezione ha individuato la presenza di almeno 5 sismo-strati caratterizzati da valori della V_s differenziati e progressivamente crescenti con la profondità indicando la presenza di materiali contraddistinti da grado di consistenza crescente:

Il profilo sismico ricostruito risulta composto dai seguenti sismo-strati :

- Sismo-strato 1 => da 0,0 a -2,1 m dal p.c. => $V_{s\text{media}} = 422$ m/sec
- Sismo-strato 2 => da -2,1 a -4,7 m dal p.c. => $V_{s\text{media}} = 417$ m/sec
- Sismo-strato 3 => da 4,7 a -6,3 m dal p.c. => $V_{s\text{media}} = 578$ m/sec
- Sismo-strato 4 => da 6,3 a -7,3 m dal p.c. => $V_{s\text{media}} = 751$ m/sec
- Sismo-strato 4 => da 7,3 a -30,0 m dal p.c. => $V_{s\text{media}} = 900$ m/sec

Di seguito il Report dell'indagine geofisica :

2021



www.Geoma.it

Cell: 328-7255608

Fax: +391782206474

Email: Marzupinimarco@gmail.com

Email Pec: Geoma.marzupini@pec.it

Skype: Geoma. Marzupini

Sede: Via Laparelli Pitti 10 Arezzo

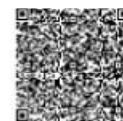
C.F. MRZMRC83B01A390P

P.IVA 03318000928

REPORT

M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

| | | | | | |
|------------------------|--------------------------|------------|----------------------|--------------|-------------------|
| LOCALITÀ: | GAIOLE IN CHIANTI | ID: | 361691322021M | DATA: | 03/02/2021 |
| COORDINATE SITO | | LAT | 43.450069 | LON | 11.453814 |



V 04.21

Geoma di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 03318000928

1

Indice generale

| | |
|--|---|
| PREMESSA..... | 3 |
| TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH..... | 5 |
| ONDE DI RAYLEIGH..... | 5 |
| ONDE DI LOVE..... | 5 |
| PRIMA FASE..... | 6 |
| SECONDA FASE..... | 6 |
| CONCLUSIONI MASW..... | 8 |



PREMESSA

In località *Gaiole in Chianti* in data 03/02/2021 (Illustrazione 1) è stata eseguita una M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), avente come obiettivo la valutazione della velocità media di propagazione delle onde elastiche.



Illustrazione 1: Ubicazione dello stendimento (stendimento non in scala)



Figura 1: Ubicazione Google

TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Il M.A.S.W. è una tecnica d'indagine recente che sfrutta le onde superficiali di Rayleigh e Love (in questo studio verranno utilizzate solamente le prime). Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Le onde superficiali si creano quando il fronte d'onda nel terreno incontra una discontinuità fisica, la quale può essere sia la superficie terreno-atmosfera (il nostro caso), che il passaggio areato-consolidato (Thorne L & Wallace T.C, 1995,. *Modern Global Seismology*). Nella discontinuità la somma del moto delle onde riflesse e rifratte, dà origine alle onde superficiali.

ONDE DI RAYLEIGH

L'interazione delle onde P e SV sulla superficie libera dà origine alle onde di Rayleigh che si muovono con un movimento ellittico delle particelle nello strato superficiale avente un asse dell'ellisse parallelo alla direzione dell'onda e l'altro ortogonale alla superficie libera.

ONDE DI LOVE

La riflessione totale delle onde SH dà origine alle onde di Love che si muovono con moto delle particelle, perpendicolare alla direzione di propagazione, ma polarizzato nel piano orizzontale.

Le onde superficiali, a differenza di quelle di volume (P ed S), hanno le seguenti proprietà:

Sono dispersive in mezzi non omogenei (perché variano la propria velocità a seconda della frequenza). La velocità di propagazione è lievemente più bassa rispetto alle onde S. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Love e Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Un'ulteriore proprietà importante è la diminuzione dell'ampiezza che diminuisce con radice quadrata della distanza dalla sorgente. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

MASW

L'analisi M.A.S.W. viene condotta in due fasi principali:

PRIMA FASE

La prima fase avviene in campagna con l'acquisizione multicanale dei segnali sismici, mediante il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l.

L'acquisizione viene effettuata mediante 24 geofoni verticali da 4,5 Hz distanziati di 2 m per una lunghezza totale dello stendimento di 46 metri. Le energizzazioni, eseguite mediante una mazza, vengono effettuate con offset (dal primo geofono) di -2 -4 -8 m e +2 +4.



Illustrazione 2: Stendimento

SECONDA FASE

La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software WinMASW 5,0 ACADEMY della EliaSoft. Il programma, dopo il calcolo dello spettro di velocità, richiede il picking della curva di dispersione che poi mediante inversioni e modellizzazioni permetterà la ricostruzione del profilo delle velocità delle onde s nel terreno. Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati, ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito. Qui di seguito vengono riportati i più importanti passaggi dell'elaborazione (Illustrazione 3):

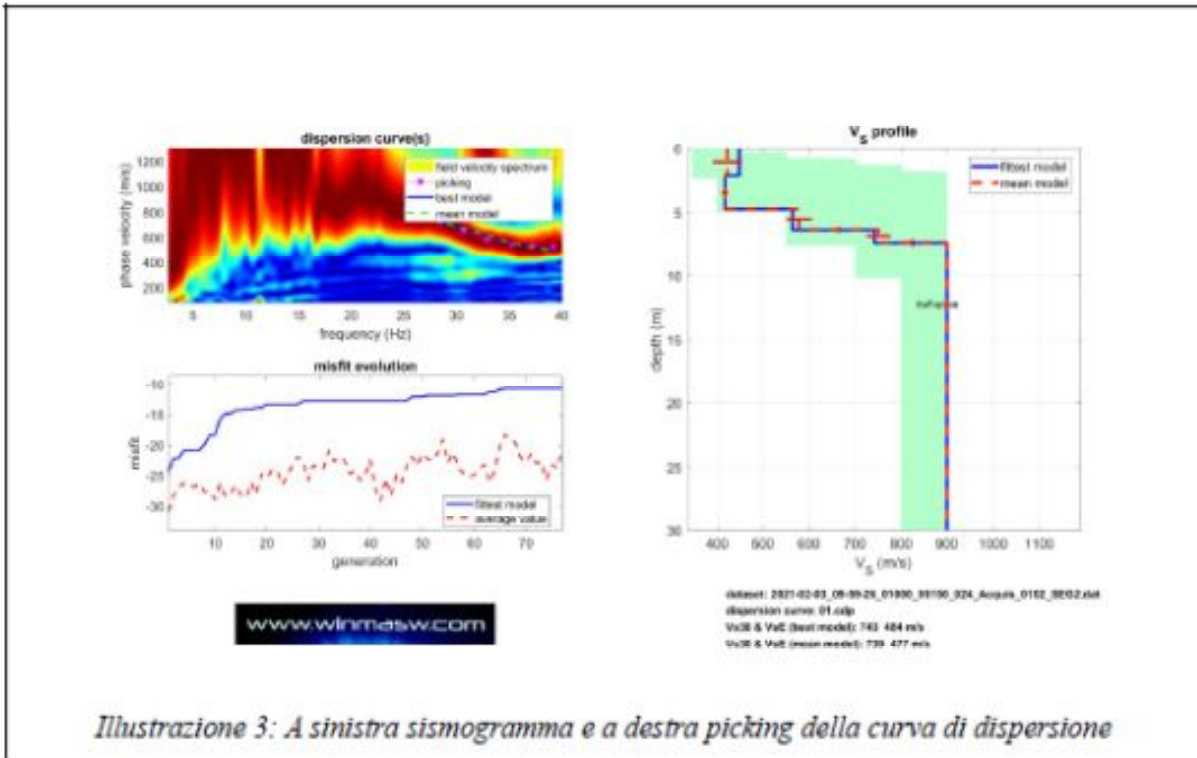


Illustrazione 3: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione

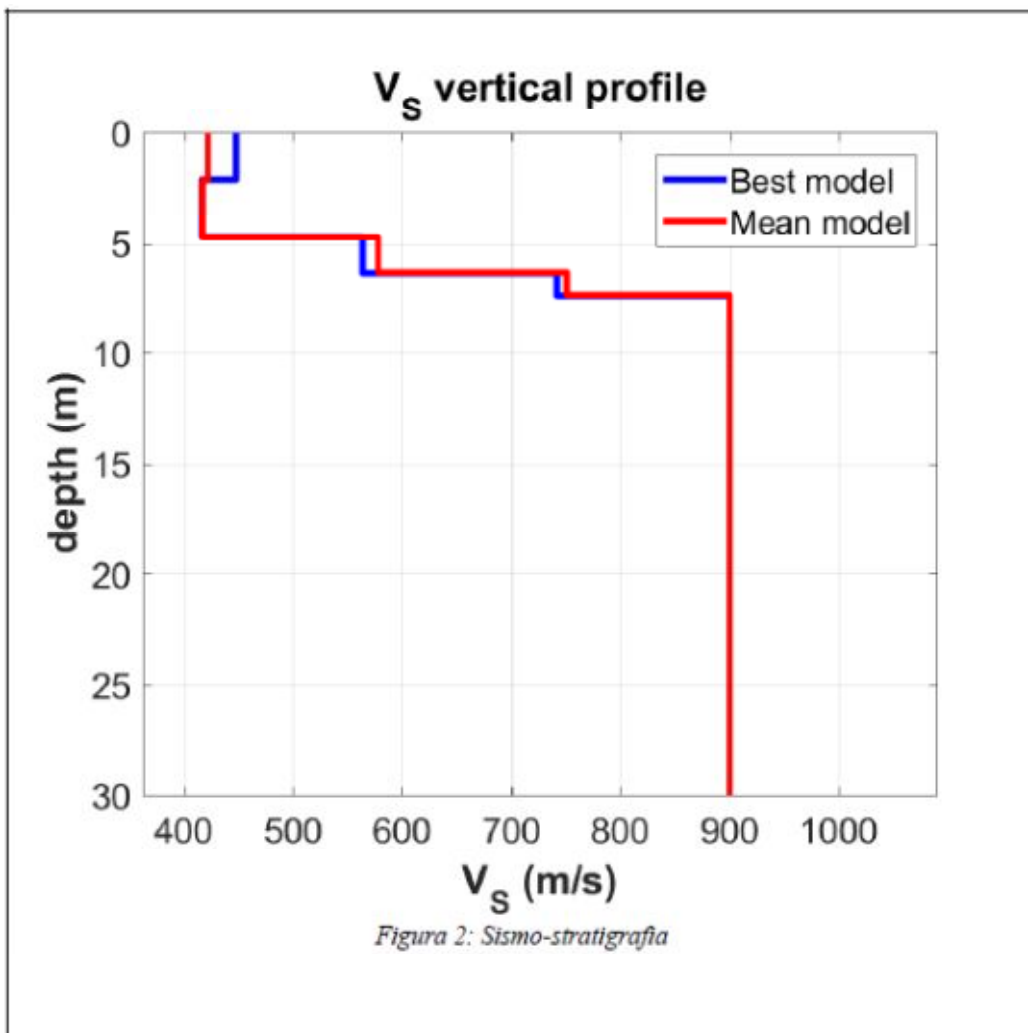


Figura 2: Sismo-stratigrafia

CONCLUSIONI MASW

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale.

- Un primo sismo strato con velocità 422 m/s e spessore di 2,1 m.
- Un secondo sismo strato con velocità 417 m/s e spessore di 2,6 m.
- Un terzo sismo strato con velocità 578 m/s e spessore di 1,6 m.
- Un quarto sismo strato con velocità 751 m/s e spessore di 1 m.
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia al di sotto dei 7,3 m una velocità delle onde di taglio (V_s) di 900 m/s fino alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi.

Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

| VS e PARAMETRI ELASTICI | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|----------------------|---|-------------------|-------------------------------------|--|
| Strato | V_s (m/s) | V_p (m/s) | Profondità livello campagna Rapporto (V_p/V_s) | 0 Spessore (m) | Profondità (m) dal liv comm da a | |
| 1 | 422 | 1166 | 2,76 | 2,1 | 0 | -1,1 |
| 2 | 417 | 1285 | 3,08 | 2,6 | -1,1 | -3,7 |
| 3 | 578 | 1647 | 2,85 | 1,6 | -3,7 | -5,3 |
| 4 | 751 | 2168 | 2,89 | 1 | -5,3 | -6,3 |
| 5 | 900 | 2696 | 3,00 | 22,7 | -6,3 | 30 |
| | | | | | | |
| Strato | Poisson ν | Densità (g/cm^3) | Shear G (kPa) | Bulk E_v (kPa) | Young E (kPa) | |
| 1 | 0,42 | 2,04 | 363291,36 | 2289105,76 | 1035114,95 | |
| 2 | 0,44 | 2,04 | 354733,56 | 2895520,92 | 1022446,97 | |
| 3 | 0,43 | 2,13 | 711598,92 | 4829058,61 | 2034846,66 | |
| 4 | 0,43 | 2,20 | 1240802,2 | 8686089,87 | 3553215,12 | |
| 5 | 0,44 | 2,25 | 1822500 | 13923936 | 5238926,15 | |
| | | | | | | |
| | Metri Copertura | 6,3 | | Fondazione | 1 | CATEGORIA B |
| 1 | 0,002607 | | | 1 | 0,003 | |
| 2 | 0,006235 | | | 2 | 0,006 | |
| 3 | 0,002768 | | | 3 | 0,003 | |
| 4 | 0,001332 | | | 4 | 0,001 | |
| 5 | 0,016333 | | | | | |
| | 0,04 | | | | 0,013 | |
| VS 30 (Se bed < 800 m/s) | | 0 | VS Equivalente (Se bed > 800 m/s) | | 486,81 | |
| | | | | | | Rapporto V_s substrato / V_s copertura (attenzione quando > 2.2) |
| | | | | | | 0 |

- INDAGINE GEOFISICA

Sull'area di edificazione è stata condotta un'indagine geofisica mediante sismica attiva a riflessione in onde S (**MASW**). Nel Report allegato è ampiamente descritta la metodologia di indagine ed i risultati ottenuti.


La prospezione sismica ha rilevato la presenza del substrato rigido ($V_s > 800$ m/sec) ad una profondità di -1,4 m dal p.c. attuale. Pertanto, in accordo con le NTC/2018, data la presenza di uno spessore inferiore a 3 m di materiali di copertura e dato che le strutture di fondazione saranno realizzate a profondità superiori direttamente su roccia in posto, si considera il valore della V_{S30} rilevato in situ che risulta pari a **1.225,86 m/sec**. La Categoria di Suolo è pertanto **A**.

Con la prospezione geofisica si è evidenziata la presenza di n.3 sismostrati distinti in base al valore della V_s :


- Sismostrato 1 : da 0,0 a -1,4 m dal p.c . => $V_s = 727$ m/sec
- Sismostrato 2 : da 1,4 a -14,4 m dal p.c. => $V_s = 1.024$ m/sec
- Sismostrato 3 : da 14,4 a -30,0 m dal p.c. => $V_s = 1.430$ m/sec

Di seguito il report dell'indagine geofisica :

2016



www.Geoma.it
 Cell: 328-725608
 Rix: +391782206474
 Email: Marzupini.marco@gmail.com
 Email: Feci.Geoma.marzupini@pec.it
 Skype: Geoma_Marzupini
 Sede: Via Brancolista 1E
 Monte San Savino 52048 (AR)
 C.F. MRZMR383B01A399P
 P.IVA 03318000928



REPORT

M.A.S.W.
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

| | | |
|-------------------|------------------|----------|
| LOCALITÀ: | ID: | DATA: |
| GAIOLE IN CHIANTI | 3695210716333M46 | 21/07/16 |

V.01.16

GeoMa di Marco Marzupini Cell: 328725608 P.Iva 03318000928

PREMESSA

In località *Gaiole in Chianti* in data 21/07/2016 (Illustrazione 1) è stata eseguita un'indagine M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), con obiettivo la valutazione della velocità media di propagazione delle onde elastiche.

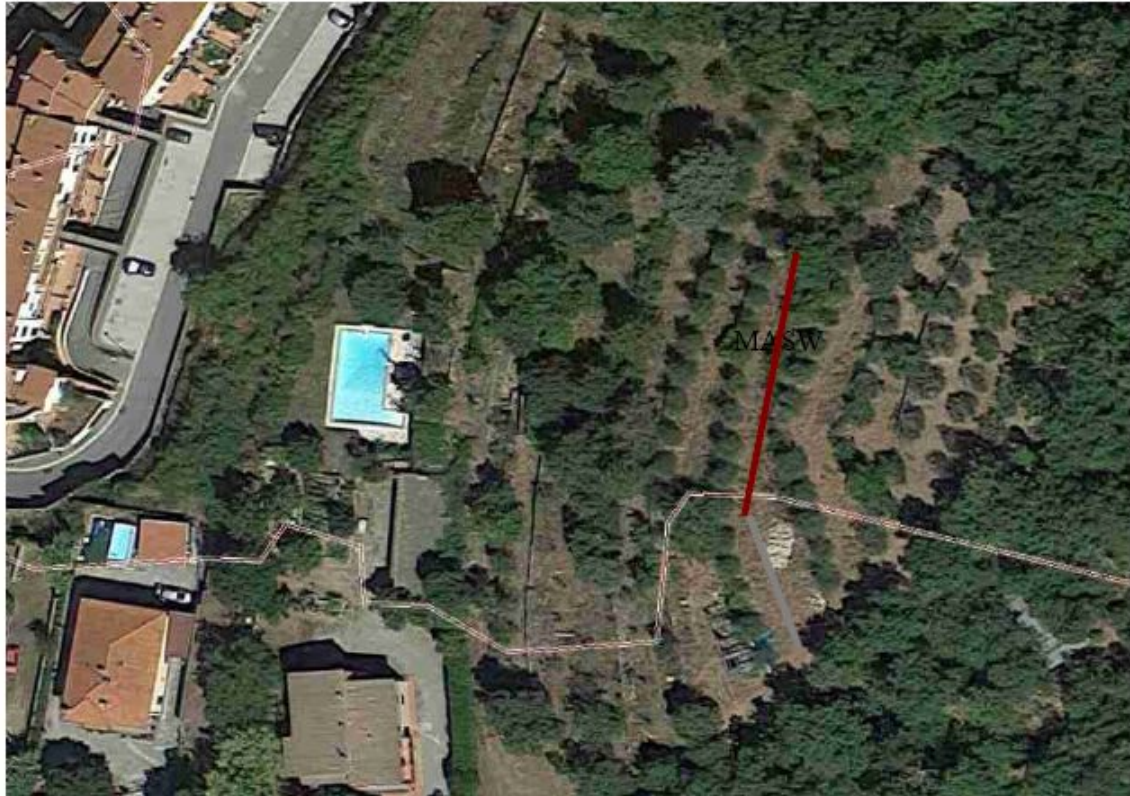


Illustrazione 1: Ubicazione dello stendimento (stendimento non in scala)

GEOMA di Marco Marzupini
Res. Fiera Via Branconeta 1/E
52048 Monte S. Savino (AR)
Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
C.F. MRZ MRC 8801 A390P - P.I. 03318000928

TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Il M.A.S.W. è una tecnica d'indagine recente che sfrutta le onde superficiali di Rayleigh e Love (in questo studio verranno utilizzate solamente le prime). Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Le onde superficiali si creano quando il fronte d'onda nel terreno incontra una discontinuità fisica, che può essere sia la superficie terreno-atmosfera (il nostro caso), sia il passaggio areato-consolidato (Thorne L & Wallace T.C, 1995,. *Modern Global Seismology*,). Nella discontinuità, la somma del moto delle onde riflesse e rifratte, dà origine alle onde superficiali.

ONDE DI RAYLEIGH

L'interazione delle onde P e SV sulla superficie libera dà origine alle onde di Rayleigh (Illustrazione 2) che si muovono con un movimento ellittico delle particelle nello strato superficiale avente un asse dell'ellisse parallelo alla direzione dell'onda e l'altro ortogonale alla superficie libera.

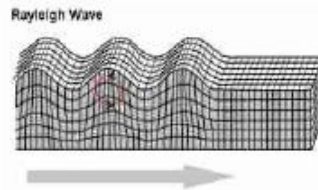


Illustrazione 2: Onde di Rayleigh

ONDE DI LOVE

La riflessione totale delle onde SH dà origine alle onde di Love (Illustrazione 3), che si muovono con moto delle particelle perpendicolare alla direzione di propagazione, ma polarizzato nel piano orizzontale.

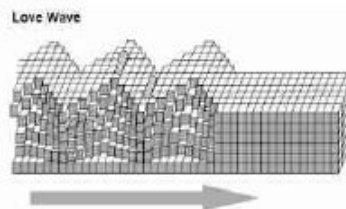


Illustrazione 3: Onde di Love

Le onde superficiali, a differenza di quelle di volume (P ed S), hanno le seguenti proprietà:

Sono dispersive in mezzi non omogenei (perché variano la propria velocità a seconda della frequenza). La velocità di propagazione è lievemente più bassa rispetto alle onde S. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Love e Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Un'ulteriore proprietà importante è la diminuzione dell'ampiezza che diminuisce con radice quadrata della distanza dalla sorgente. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

L'analisi M.A.S.W. viene condotta in due fasi principali:

PRIMA FASE

La prima fase avviene in campagna con l'acquisizione multicanale dei segnali sismici, mediante il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l.

L'acquisizione viene effettuata mediante 24 geofoni verticali da 4,5 Hz distanziati di 2 m per una lunghezza totale dello stendimento di 46 metri.

Le energizzazioni, eseguite mediante una mazza, vengono effettuate con offset (dal primo geofono) di -2 -4 -8 m e +2 +4 m. L'indagine geofisica viene eseguita sul livello di campagna, ma il valore della velocità verrà calcolato dalla quota delle fondazioni dell'infrastruttura che verrà posta a -2 m dal livello di campagna.

GEOMA di Marco Marzupini
Res. Fieschi, Via Beaulieu 1/E
52048 Montepulciano (AR)
Cell. 338-7255608 - marzupinimarc@gmail.com
C.F. MRZ MRC 88801 A390P - P.I. 03314900928



Illustrazione 4: Stendimento

SECONDA FASE

La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software WinMASW 5,0 ACADEMY della EliaSoft.

Il programma, dopo il calcolo dello spettro di velocità, richiede il picking della curva di dispersione che poi mediante inversioni e modellizzazioni permetterà la ricostruzione del profilo delle velocità delle onde s nel terreno.

Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati, ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito.

Qui di seguito vengono riportati i più importanti passaggi dell'elaborazione (Illustrazione 5 e Illustrazione 6):

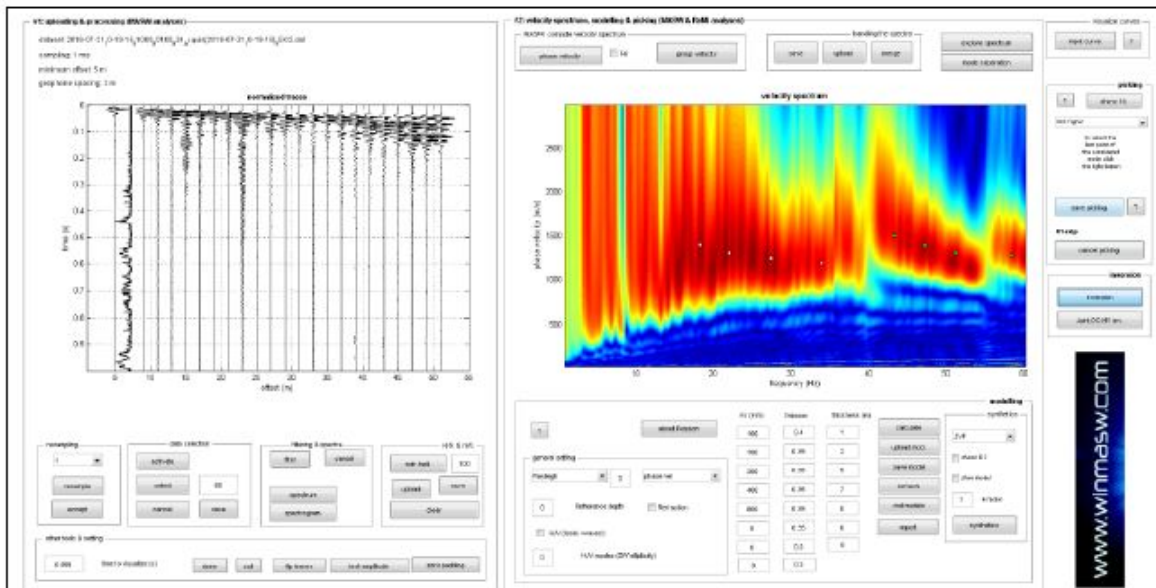


Illustrazione 5: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione

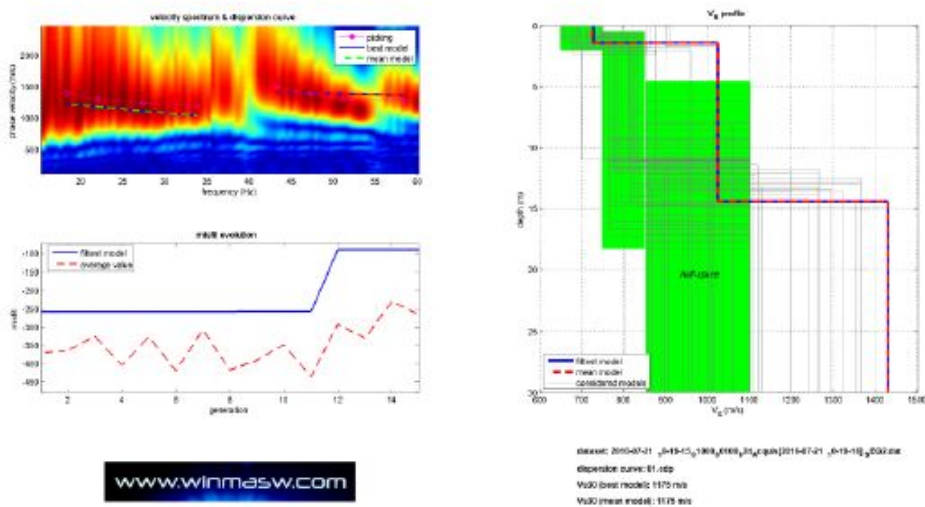


Illustrazione 6: Inversione della curva di dispersione

CONCLUSIONI

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale della VS

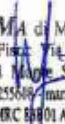
- Un primo sismo strato con velocità 218 m/se spessore di 0,2m
- Un secondo sismo strato con velocità 1024 m/se spessore di 12,6 m
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia al di sotto dei 12,6 m una velocità delle onde di taglio (Vs) che aumentano fino a circa 1430 m/s alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigramma

Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

| VS e PARAMETRI ELASTICI | | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-------|
| Profondità livello fondazione | | 2 | Profondità livello campagna | 0 | Profondità (m) liv fond | |
| Strato | Vs (m/s) | Vp (m/s) | Rapporto (Vp/Vs) | Spessore (m) | da | a |
| 1 | 727 | 1781 | 2,45 | 1,4 | 0 | 0 |
| 2 | 1024 | 2132 | 2,08 | 13 | 0 | -12,6 |
| 3 | 1430 | 2977 | 2,08 | 15,6 | -12,6 | -30 |

| Strato | Poisson v | Densità (g/cm ³) | Shear G (kPa) | Bulk Ev (kPa) | Young E (kPa) |
|--------|-----------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 0,4 | 2,19 | 1157478,51 | 5403289,91 | 3241008,75 |
| 2 | 0,35 | 2,24 | 2348810,24 | 7050002,77 | 6342108,99 |
| 3 | 0,35 | 2,32 | 4744168 | 14235509,95 | 12809524,08 |


GEOMA di Marco Marzupini
 Res. Piva Via Biancolaga 1/E
 52048 Monticchio S. Savino (AR)
 Cell. 338-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
 C.F. MRZ MRC 88801 A390P - P.I. 03314000928

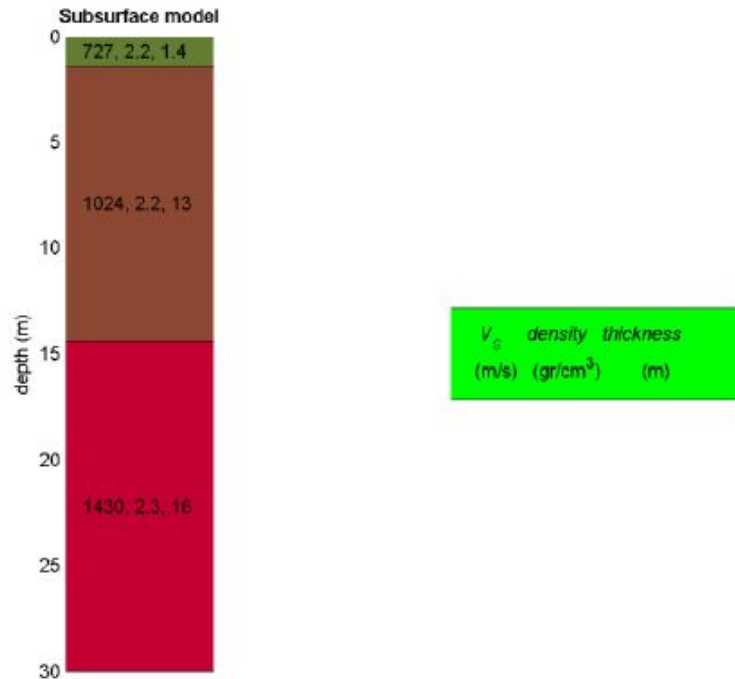


Illustrazione 7: Sismo-stratigramma dal livello fondazione

GEOMA di Marco Marzupini
 Res. Piva, Via Brancoleto 1/E
 52048 (Agnone S. Savino, AR)
 Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
 C.F. MRZMRC 58801 A390P - P.I. 03318000928

| | |
|-----------------|---|
| 21/07/16 | Dott. Marco Marzupini |
| | |
| | <i>Id 36935210716333M46</i> |
| <i>V 01.16</i> | <i>Geoma di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 03318000928</i> |
| | 8 |

1. INTRODUZIONE

In data 28.07.2014, per conto dello Studio di Geologia Associato Moschini-Mosconi, su richiesta del committente Sig. Marco Ricasoli Firidolfi, nel Comune di Gaiole in Chianti, in Loc. Monti, nell'area adiacente a quella di imposta di n.2 fabbricati e di prevista imposta di una piscina è stata eseguita:

- un'indagine di sismica a rifrazione in onde P elaborata in tecnica Tomografica;
- un'indagine MASW basata sugli arrivi delle onde superficiali.

Scopo dell'indagine era quello di avere un quadro geofisico conoscitivo dell'area, al fine di verificare lo spessore dei terreni superficiali più allentati e fornire, quindi, indicazioni sulla categoria di sottosuolo che compete all'area in esame. Queste indagini, di tipo geofisico, non hanno lo stesso dettaglio dei tradizionali sondaggi geognostici, tuttavia, risultano, rispetto queste ultime, più economiche e meno invasive poiché non è richiesta l'esecuzione di alcun foro. L'esplorazione geofisica, infatti, non misura direttamente i parametri geotecnici bensì evidenzia i contrasti esistenti tra grandezze fisiche del terreno. L'interpretazione viene successivamente eseguita in "soluzione inversa", ossia la causa è dedotta dagli effetti.

L'elaborazione dei dati per la velocità delle onde P è stata effettuata con la tecnica tomografica che ha permesso di ricostruire l'andamento delle varie discontinuità sismiche evidenziando una zona di alterazione ed allentamento. I risultati ottenuti con la presente indagine vengono descritti in questo rapporto ed illustrati nelle tavole allegate che consentono di delineare la situazione del sottosuolo lungo la sezione esplorata. Per quanto riguarda l'inquadramento geologico della zona di indagine si rimanda allo specifico rapporto redatto dallo Studio Geologico Associato Moschini-Mosconi.

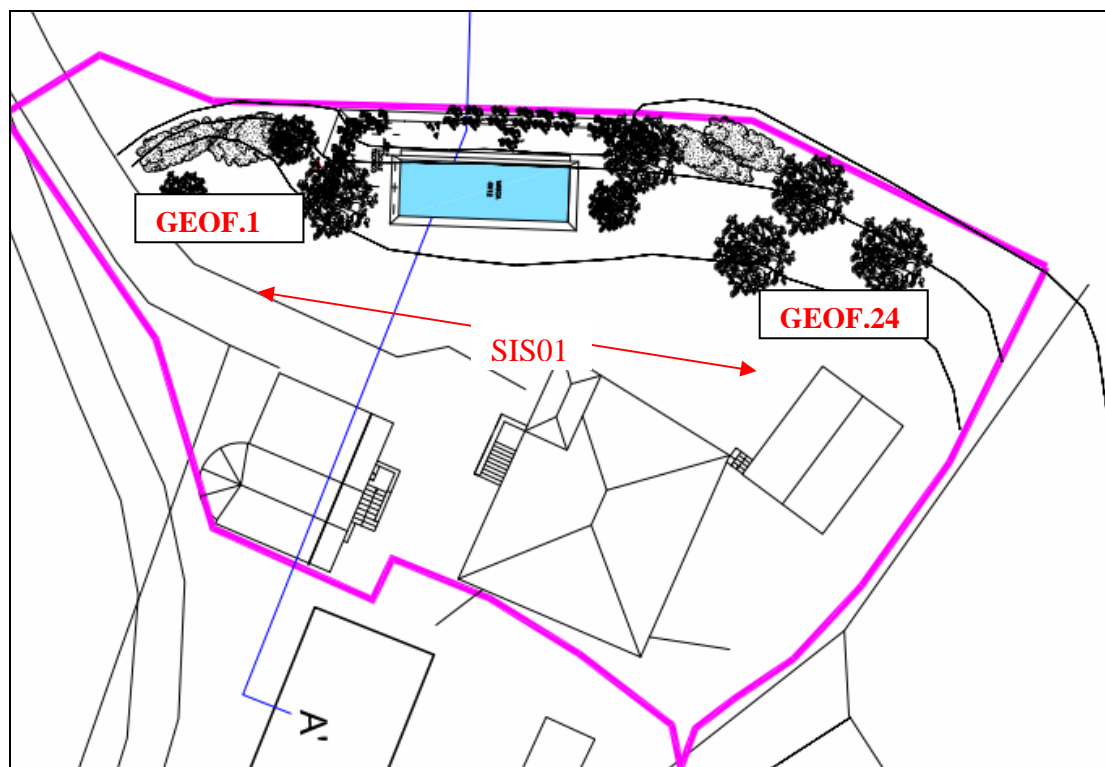


Fig. 1: ubicazione stesa

2. INDAGINE GEOFISICA DI SISMICA A RIFRAZIONE ELABORATA CON TECNICA TOMOGRAFICA

In adiacenza all'area di interesse è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica attiva a rifrazione.

I parametri della stesa sismica sono i seguenti:

- Energizzazione TOMOGRAFIA con mazza triggerata da 8 kg;
- Punti di battuta INSET TOMOGRAFIA, presso geofoni 1 ad $\frac{1}{2}$ della distanza intergeofonica, 3/4, 6/7, 9/10, 12/13, 15/16, 18/19, 21/22 e 24 ad $\frac{1}{2}$ della distanza intergeofonica, pari a 9 battute per ogni profilo sismico;
- Lunghezza stesa ml 46;
- Distanza intergeofonica pari a 2 m;
- Tempo di campionamento pari a 200 ms.

Lo stendimento, è stato ubicato secondo lo schema di seguito allegato.

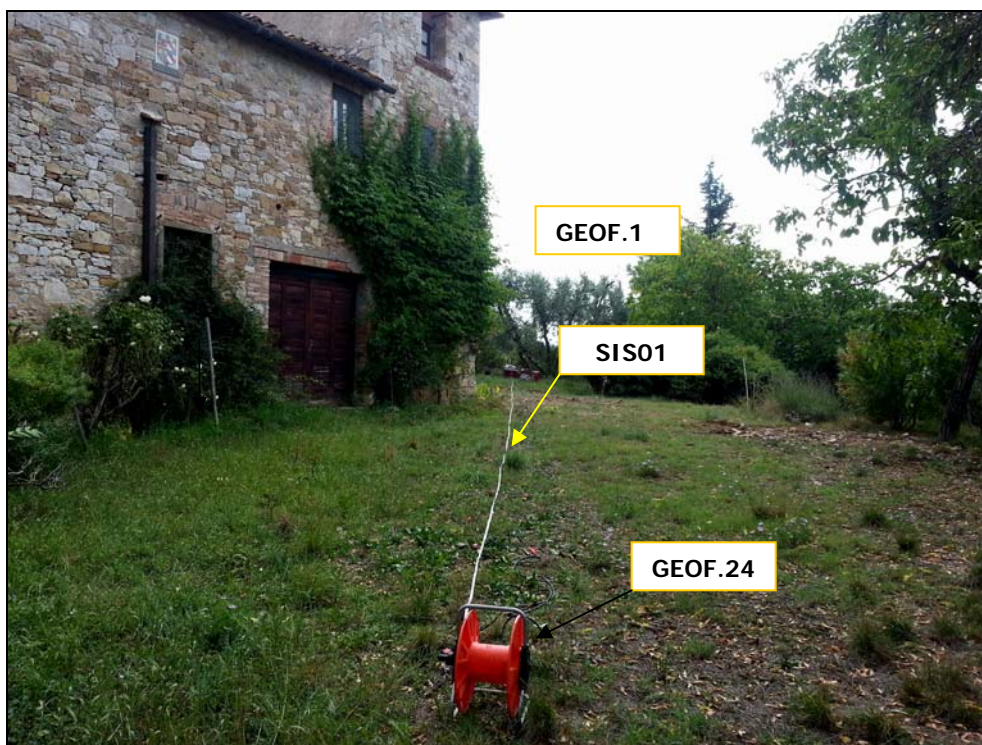


Fig. 2: ubicazione indagine sismica

A. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA

L'indagine sismica consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione di onde di volume (P) e in seguito, nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali.

- A. individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- B. ricostruzione delle relative dromocrone;
- C. interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- Sistema sorgente; - Sistema di ricezione; - Sistema di acquisizione dati; - Trigger.

Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione, es. grave in caduta libera. In alternativa, è possibile utilizzare un cannoncino a cartucce industriali o una mazza di 8 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.



Fig. 3: sorgente di energizzazione

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale per le onde P, con frequenza propria di circa 4.5 Hz.

Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il supporto specifico di cui sono dotati.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

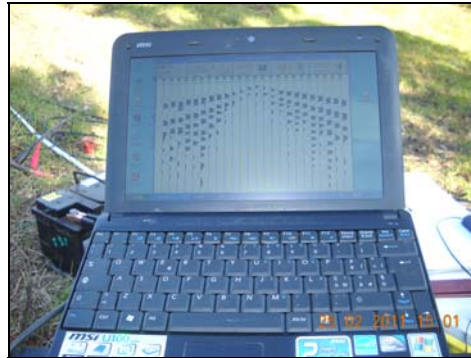


Fig. 4: sismografo Ambrogeo in fase di acquisizione

B. SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

C. INTERPRETAZIONE DEI PROFILI SISMICI

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso appositi softwares, consente di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di compressione. Inoltre è possibile eseguire un'elaborazione in tecnica Tomografica che consente una restituzione ad isolinee delle velocità nel sottosuolo.

Per l'inversione dei dati sismici acquisiti è stato utilizzato il software Rayfract ver. 3.12 che impiega le soluzioni Eiconali per il calcolo dei tempi di percorso e per la modellazione della diffrazione, la rifrazione e la trasmissione delle onde sismiche.

D. RISULTATI

0132, 20 WET iterations, RMS error 1.1 %, Release 3.16

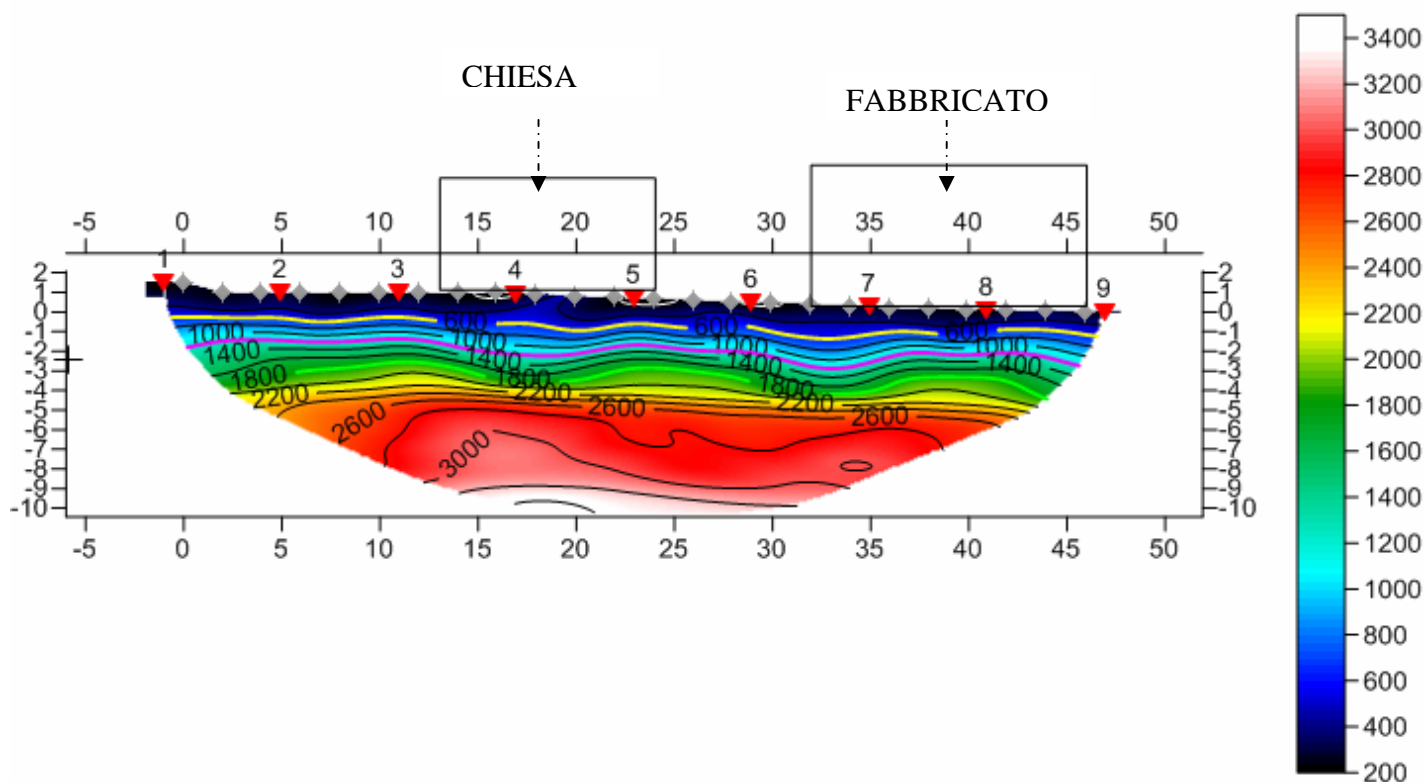


Fig. 5: tomografia sismica 2D – evidenza di concavità nell'andamento delle isolinee di velocità

La tomografia evidenzia le variazioni della velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche indicate da una apposita scala di colori che va da tonalità blu scuro per le basse velocità, a colorazioni azzurro, verde, giallo, arancio, rosso, bianco per velocità via via più elevate. Nel caso specifico si è adottata una scala che comprende i valori da 0 a 3.400 m/sec. L'esecuzione di indagini geognostiche di dettaglio, eseguite nel sito di interesse, consentirà di tarare gli esiti della presente campagna di indagine geofisica.

Nel complesso si assiste ad una variazione nella distribuzione della velocità delle onde P nel sottosuolo, spostandosi lungo la direzione dello stendimento e dal piano di campagna in profondità. Si nota altresì una certa concavità nell'andamento delle isolinee, tra i geofoni n. 9 e 20, a partire da una profondità di circa 6.50-7 m che potrebbe anche essere ricondotta ad una morfologia sepolta correlata all'evoluzione tettonica della zona. La isolinea 600 m/s demarca il passaggio da materiali allentati in posto e/o di riporto rispetto a quelli potenzialmente ascrivibili alla formazione in sito in stato di alterazione (da 600 a 1.200 m/s circa), poggiante a sua volta sulla formazione litica in posto, presumibilmente rinvenuta oltre la isolinea 1200 m/s. Presumibilmente in quanto la presenza di acqua entro questa profondità potrebbe indurre un innalzamento dei valori delle velocità sismiche delle onde P cui non sempre corrisponde un incremento oggettivo del grado di compattezza. Non avendo informazioni sulla quota di rinvenimento di saturazioni idriche in questo range di profondità la comparazione tra i valori delle V_p ed il grado di compattezza dei litotipi va

considerato incerto. Segue che l'indagine geofisica andrà tarata con le risultanze della campagna di indagine geotecnica per verificare l'effettivo spessore di terreno allentato presente nel sottosuolo dell'area di intervento.

La comparazione con le risultanze delle indagini masw che non risentono della presenza di acqua nel sottosuolo in modo così marcato, indica che sussiste una buona corrispondenza tra l'incremento ed i valori delle Vp evidenziati con l'indagine di sismica a rifrazione e quelli ricavati dalla masw avvalorando il dato che trattasi di una successione litostratigrafica nel complesso compatta. Più in dettaglio l'interpretazione della "masw 1-10 medio bis" in cui si analizza con maggiore dettaglio l'andamento delle VP e Vs negli orizzonti di terreno più superficiali, evidenzia la presenza di un sismostrato più allentato sino a circa 3.14 m, poggiante su di un sismostrato con Vs > 800 m/sec.

L'analisi delle risultanze dell'indagine "masw 1-10abis-2" incentrata su di una profondità maggiore e che quindi è meno dettagliata per gli strati più superficiali, indica che si assiste ad un incremento dei valori delle Vp con la profondità sino ad oltre 30 m di profondità dal p.c..

3. INDAGINE MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

A. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA

L'indagine MASW consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione di onde di volume (P) e, in seguito, nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale. L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può essere schematizzata nelle seguenti fasi fondamentali.

- A. analisi di Cross-Correlazione tra i segnali registrati ai diversi sensori
- B. analisi spettrale in tecnica F-K (frequenza-numero d'onda) e picking dei massimi di energia corrispondenti alle fasi superficiali.
- C. ricostruzione di una relazione tra velocità di fase e frequenza (curva di dispersione)
- D. inversione con metodo dei minimi quadrati della curva di dispersione con lo scopo di risalire al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

Scopo della tecnica MASW è la determinazione della curva dispersione delle onde superficiali, presenti nella componente verticale del campo di vibrazioni generato mediante energizzazione attiva (es. colpo di martello). La curva di dispersione permette, mediante appropriate procedure d'inversione, di risalire al profilo di velocità delle onde sismiche (essenzialmente delle fasi S) nel sottosuolo. Questo tipo di indagine sfrutta le proprietà dispersive delle onde superficiali, ovvero le varie componenti armoniche del segnale si

propagano a profondità e con velocità differenti in base alla lunghezza d'onda. Effettuando, dunque, un'analisi di cross-correlazione tra i segnali misurati ai diversi ricevitori e, successivamente, eseguendo un'analisi spettrale è possibile risalire ad una caratteristica curva che mette in relazione la velocità di fase

dell'onda superficiale con la frequenza (curva di dispersione). Il profilo di velocità Vs viene ricavato attraverso una procedura d'inversione ai minimi quadrati della curva di dispersione.

B. ELABORAZIONE DATI SISMICI

In corrispondenza di ciascun profilo sono state quindi acquisite numerose sessioni di registrazione, con controllo in tempo reale dei dati. Le registrazioni di scarsa qualità oppure quelle caratterizzate dalla presenza di rumore polarizzato sono state scartate.

Le sessioni di registrazione, in formato originario dta, vengono visualizzate in tempo reale in cantiere per una loro preliminare valutazione.

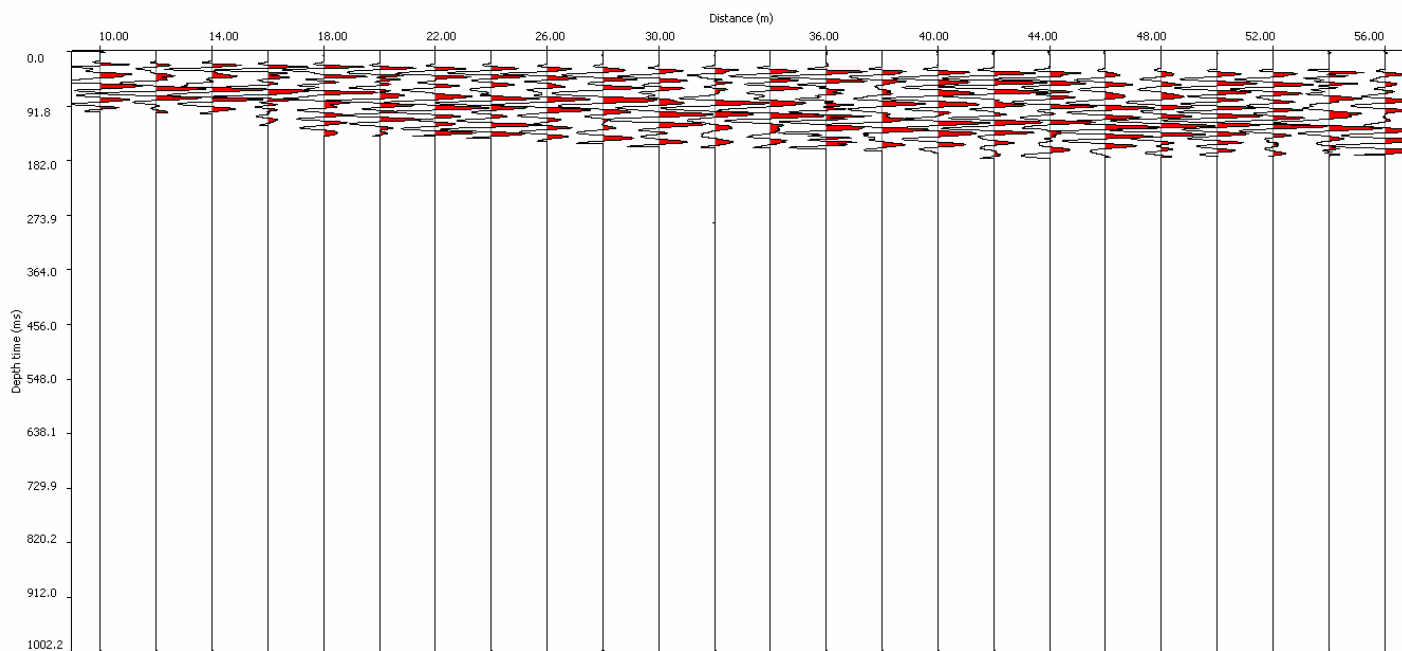


Fig. 6: sismogramma medio acquisizione MASW 1-10 a bis-2

In fase di acquisizione dei dati ciascuna sessione di registrazione è stata pre-elaborata per valutare contestualmente la qualità del dato registrato. Nel caso in cui il modo fondamentale delle onde di superficie non venga campionato correttamente risulta impossibile stimare la curva di dispersione e costruire il modello verticale di velocità delle Vs. I dati sono stati elaborati mediante il software commerciale "SWAN ver. 1.4" prodotto dalla GeoStudi Astier di Livorno.

Nella prima fase di elaborazione dei dati si inseriscono i parametri geometrici e si determina la frequenza massima da indagare, la velocità di fase minima di partenza ed il numero di vettori, al fine di ottenere lo spettro F-K.

La fase successiva consiste nella stima della curva di dispersione, e durante questa fase di elaborazione è opportuno selezionare esclusivamente le terne (frequenza, slowness, rapporto spettrale) con una buona coerenza ed intensità di segnale dello spettro di potenza. A parità di frequenza la velocità scelta è diversa a seconda della metodica di analisi MASW e ReMI, in quanto per il MASW deve essere quella coincidente con il picco massimo di intensità del segnale, mentre per il ReMI quella più bassa prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale.

I dati selezionati dall'immagine F-K vengono plottati su un diagramma nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile dall'interprete.

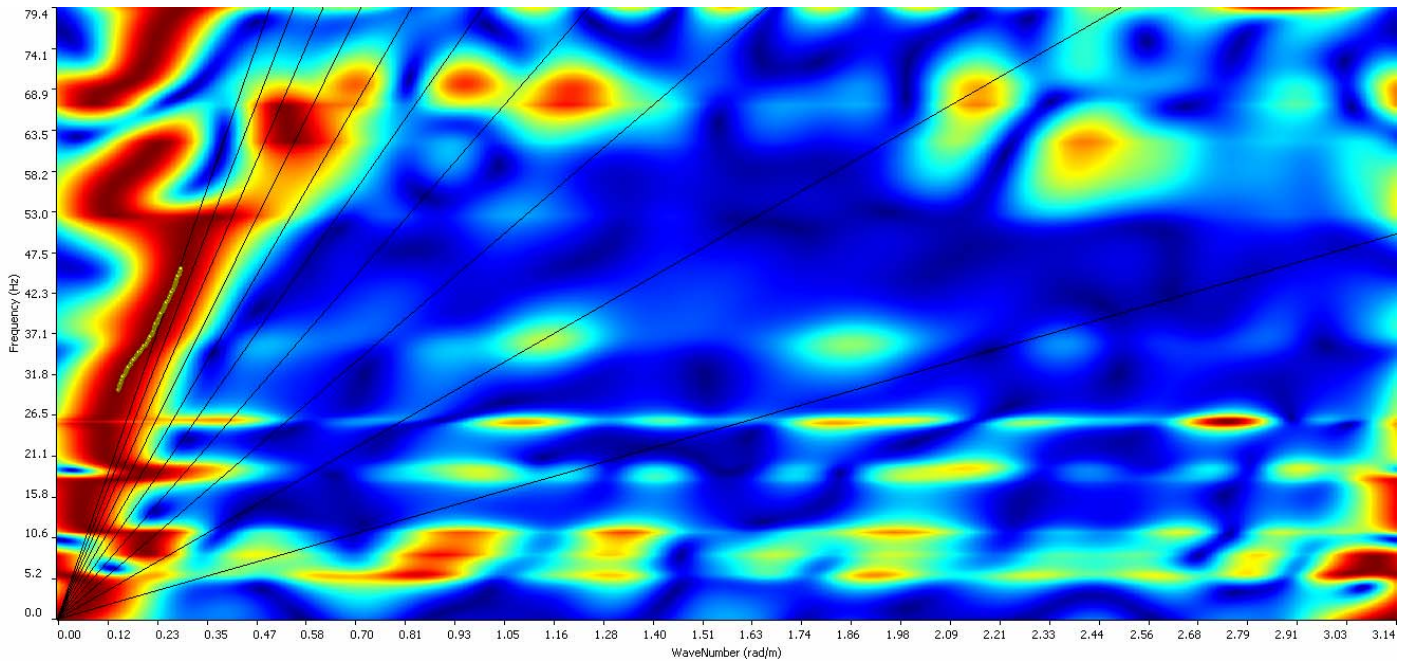


Fig. 7: SPETTRO F-K tecnica MASW 1-10 a bis - 2

Variando numero di strati, spessore e velocità di ciascuno strato del modello è possibile adattare la curva calcolata a quella sperimentale ottenuta mediante l'analisi spettrale.

Si tratta di un processo di modellazione diretta monodimensionale (simile alle tecniche impiegate per l'inversione dei SEV - Sondaggi Elettrici Verticali) la cui affidabilità dipende dalle capacità e dall'esperienza dell'analista e dalla possibilità di avere dei parametri di controllo e di taratura.

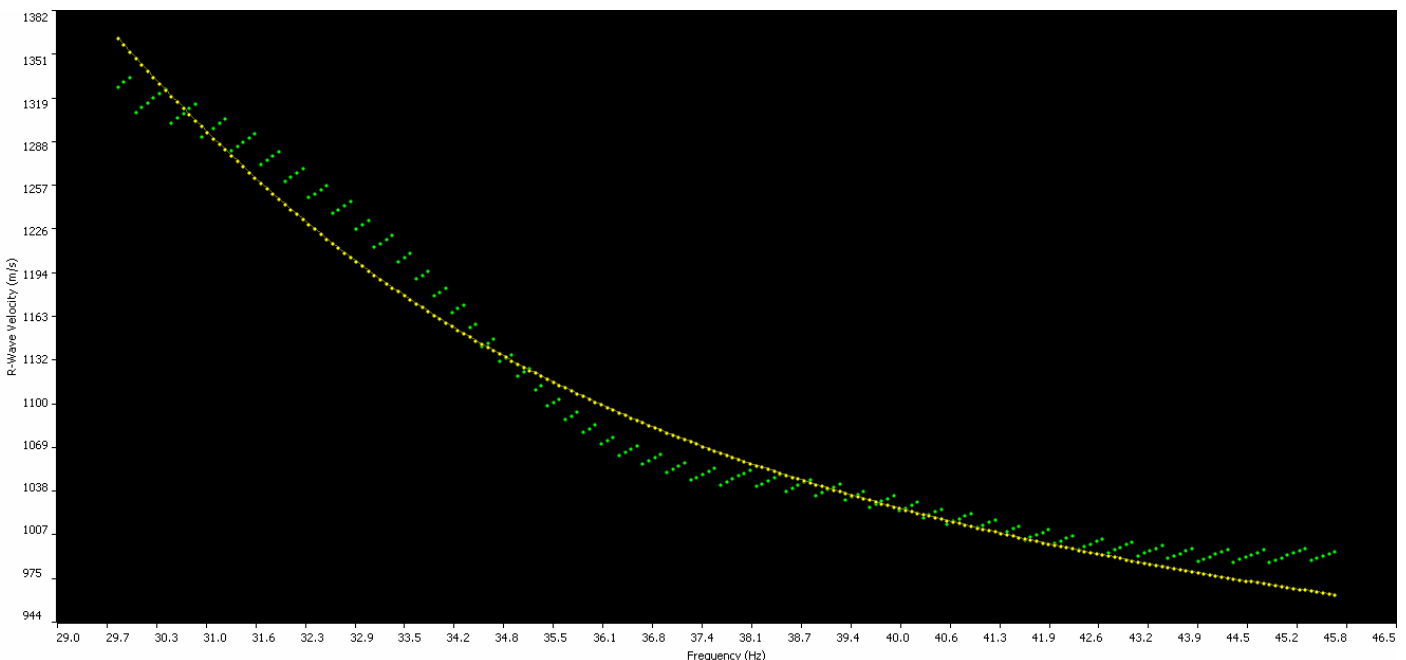


Fig. 8: confronto tra curva sperimentale (punti rosa) e curva teorica (punti blu) calcolata per il modello verticale di Vs riferito al MASW 1-10 a bis - 2

In questo tipo di approccio (modellazione diretta) sono insite delle ambiguità interpretative circa spessore e velocità dello strato nel senso che lo stesso risultato può essere ottenuto con diversi modelli valendo un principio di equivalenza. Il parametro determinabile univocamente è infatti rappresentato dal valore del prodotto di spessore e velocità. Ai fini della determinazione del parametro V_{S30} questo non rappresenta una limitazione infatti tale parametro rappresenta proprio la media della velocità delle onde di taglio sui primi 30 m di profondità ed è dato dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo per un totale di n strati presenti nei primi 30 metri di profondità. I risultati dei processi di inversione ed interpretazione, dei dati sismici acquisiti con la tecnica MASW hanno prodotto delle curve di velocità, simili a quella della figura seguente.

Per ogni stendimento MASW, sono stati analizzati i profili sismici ottenuti dalle battute dirette e reciproche e dal loro stacking ed ai fini di modellazione è stato utilizzato il profilo delle velocità che risulta avere il fit migliore.

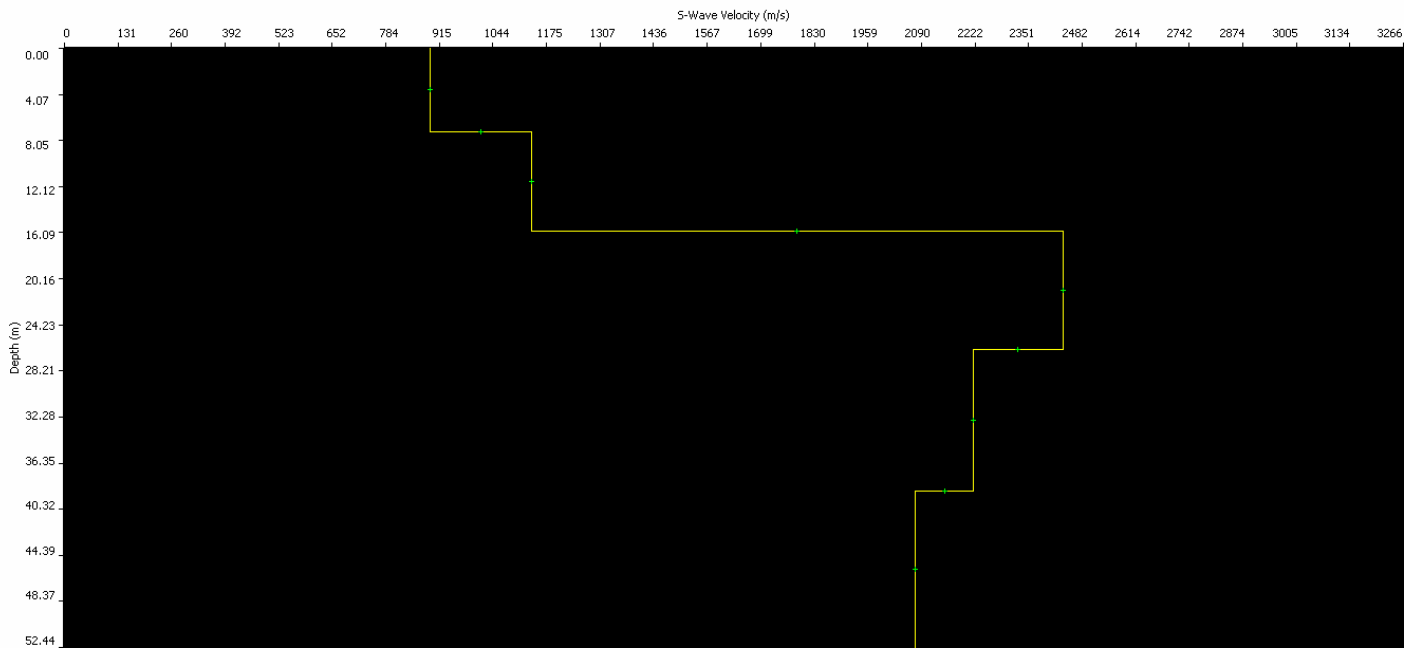


Fig.9 : profilo di velocità monodimensionale onde S stesa MASW 1-10 a bis-2

| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| Layer 1 | 7.29 | 0.00 | 893 | 1785 | 0.333 | 1.800 |
| Layer 2 | 8.69 | 7.29 | 1138 | 2274 | 0.333 | 1.800 |
| Layer 3 | 10.39 | 15.98 | 2435 | 4867 | 0.333 | 1.800 |
| Layer 4 | 12.39 | 26.38 | 2217 | 4430 | 0.333 | 1.800 |
| Layer 5 | INF | 38.76 | 2075 | 4147 | 0.333 | 1.800 |

Model:

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|----------|
| 7.293153 | 0.000000 | 893.000000 | 1785.000000 | 0.333000 | 1.800000 |
| 8.691840 | 7.293153 | 1138.000000 | 2274.000000 | 0.333000 | 1.800000 |
| 10.390245 | 15.984993 | 2435.000000 | 4867.000000 | 0.333000 | 1.800000 |
| 12.388370 | 26.375239 | 2217.000000 | 4430.000000 | 0.333000 | 1.800000 |
| | 38.763608 | 2075.000000 | 4147.000000 | 0.333000 | 1.800000 |

Data Error: 1.57

4. D.M. 14/01/2008 N.C.T. - CATEGORIE di PROFILO SISMICO-STRATIGRAFICO

I valori del parametro Vs calcolati permettono la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, come previsto dalla vigente normativa (DM 14/01/08 NTC) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Ai fini della definizione delle "categorie di sottosuolo" si definiscono le seguenti tipologie stratigrafiche:

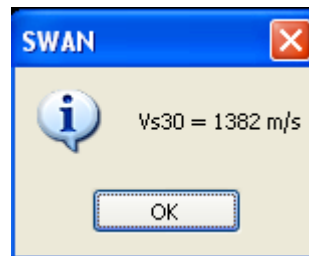
- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due:

- Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
- Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

In base ai risultati ottenuti dall'interpretazione dei profili di velocità con tecnica MASW, è stato determinato il valore numerico delle V_{s30} relativo alla diverse elaborazione di masw con il fit migliore.

| INDAGINE | AREA INDAGINE | Vs ₃₀ [m/s] | CATEGORIA SOTTOSUOLO |
|-----------------|---------------|------------------------|----------------------|
| MASW 1-10abis-2 | SIS - 1 | 1382 | A |



Tab.: RIEPILOGO CALCOLO Vs

Per ogni stendimento MASW, sono stati analizzati i profili sismici ottenuti dalle battute dirette e reciproche e dal loro stacking ed ai fini di modellazione è stato utilizzato il profilo delle velocità che risulta avere il fit migliore. Per tutti i sismogrammi analizzati, è stato generalmente possibile evidenziare un incremento delle velocità Vs e delle caratteristiche geomeccaniche, per spessori superiori a 30 m e da valori della velocità Vs30 >800 m/s.

L'indagine masw 1-10 medio bis incentrata sulla successione sismostratigrafica più superficiale evidenzia la presenza di un sismostrato alterato ed allentato sino a 3.14 m circa.

| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| Layer 1 | 3.14 | 0.00 | 494 | 1123 | 0.380 | 1.900 |
| Layer 2 | 3.82 | 3.14 | 877 | 1993 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 3 | 4.67 | 6.96 | 1423 | 3235 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 4 | 5.68 | 11.62 | 1415 | 3216 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 17.31 | 1324 | 4391 | 0.450 | 2.000 |

Considerando la profondità di imposta dei fabbricati esistenti e quella della piscina in previsione detto spessore si riduce al di sotto dei 3 m e porta ancor più a far rientrare il sottosuolo nella categoria A.

Pertanto, l'analisi dell'andamento delle Vs con la profondità oltre i 30 m, porta a ritenere la successione sismostratigrafica riconducibile ad una **categoria di sottosuolo A**.

5. CONCLUSIONI

Le misure effettuate con tecnica sismica attiva MASW e Tomografica hanno consentito di ottenere delle informazioni sulla stratificazione acustico-elastica del sottosuolo ed in particolare hanno permesso di stimare il profilo verticale delle onde di taglio (Vs) nei primi 30 m di profondità. I valori del parametro Vs30, determinati con l'elaborazione dei dati sismici MASW sono risultati superiori ad 800 m/s e portano a ritenere associabile la categoria A al sottosuolo dell'area in esame. E' inoltre risultato presente un orizzonte di terreno alterato spesso circa 3 m.

La tomografia evidenzia le variazioni della velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche indicate da una apposita scala di colori che va da tonalità blu scuro per le basse velocità, a colorazioni azzurro, verde, giallo, arancio, rosso, bianco per velocità via via più elevate.

Comparando le risultanze dell'indagine tomografica, con il profilo della sismica a rifrazione e del Masw si ottiene una buona comparazione tra i dati ottenuti con le diverse tecniche di indagine geofisica integrata.

Il Geologo

Dott. Geol. Stefania Mencacci



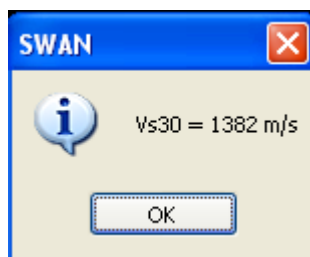
D.M. 17/01/2018 N.C.T. - CATEGORIE di PROFILO SISMICO-STRATIGRAFICO

I valori del parametro V_s calcolati portano alla definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, secondo il metodo semplificato previsto dalla vigente normativa (DM 17/01/18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

Per tutti i sismogrammi analizzati, è stato generalmente possibile evidenziare un incremento delle velocità V_s con la profondità nel complesso progressivo.

In base ai risultati ottenuti dall'interpretazione dei profili di velocità con la tecnica MASW è stato determinato il valore numerico delle onde di taglio V_s relativo alla diverse elaborazione con il fit migliore.

| INDAGINE | AREA INDAGINE | V_{s30} [m/s] | CATEGORIA SOTTOSUOLO |
|------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| MASW 1-10abis-2 | SIS - 1 | 1382 | A |



Tab.: RIEPILOGO CALCOLO V_s

Per ogni stendimento MASW, sono stati analizzati i profili sismici ottenuti dalle battute dirette e reciproche e dal loro stacking ed ai fini di modellazione è stato utilizzato il profilo delle velocità che risulta avere il fit migliore.

Per tutti i sismogrammi analizzati, è stato generalmente possibile evidenziare un incremento delle velocità V_s e delle caratteristiche geomeccaniche, per spessori superiori a 30 m e valori della velocità $V_s > 800$ m/s sin da profondità prossime al piano di campagna attuale.

L'indagine masw 1-10 medio bis incentrata sulla successione sismostratigrafica più superficiale evidenzia la presenza di un sismostrato alterato ed allentato sino a 3.14 m circa.

| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| Layer 1 | 3.14 | 0.00 | 494 | 1123 | 0.380 | 1.900 |
| Layer 2 | 3.82 | 3.14 | 877 | 1993 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 3 | 4.67 | 6.96 | 1423 | 3235 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 4 | 5.68 | 11.62 | 1415 | 3216 | 0.380 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 17.31 | 1324 | 4391 | 0.450 | 2.000 |

Considerando la profondità di imposta dei fabbricati esistenti e quella della piscina in previsione detto spessore si riduce al di sotto dei 3 m e porta a far rientrare il sottosuolo nella categoria A.

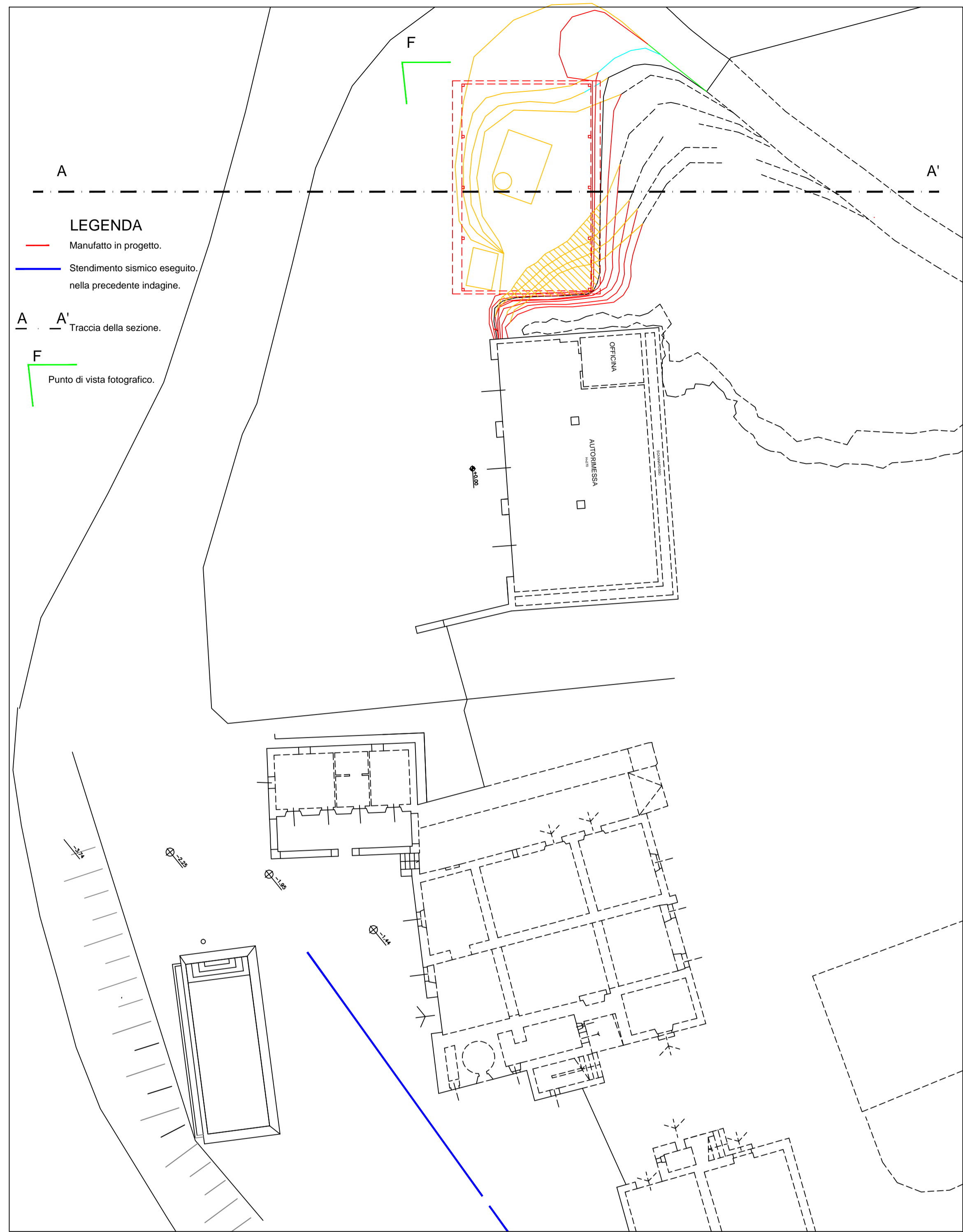
Pertanto, l'analisi dell'andamento delle Vs con la profondità, porta a ritenere la successione sismostratigrafica riconducibile ad una categoria di sottosuolo A.

Fermo restando la competenza della scelta della metodologia di stima della categoria di sottosuolo del progettista, ai sensi della nuova normativa in materia di costruzioni (vedasi § 3.2.2 e tabella 3.3.II) nel caso in cui venga scelto di adottare il metodo semplificato, al sottosuolo dell'area in esame è associabile una categoria di sottosuolo A.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

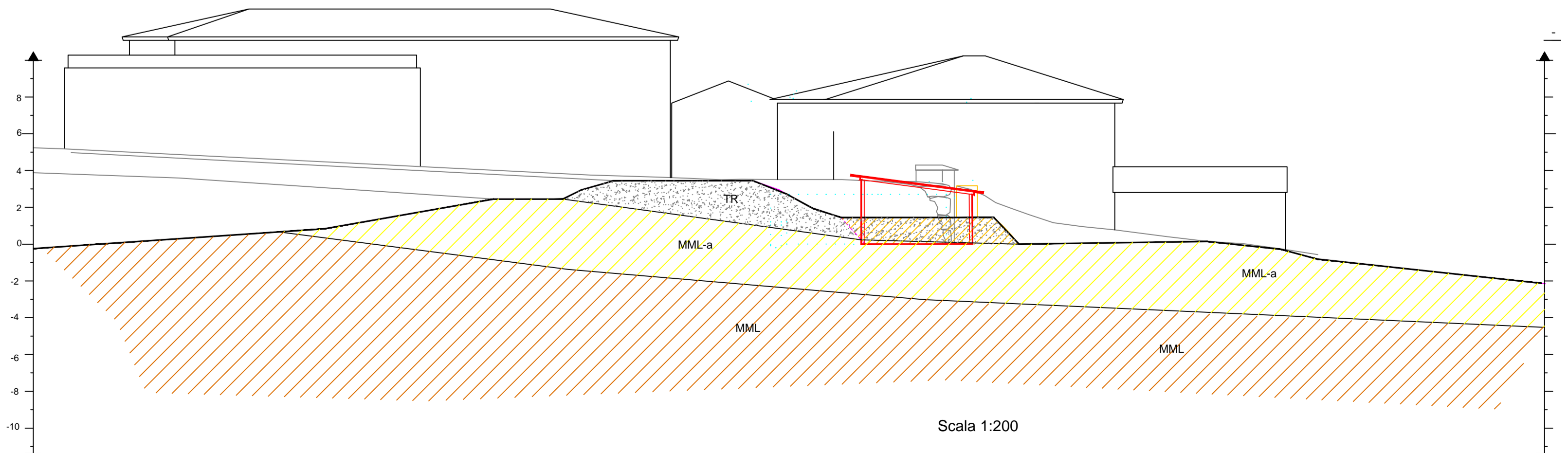
| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i> |
| B | <i>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.</i> |
| C | <i>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.</i> |
| D | <i>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.</i> |
| E | <i>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.</i> |

PLANIMETRIA UBICATIVA



- LEGENDA**
- Manufatto in progetto.
 - Stendimento sismico eseguito nella precedente indagine.
 - A - A' Traccia della sezione.
 - F Punto di vista fotografico.

SEZIONE A - A'

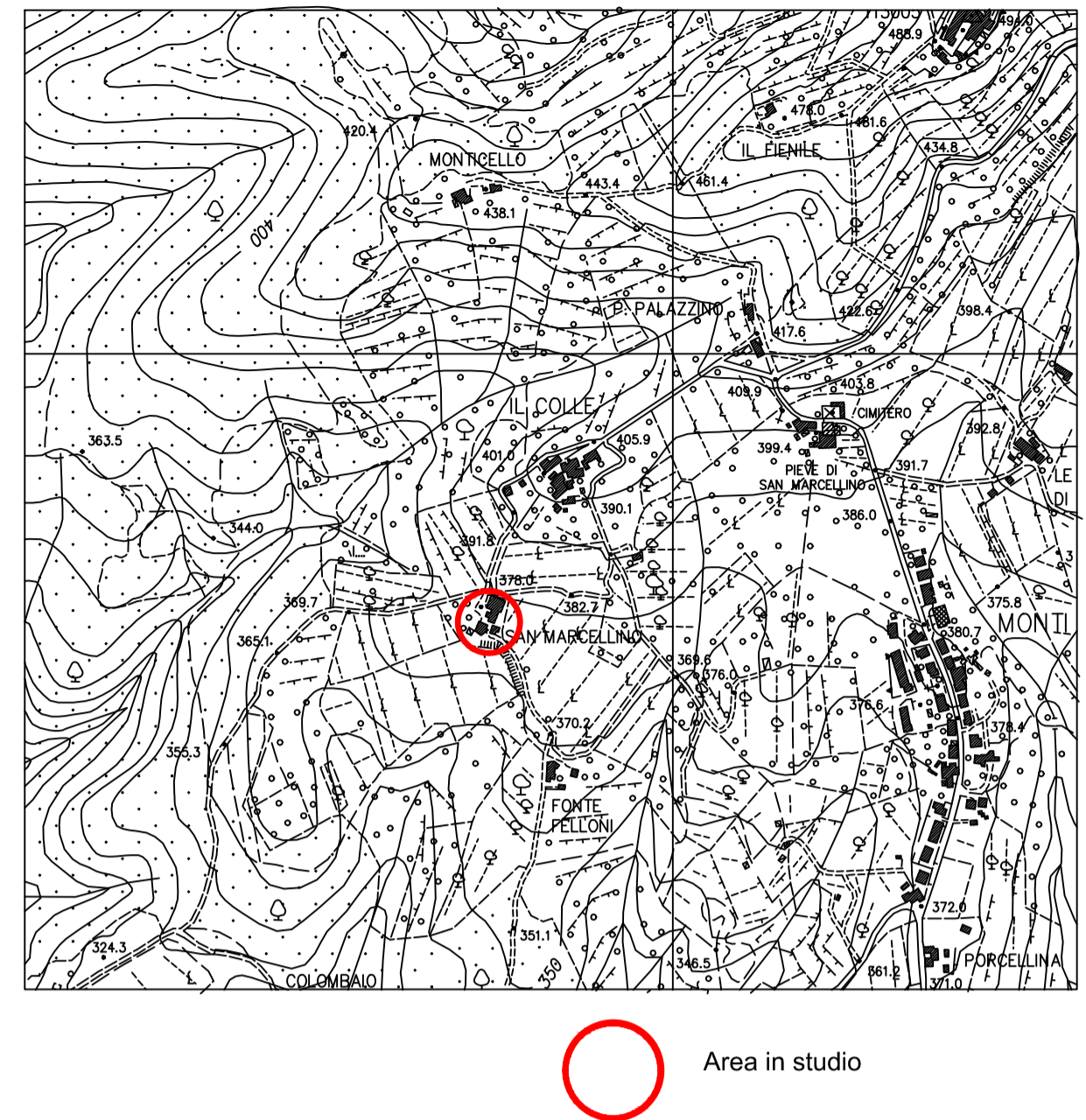


Scala 1:200

- LEGENDA**
- Manufatto in oggetto.
- litologia:**
- TR Terreno superficiale agrario con elementi di riporto.
 - MML-a Flysch in posto alterato costituito da terreno lapideo in matrice limoso argillosa.
 - MML Flysch in posto compatto.

COROGRAFIA

Scala 1:10.000

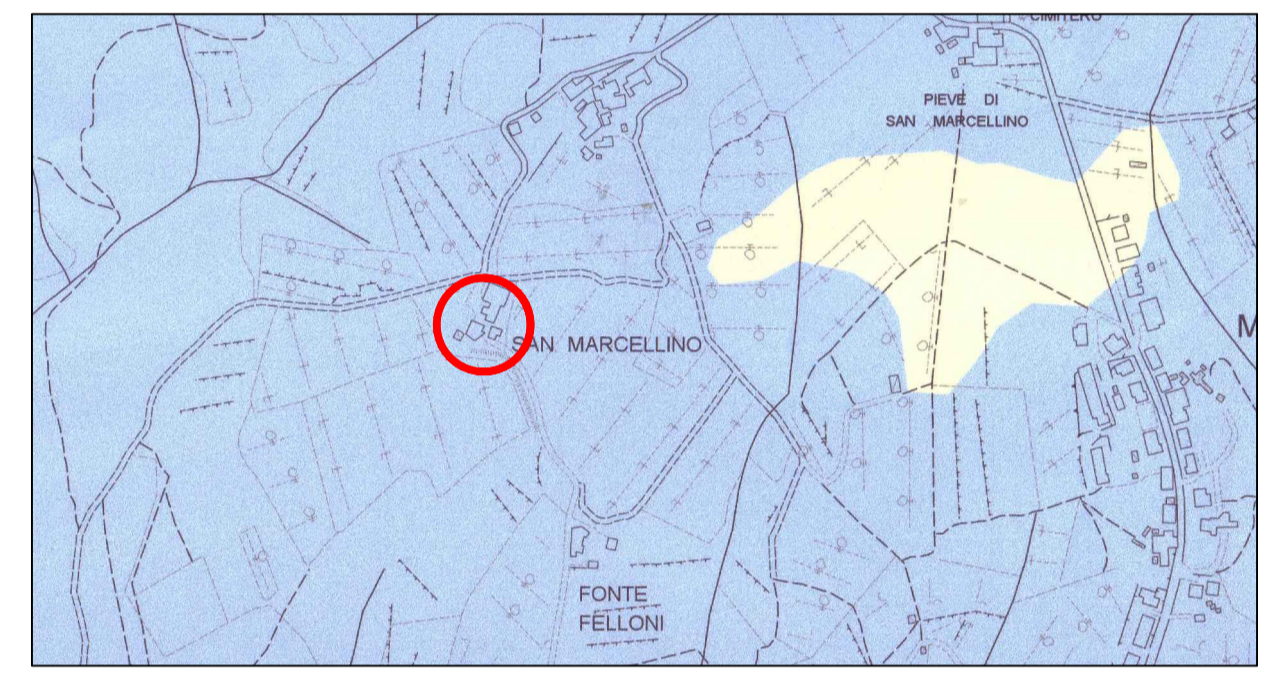


Area in studio

AREA DI INTERVENTO

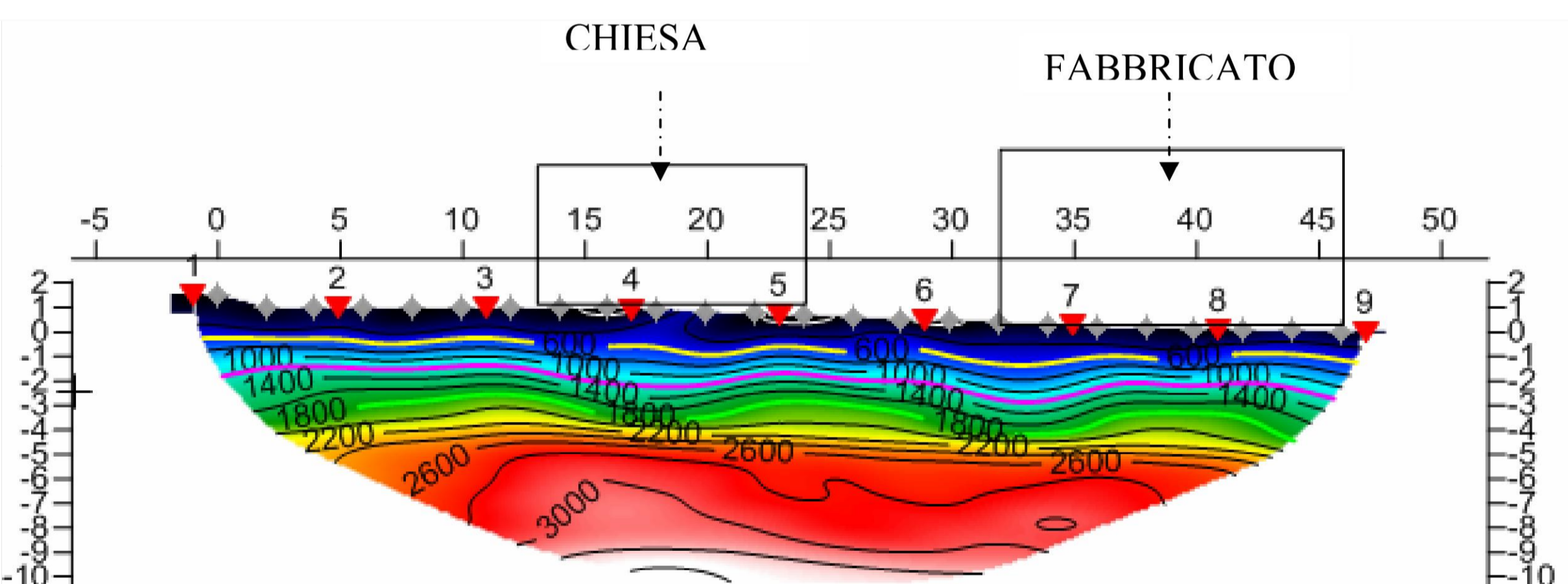


CARTA DELLA SENSIBILITA' DEGLI ACQUIFER ESTRATTA DA P.T.C.P.



Area sensibile di classe 2. Area non sensibile. Scala 1:10.000

TOMOGRAFIA SISMICA ESEGUITA PER UN INTERVENTO PRECEDENTE



COMUNE DI GAIOLE IN CHIANTI

RELAZIONE GEOLOGICA AI FINI DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI UN MANUFATTO PER IL RIMESSAGGIO DEI MEZZI MECCANICI CON IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER L'AZIENDA AGRICOLA ROCCA DI MONTEGROSSI

Proprietà
Marco Alessandro Ricasoli Firidolfi

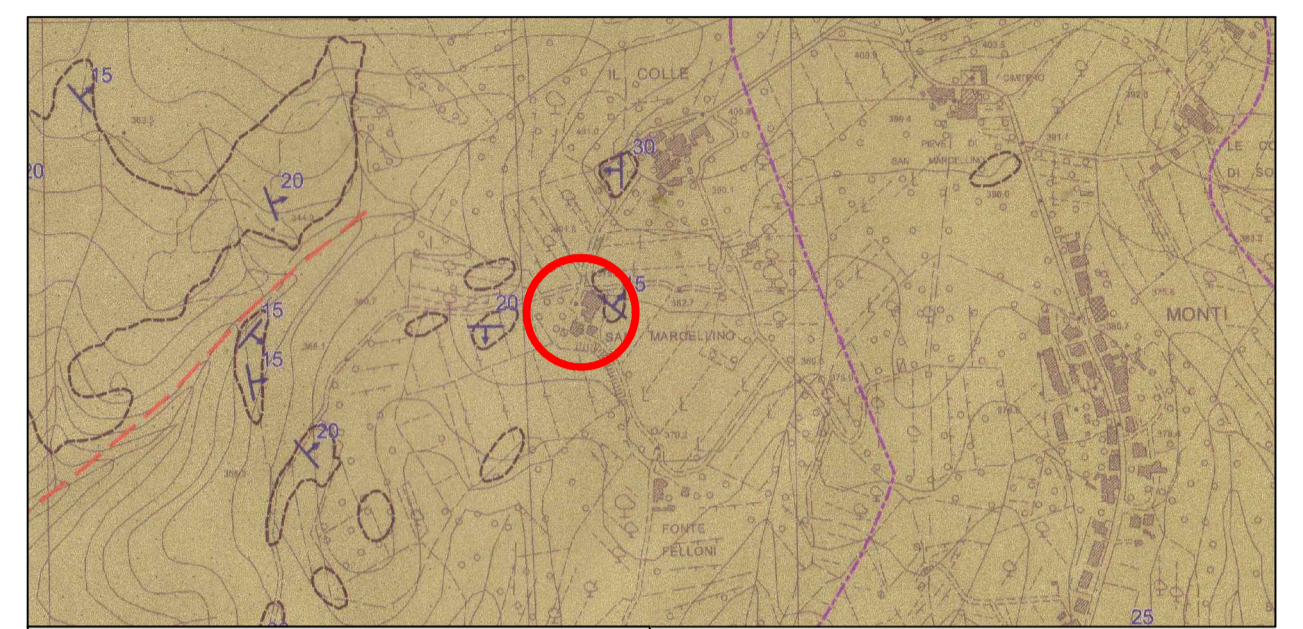
TAVOLA UNICA

PLANIMETRIA UBICATIVA, SEZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E TOMOGRAFICA INTERPRETATIVA, DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA

Studio di Geologia Associato
Moschini & Mosconi

Arch. 595 gennaio 2020

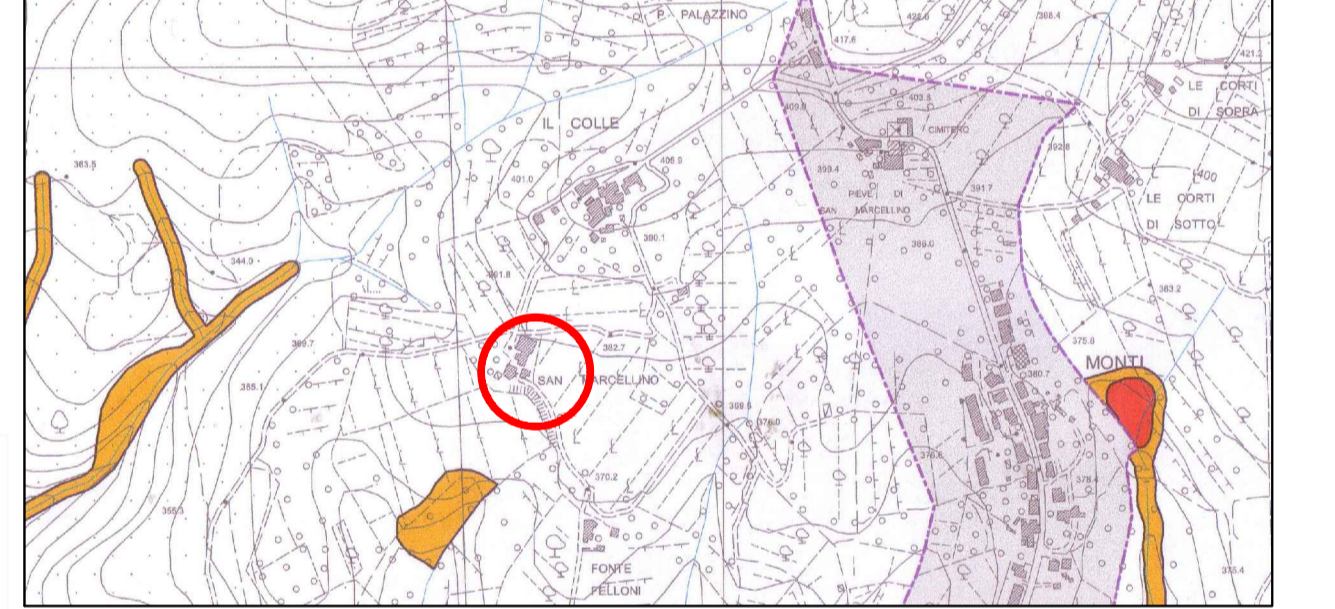
CARTA GEOLOGICA estratta da variante di manutenzione all R.U.



Scala 1:10.000

- DOMINIO LIGURE ESTERNO**
- SIL - Formazione di Sillano - S. Fiora
 - PTFb - Arenarie e siltiti
 - AVR - Argille varicolori
 - Unità di Monte Morello
 - MLL - Formazione di Monte Morello
- DOMINIO TOSCANO**
- Unità tettonica della falda toscana
- MAC - Macigno
 - MACa - Olistostromi di materiale ligure e subligure
 - MACb - Arenarie torbiditiche fini e siltiti grigio scure
 - STO4 - Membro delle Calcarenti di Dudda
 - STO3 - Membro delle Calcarenti di Montegrossi
 - STO2 - Membro delle Argilliti di Brolio
 - STO1 - Membro delle Marne del Sugame

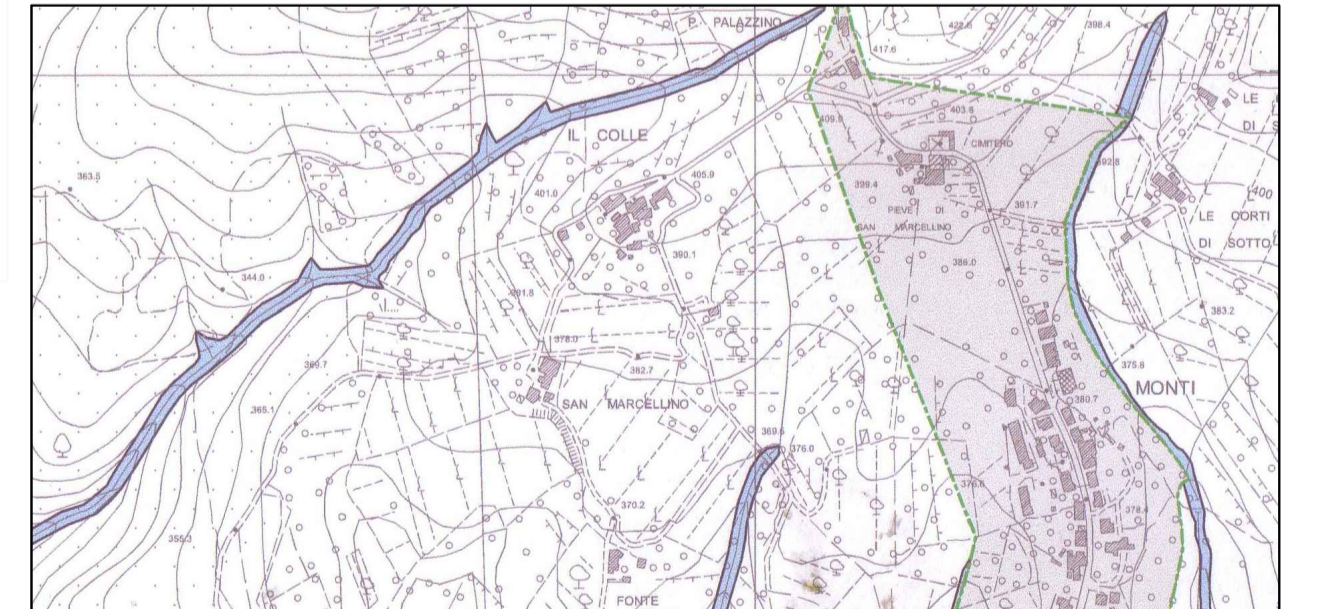
CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA estratta da variante di manutenzione al R.U.



Scala 1:10.000

- Legenda**
- PERICOLOSITA' GEOLOGICA AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R 2011
- PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA (G.2)
 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA (G.3)
 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA (G.4)
- LIMITI CARTOGRAFICI ED AMMINISTRATIVI
- Limite delle U.T.O.E. urbane
 - Confine comunale
 - Limite delle Autorità di Bacino

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA estratta da variante di manutenzione al R.U.



Scala 1:10.000

- Legenda**
- CLASSI DI PERICOLOSITA' AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R 2011
- Pericolosità idraulica bassa (I.1)
 - Pericolosità idraulica media (I.2)
 - Pericolosità idraulica elevata (I.3)
 - Pericolosità idraulica molto elevata (I.4)
- AREE ALLAGABILI DA STUDIO IDEEA 2005 (SCALA 1:10.000)
- Limite delle aree allagabili per $Tr \leq 30$ anni
 - Limite delle aree allagabili per $30 < Tr \leq 200$ anni
 - Limite delle aree allagabili per $200 < Tr \leq 500$ anni
- PERICOLOSITA' AI SENSI DEL PAI DEL FIUME ARNO
- P11: Aree a pericolosità moderata
 - P12: Aree a pericolosità media
 - P14: Aree a pericolosità molto elevata

Indagine Sismica MASW

Gaiole in chianti - Barbischio – Loc. Piombecci

Stendimento e campionamento:

Committente:
Dott. Geol. Mirco BERNARDONI

Pag.
1

Data acquisizione: 5 Aprile 2012
Offset minimo: 4 *mt.*
Distanza intergeofonica: 2 *mt.*
Lunghezza stendimento: 52 *mt.*
Configurazione: 24 canali
Energizzazione con grave da 20 kg
Acquisizione delle tracce a 2000.0 *msec.* con
periodo di campionamento di 1.0 *msec.*

Sistema digitale di acquisizione DoReMi
(SARA electronic instruments s.r.l.) corredato
da 24 geofoni verticali da 4,5 Hz, con
dinamica di base di 96dB (16 bit).

Elaborazione

Elaborazione per mezzo Software
EasyMASW Geostru Software.

Pag.
3

1. Analisi delle tracce
2. Analisi spettrale
3. Processo di inversione
4. Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (Profili di velocità)
5. Tabelle dei valori di inversione e valori geotecnici.
6. Calcolo del parametro Vs30

Classificazione Simica

La velocità delle onde S nei
primi 30 metri risulta:

Pag.
5

Vs30 = 898.79 [m/s]



Metodologia MASW

Le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo d'indagine MASW è basato su un'energizzazione meccanica (Sismica Attiva) del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale.

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 $\Delta = v/f$) del segnale sismico si propagano ad una velocità diversa in funzione delle caratteristiche del mezzo.

..Approfondimenti a pagina 6

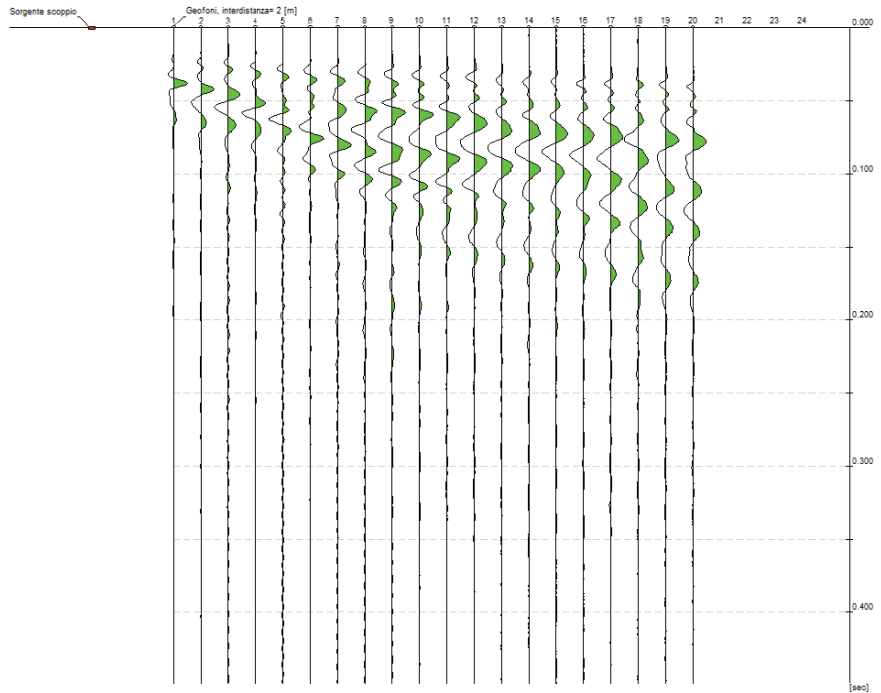
Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

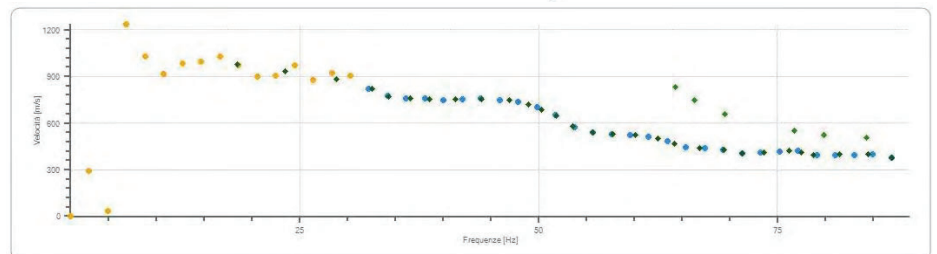
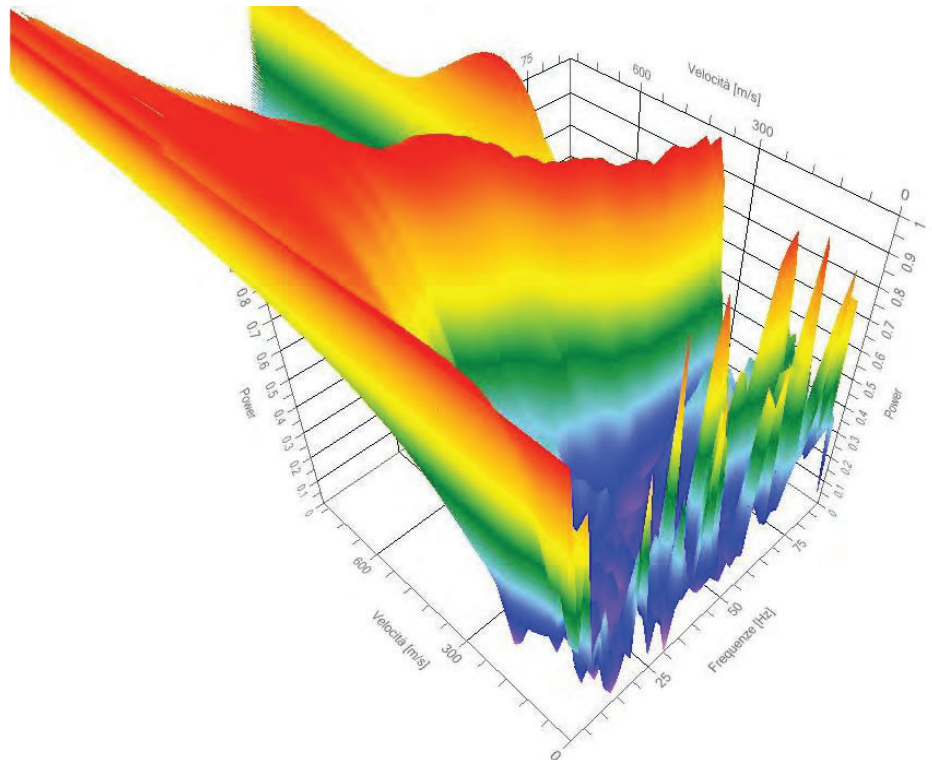
FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D

Tracce Acquisite



Spettro velocità di fase



Software di acquisizione:
DoReMi Software v. 1.1.36

Caratteristiche tecniche del sismografo

Caratteristiche tecniche

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
 Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
 Lunghezza max rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
 N. max canali per tratta: 255
 Dimensioni elemento: 80x55x18 mm
 Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
 Cavo: 4 fili, 2 coppie, robotico resistente a torsioni, fessio-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento
 Memoria: 64 kBytes (>30000 campioni)
 Frequenze selezionabili: da 200 a 20000 Hz (da 5 a 0.05 ms)
 Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
 Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
 Filtri: 3Hz passa alto, 200Hz passa basso
 Reiezione modo comune: >80dB
 Diafonia (crosstalk): non valutabile per architettura ad elementi singoli a trasmissione digitale, virtualmente nulla.

Dinamica del sistema
 Risoluzione: 7.600 μ V @ 10x; 0.076 μ V @ 1000x
 Dinamica di base: 96dB (16 bit)
 S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >90dB (RMS)
 Full range a 10x: 0.5V p-p
 Risoluzione: 0.000002V p-p @ 1000x 4000Hz (RMS)
 Dinamica totale teorica: 155dB (A/D + PGA)

Alimentazione
 Tensione di alimentazione: 10-15Vdc
 Consumo: Unità di testa: 20mA
 Per Canale: 40mA
 Consumo totale 12 canali: 510mA



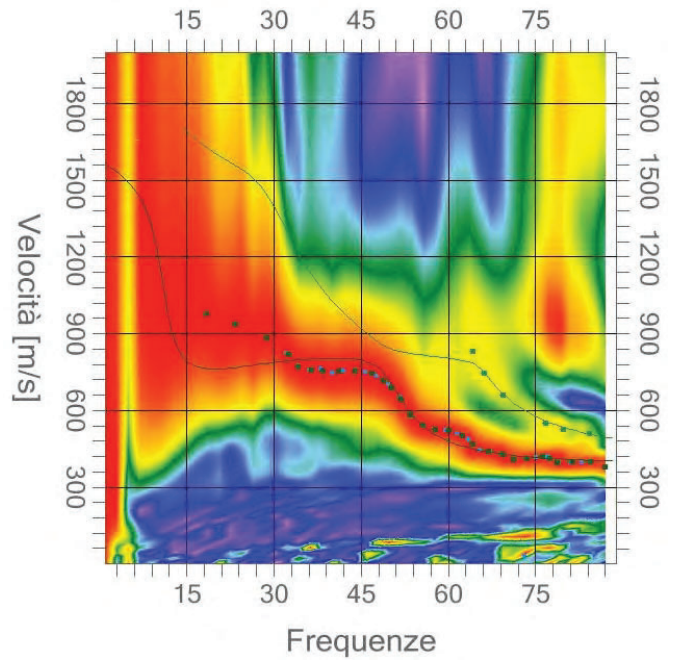
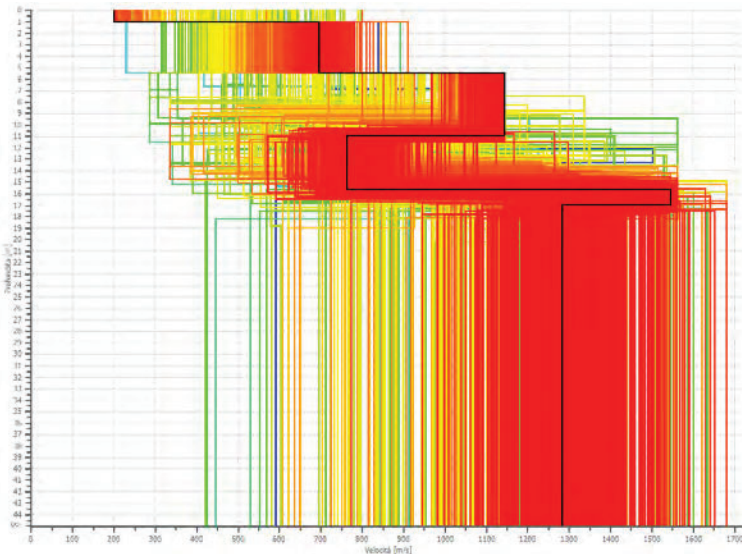
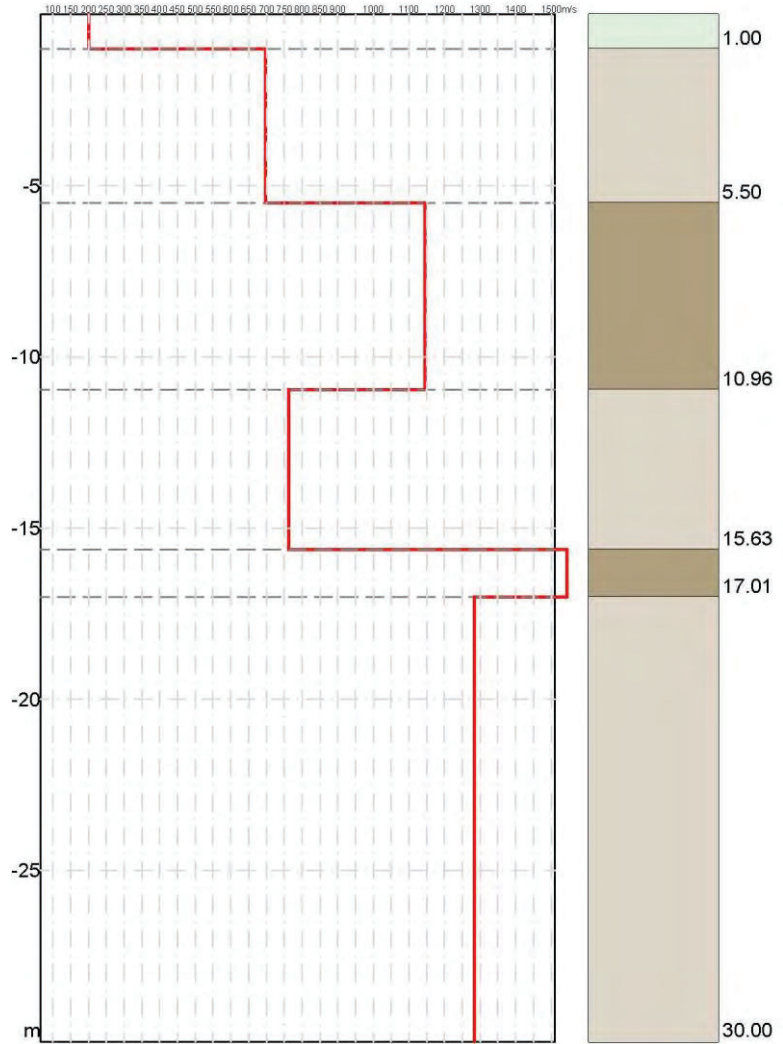
Inversione e modello sismodinamico

Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)



Tavella dei valori di inversione

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] |
|----|----------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 200.00 | 489.90 | 72.00 | 432.00 | 336.00 | 201.60 |
| 2 | 5.50 | 4.50 | 696.15 | 1449.15 | 872.32 | 3780.07 | 2616.97 | 2355.27 |
| 3 | 10.96 | 5.46 | 1144.34 | 2382.13 | 2357.13 | 10214.22 | 7071.38 | 6364.24 |
| 4 | 15.63 | 4.67 | 762.07 | 1586.38 | 1045.36 | 4529.88 | 3136.07 | 2822.47 |
| 5 | 17.01 | 1.38 | 1545.02 | 3216.22 | 4296.76 | 18619.28 | 12890.27 | 11601.24 |
| 6 | oo | oo | 1283.70 | 2672.23 | 2966.18 | 12853.47 | 8898.55 | 8008.70 |

Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)
- Tabelle dei valori di inversione e geotecnici
- Calcolo del parametro Vs30

G0: Modulo di deformazione al taglio;
Ed: Modulo edometrico;
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
Ey: Modulo di Young;

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Calcolo del parametro Vs30

Il valore Vs30 determinato per le situazioni locali di acquisizione e in funzione delle scelte di elaborazione risulta essere:

$$V_{s30} = 898.79 \text{ [m/s]}$$

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n°29 del 04/02/2008).

Descrizione delle categorie di sottosuolo:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 Kpa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediante addensati o terreni a grana fine mediante consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 Kpa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 Kpa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20KPa) che includono uno strato di almeno 8 m. di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m. di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Rifrazione Sismica G.R.M.

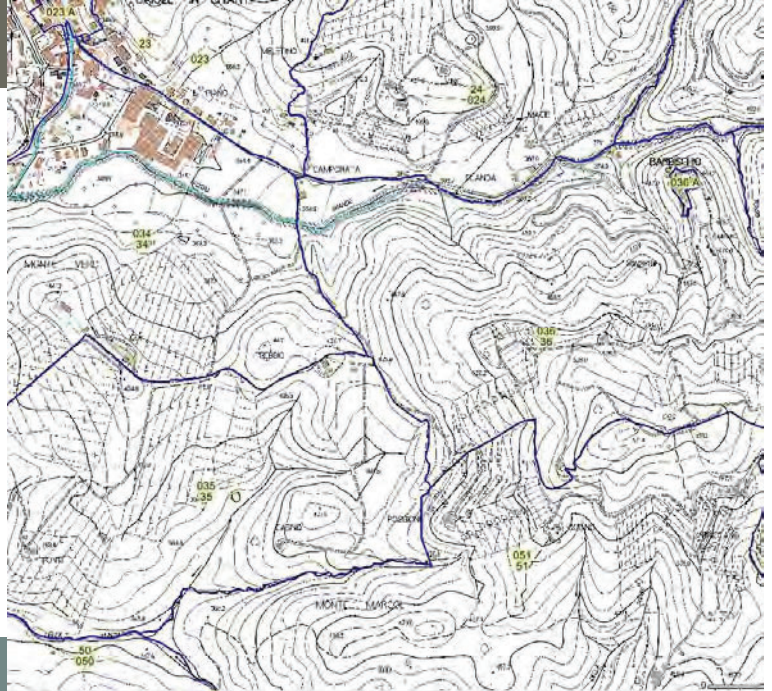
Gaiole in chianti - Barbischio – Loc. Piombecchi

Campionamento e configurazione:

Shot interni allo stendimento n. 5
 Shot esterni allo stendimento n. 2
 Configurazione: 24 canali

Durata del campionamento 0,25 sec.
 Frequenza di campionamento 5000 Hz.
 Periodo di campionamento di 200 μ sec.

Sistema digitale di acquisizione DoReMi (SARA electronic instruments s.r.l.) corredato da 24 geofoni verticali da 4,5 Hz, con dinamica di base di 96dB (16 bit).



Elaborazione

Elaborazione Software

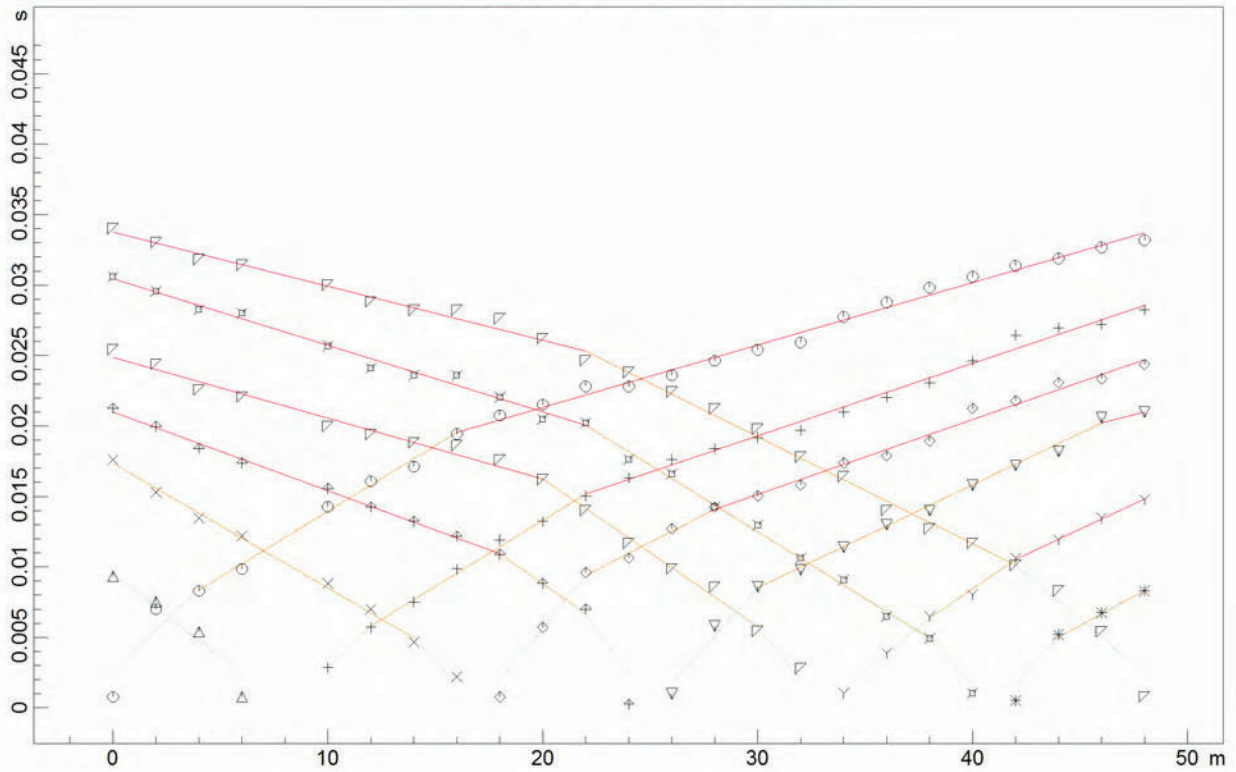
InterSism 2.1 Geo&Soft International
 Fasi di elaborazione

1. Definizione del progetto
2. Ricerca dei primi arrivi
3. Tabella dei primi arrivi
4. Calcolo delle dromocrone
5. Calcolo delle prodondità
6. Produzione degli elaborati

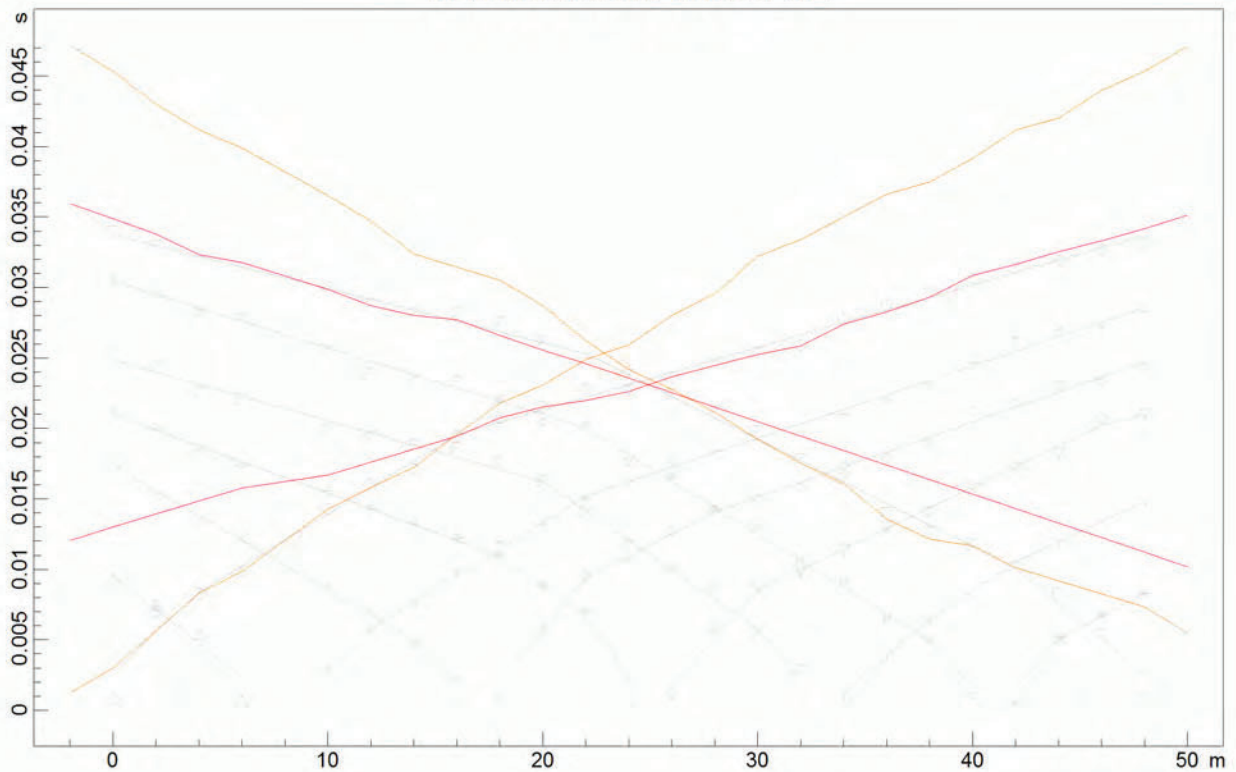
Sintesi del metodo della rifrazione sismica

Il metodo della sismica a rifrazione è una delle indagini geofisiche più utilizzate dall'ingegneria civile per la conoscenza del sottosuolo. Esso è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.

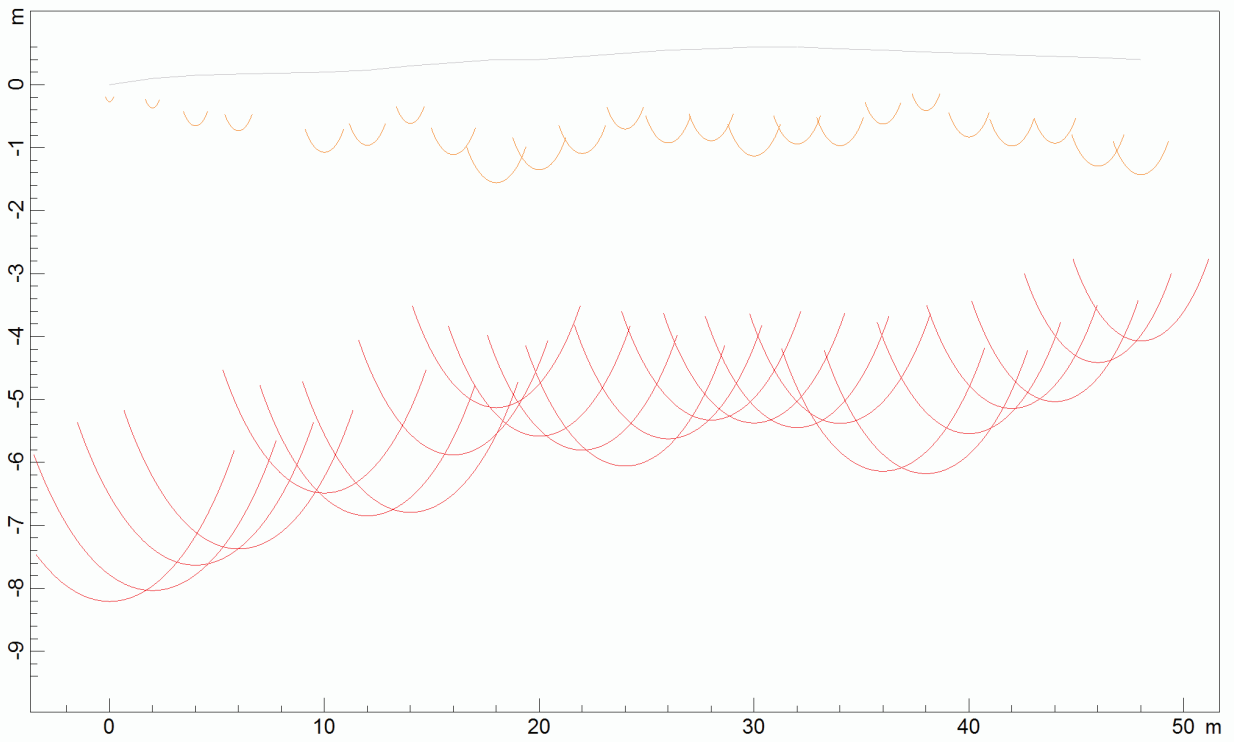
DROMOCRONE ORIGINALI



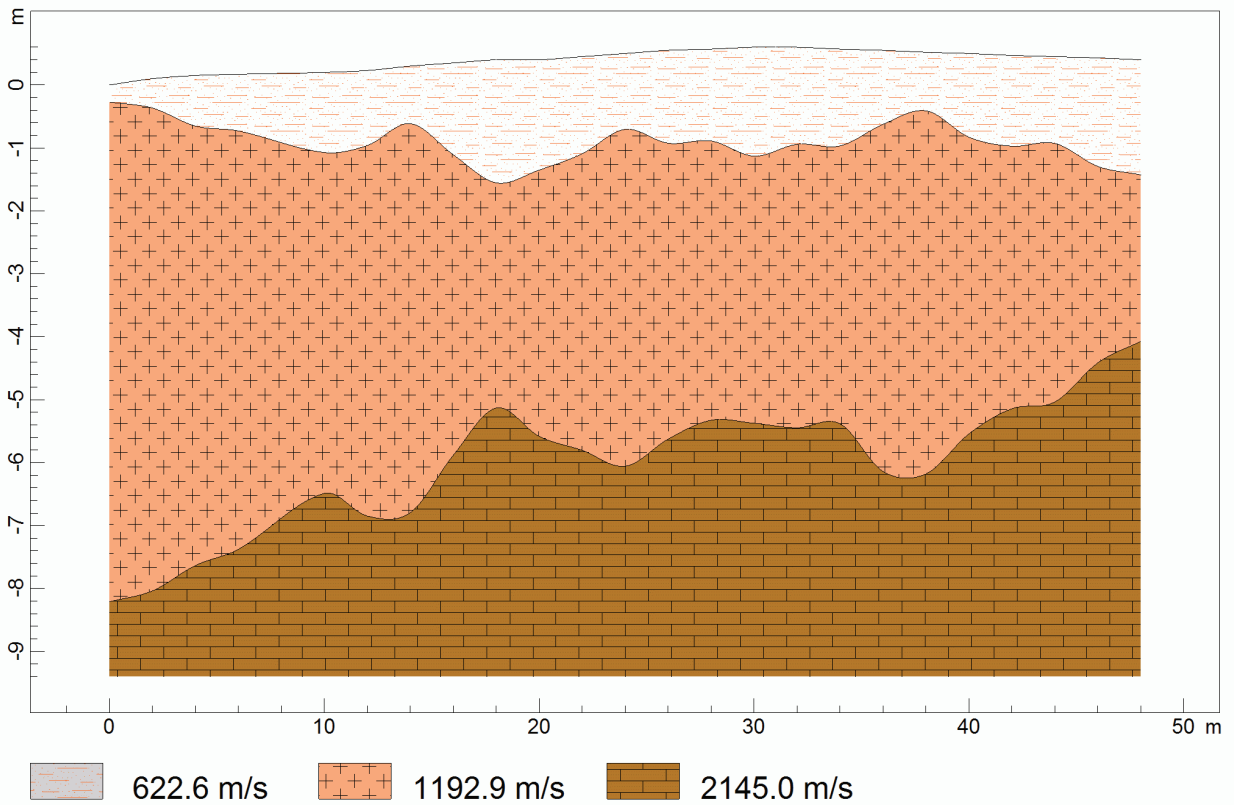
DROMOCRONE TRASLATE



PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



- INDAGINE GEOFISICA

Sempre a Sud-Ovest dell'area di intervento è stata eseguita di recente un'indagine geofisica consistente in una **prospezione sismica MASW** che ha permesso di determinare la risposta sismica dei terreni oltre al parametro V_{S30} (Velocità dell'onda sismica secondaria nei primi 30 m di terreno) necessario all'individuazione della Categoria di Suolo.


La prospezione sismica ha rilevato la presenza del substrato rigido ($V_s > 800$ m/sec) ad una profondità di -1,3 m dal p.c. attuale. In accordo con le norme contenute nelle NTC/2018, data la presenza di uno spessore di materiale di copertura inferiore a 3 m e dato che le strutture fondali saranno posizionate a profondità superiori a -1,5 m dal p.c. (direttamente su roccia in posto con $V_s > 800$ m/sec) si fa riferimento al valore della V_{S30} , che risulta pari a di **888,86 m/sec**. La Categoria di Suolo è pertanto **A**.

Con la prospezione geofisica si è evidenziata la presenza di n.3 sismostrati distinti in base al valore della V_s :

- Sismostrato 1 : da 0,0 a -0,6 m dal p.c. => $V_s = 574$ m/sec
- Sismostrato 2 : da 0,6 a -1,3 m dal p.c. => $V_s = 766$ m/sec
- Sismostrato 3 : da 1,3 a -30,0 m dal p.c. => $V_s = 899$ m/sec

Di seguito il report dell'indagine geofisica :

2020




GeoMa
di Marco Marzupini

www.GeoMa.it
Cell: 328-7255608
Fax: +391782206474
Email: Marzupini.marco@gmail.com
Email Pec: GeoMa.marzupini@pec.it
Skype: GeoMa_Marzupini
Sede: Via Laparelli Ptd 10 Arezzo
C.F. MIZMRC83881A390P
P.IVA 03318000928

REPORT


M.A.S.W.
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

| | | |
|--------------------|---------------------|------------------|
| LOCALITÀ: SAN SANO | ID: 361583962020M34 | DATA: 09/06/2020 |
| COORDINATE SITO | LAT 43.423238° | LON 11.383892° |



V.04.20

GeoMa di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 03318000928

| | | |
|---|---|---|
| <p>Indice generale</p> <p>PREMESSA.....3</p> <p>TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH.....5</p> <p>ONDE DI RAYLEIGH.....5</p> <p>ONDE DI LOVE.....5</p> <p>PRIMA FASE.....6</p> <p>SECONDA FASE.....6</p> <p>CONCLUSIONI MASW.....8</p> |  | <p>V/04.20</p> <p>Geoma di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 03318000928</p> <p>2</p> |
|---|---|---|



| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>PREMESSA</p> <p>In località <i>San Sano Gaiole in Chianti</i> in data 09/06/2020 (Illustrazione 1) è stata eseguita una M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), avente come obiettivo la valutazione della velocità media di propagazione delle onde elastiche.</p> |  | <p><i>Illustrazione 1: Ubicazione dello stendimento (stendimento non in scala)</i></p>  | <p>V/04.20</p> <p>Geoma di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 03318000928</p> <p>3</p> |
|--|---|--|---|



Figura 1: Ubicazione Google

TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Il M.A.S.W. è una tecnica d'indagine recente che sfrutta le onde superficiali di Rayleigh e Love (in questo studio verranno utilizzate solamente le prime). Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie.

Le onde superficiali si creano quando il fronte d'onda nel terreno incontra una discontinuità fisica, la quale può essere sia la superficie terreno-atmosfera (il nostro caso), che il passaggio areo-consolidato (Thorne L & Wallace TC, 1995, *Modern Global Seismology*). Nella discontinuità la somma del moto delle onde riflesse e rifratte, dà origine alle onde superficiali.

ONDE DI RAYLEIGH

L'interazione delle onde P e SV sulla superficie libera dà origine alle onde di Rayleigh che si muovono con un movimento ellittico delle particelle nello strato superficiale avente un asse dell'ellisse parallelo alla direzione dell'onda e l'altro ortogonale alla superficie libera.

ONDE DI LOVE

La riflessione totale delle onde SH dà origine alle onde di Love che si muovono con moto delle particelle, perpendicolare alla direzione di propagazione, ma polarizzato nel piano orizzontale.

Le onde superficiali, a differenza di quelle di volume (P ed S), hanno le seguenti proprietà:

Sono dispersive in mezzi non omogenei (perché variano la propria velocità a seconda della frequenza). La velocità di propagazione è lievemente più bassa rispetto alle onde S. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Love e Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Un'ulteriore proprietà importante è la diminuzione dell'ampiezza che diminuisce con la radice quadrata della distanza dalla sorgente. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.



MASW
L'analisi M.A.S.W. viene condotta in due fasi principali:

PRIMA FASE
La prima fase avviene in campagna con l'acquisizione multicanale dei segnali sismici, mediante il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l..
L'acquisizione viene effettuata mediante 24 geofoni verticali da 4,5 Hz distanziati di 1,5 m per una lunghezza totale dello stendimento di 34,5 metri. Le energizzazioni, eseguite mediante una mazza, vengono effettuate con offset (dal primo geofono) di -2 -4 -8 m e +2 +4.



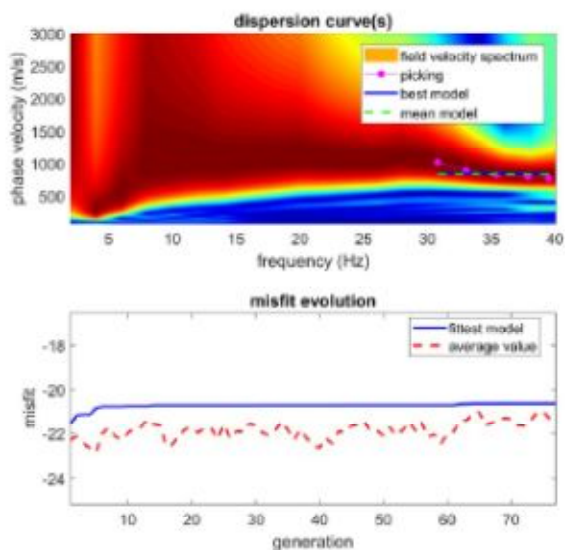


Illustrazione 2: Stendimento

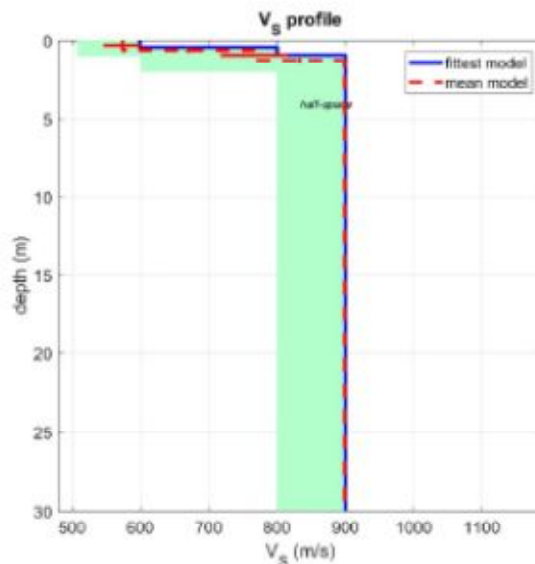
SECONDA FASE
La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software WinMASW 5.0 ACADEMY della Eliosoft. Il programma, dopo il calcolo dello spettro di velocità, richiede il picking della curva di dispersione che poi mediante inversioni e modellizzazioni permetterà la ricostruzione del profilo delle velocità delle onde s nel terreno. Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati, ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito. Qui di seguito vengono riportati i più importanti passaggi dell'analisi (Illustrazione 3):



1/04/20 [Geomar di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 0337800928](mailto:Geomar@marco-marzupini.com) 6



www.winmasw.com



dataset: 2020-06-09_12-42-29_01000_00000_024_Acquis_0102_SEG2.dat
dispersion curve: 01.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 892 599 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 885 661 m/s

Illustrazione 3: Picking della curva di dispersione

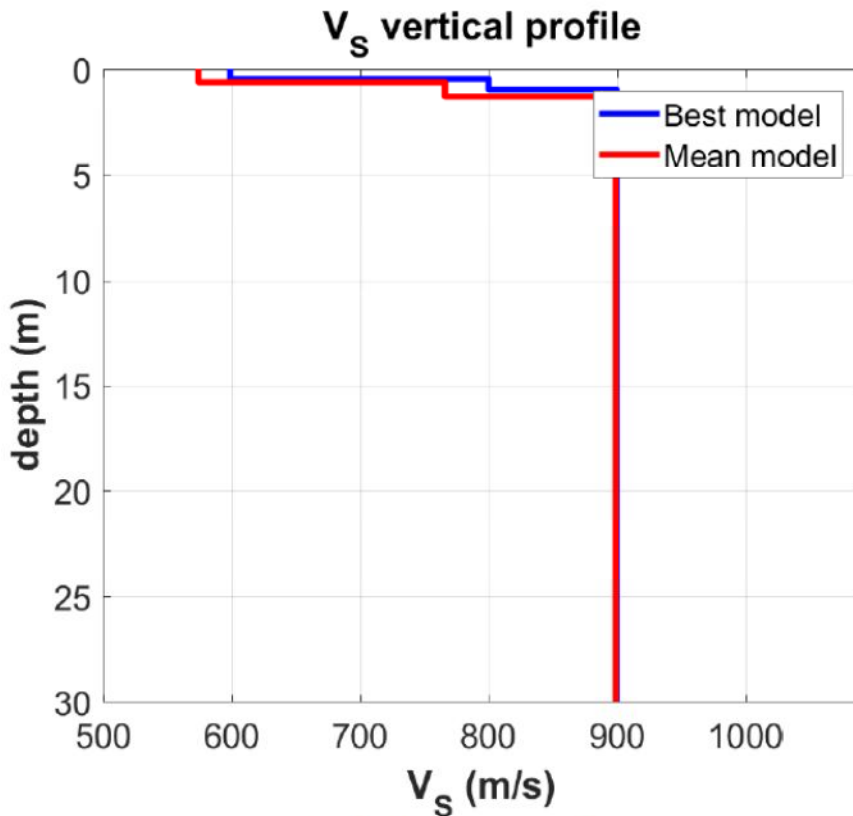


Figura 2: Sismo-stratigrafia


CONCLUSIONI MASW

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale.

- Un primo sismo strato con velocità 574 m/s e spessore di 0,6 m.
- Un secondo sismo strato con velocità 766 m/s e spessore di 0,7 m.
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia al di sotto dei 1,3 m una velocità delle onde di taglio (V_S) di 899 m/s fino alla profondità di 30 m.

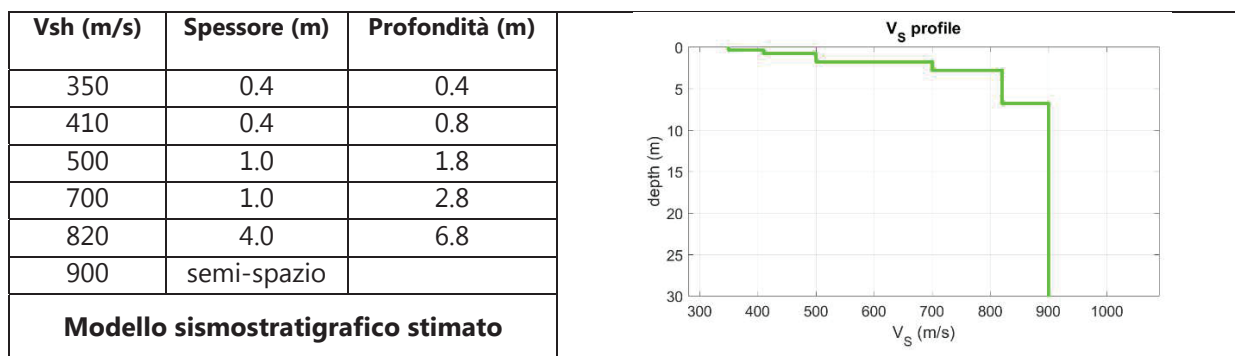
Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi.

| VS e PARAMETRI ELASTICI | | | | | | |
|---|-----------|------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | | Profondità livello campagna | | 0 | Profondità (m) liv fond | |
| Strato | Vs (m/s) | Vp (m/s) | Rapporto (Vp/Vs) | Spessore (m) | da | a |
| 1 | 574 | 1420 | 2,47 | 0,6 | 0 | 0 |
| 2 | 766 | 1828 | 2,39 | 0,7 | 0 | 0 |
| 3 | 899 | 2517 | 2,8 | 28,7 | 0 | -30 |
| Strato | Poisson v | Densità (g/cm ³) | Shear G (kPa) | Bulk Ev (kPa) | Young E (kPa) | |
| 1 | 0,4 | 2,12 | 698489,12 | 3343449,17 | 1959044,26 | |
| 2 | 0,39 | 2,20 | 1290863,2 | 5630333,87 | 3597646,22 | |
| 3 | 0,43 | 2,25 | 1818452,25 | 11829797,25 | 5189452,73 | |
| Metri Copertura | | 0 | | Fondazione | 4 | CATEGORIA A |
| 1 | 0,00000 | | | 1 | 0,000 | |
| 2 | 0,00000 | | | 2 | 0,000 | |
| 3 | 0,033370 | | | | | |
| | 0,00 | | | | 0,000 | |
| VS 30 (Se bed < 800 m/s) | | 0 | | VS Equivalente (Se bed > 800 m/s) | | 0 |
| Rapporto Vs substrato / Vs copertura (attenzione quando > 2,2) #DPV/0! | | | | | | |

| | |
|---|---|
|  GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL | Indagine geofisica di superficie metodologia MASW e HVSR Località: San Vincenti – Gaiole in Chianti (SI) |
|---|---|


Analisi congiunta MASW-HVSR: Per analisi congiunta si intende l'utilizzo di tutti i dati a disposizione all'interno dello stesso strumento di analisi. Questo tipo di analisi offre numerosi vantaggi, primo fra tutti quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non-univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie.

Dai dati acquisiti mediante MASW si è effettuato il calcolo della curva di dispersione (con attribuzione degli spessori e delle velocità relative), ed a partire da questo la creazione, mediante il software utilizzato, di una "curva teorica" H/V. Infine confrontando tale curva con quella misurata empiricamente, si è cercato di affinare il modello sismostratigrafico in modo da ottenerne uno che rappresenti al meglio la curva di dispersione e che faccia sovrapporre le curve H/V ed in particolare la frequenza del principale picco, tipicamente legato al più profondo contatto litologico "significativo". Tale operazione consente di vincolare il modello V_s specialmente in profondità dove il margine di incertezza è maggiore. I risultati sono riportati nella Tavola 3. Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati gli spessori e le relative velocità V_s , ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.



L'analisi della dispersione delle onde superficiali ha consentito di stimare il profilo verticale della V_s e di conseguenza del parametro $V_{s,eq}$ (in questo caso corrispondente con V_{s30}) che risulta essere pari a 505 m/s, considerando come riferimento il piano campagna.

Sulla base del profilo sismostratigrafico ottenuto, stimando il substrato entro i primi 3 m di profondità, il sito risulta compatibile con la categoria di sottosuolo A secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II, riportata sotto.

| | |
|---|---|
|  | Indagine geofisica di superficie metodologia MASW e HVSR Località: San Vincenti – Gaiole in Chianti (SI) |
|---|---|

Sarà comunque cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo.

| Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II) | |
|--|--|
| Categoria | Descrizione |
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , 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. |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i> |

Scandicci, li 17/04/2021



TAVOLA 1

ANALISI SISMICA TIPO MASW (STESA 2)

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce

C:\condivisione\2024\24007_GAIOLE\MASW\M2-20240302T105824Z-001\M2\m1b_M2.drm

Numero di ricevitori.....24

Distanza tra i sensori:.....2m

Numero di campioni temporali.....2000

Passo temporale di acquisizione.....1ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi.....24

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a.....1999ms

I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

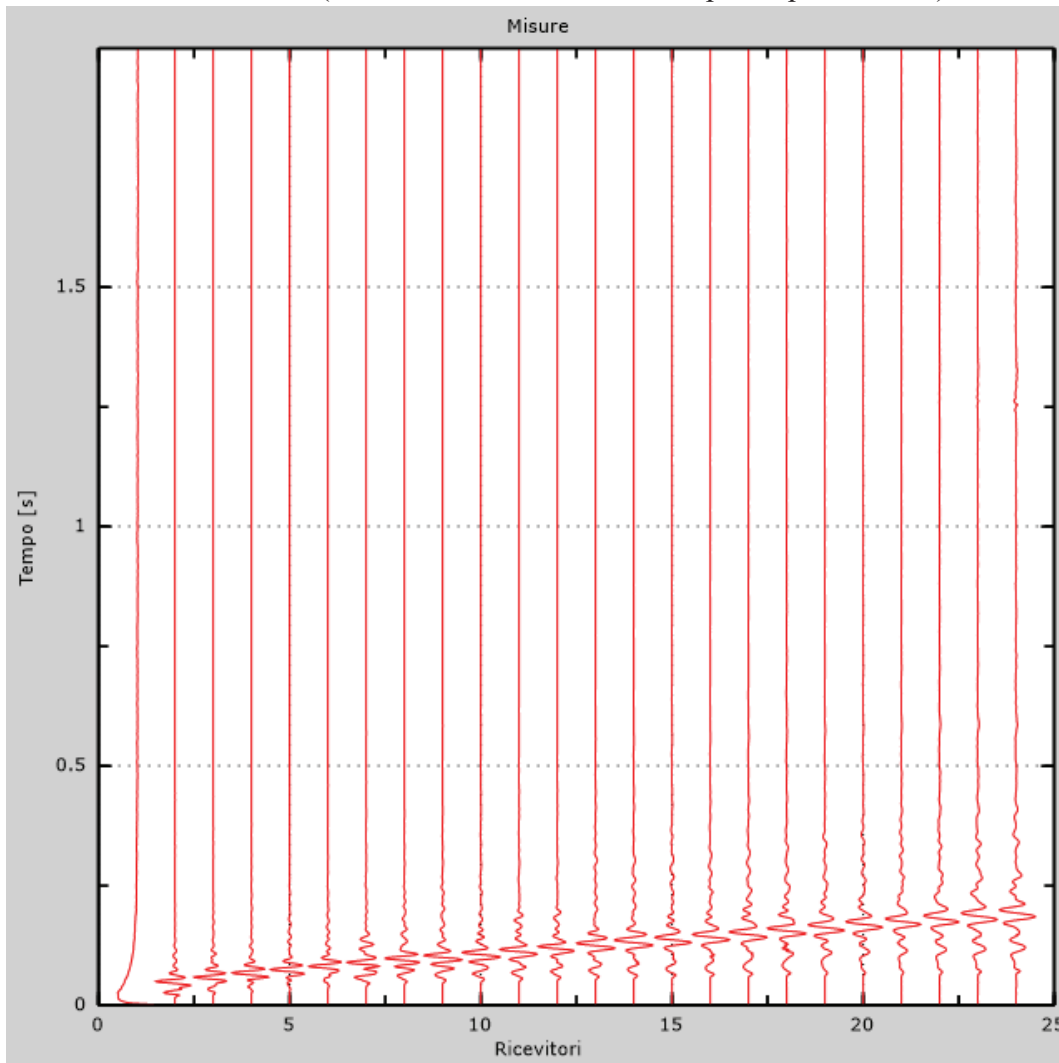


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

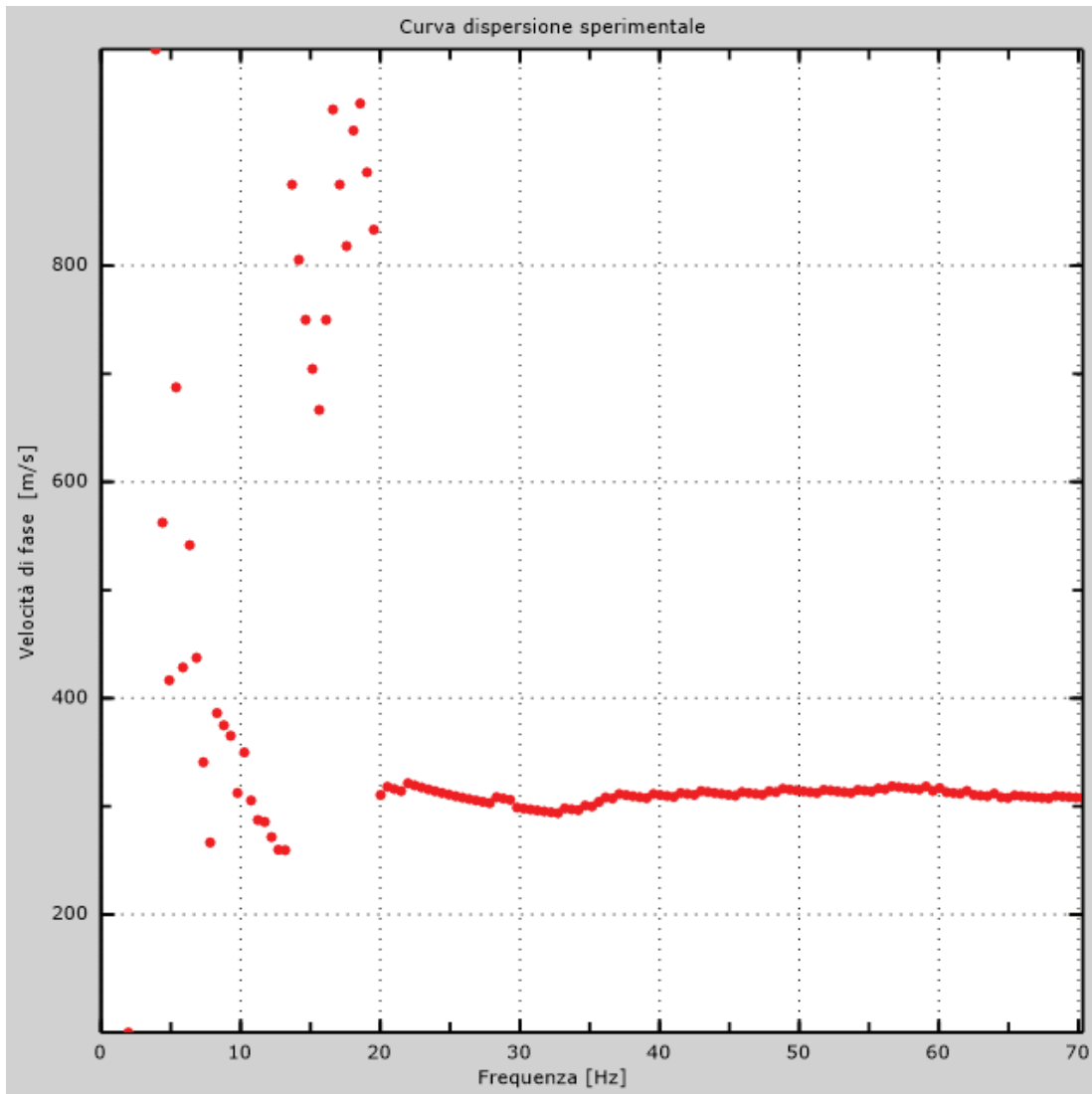


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 6.45038 | 464.826 | 401.681 | 527.97 |
| 8.83789 | 374.038 | 336.635 | 411.442 |
| 12.2803 | 269.978 | 242.98 | 296.976 |
| 22.6074 | 318.881 | 286.993 | 350.77 |
| 26.0498 | 307.677 | 276.909 | 338.445 |
| 29.4922 | 303.281 | 272.953 | 333.609 |
| 32.9346 | 295.833 | 266.25 | 325.417 |
| 36.377 | 307.855 | 277.07 | 338.641 |
| 39.8193 | 311.026 | 279.923 | 342.128 |
| 43.2617 | 313.742 | 282.368 | 345.117 |
| 46.7041 | 311.972 | 280.775 | 343.17 |
| 50.1465 | 314.262 | 282.835 | 345.688 |
| 53.5889 | 312.68 | 281.412 | 343.948 |
| 57.0312 | 318.084 | 286.276 | 349.892 |
| 60.4736 | 313.713 | 282.342 | 345.084 |
| 63.916 | 311.667 | 280.5 | 342.833 |
| 67.3584 | 308.062 | 277.256 | 338.868 |
| 69.5952 | 305.876 | 277.569 | 334.182 |

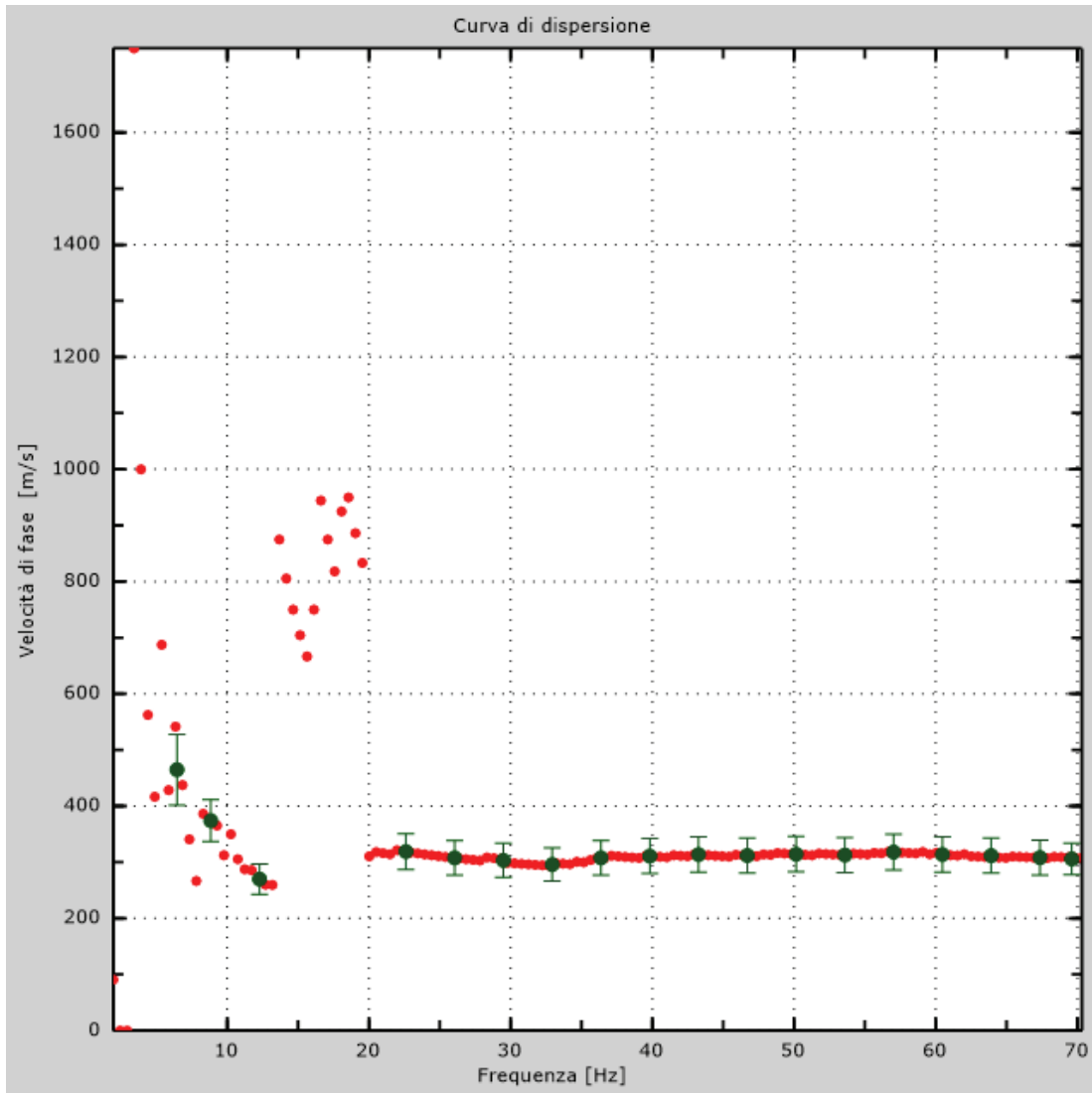


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

| | |
|---|----|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 7 |
| Spaziatura ricevitori | 2m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 1 |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -2 |
| Densità [kg/m ³] | 1850 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 340 |
| Vp [m/s] | 708 |
| Vs min [m/s] | 170 |
| Vs max [m/s] | 680 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 340 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 3 |
| z [m] | -5 |
| Densità [kg/m ³] | 1900 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 330 |
| Vp [m/s] | 687 |
| Vs min [m/s] | 164 |
| Vs max [m/s] | 495 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 330 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 4 |
| z [m] | -9 |
| Densità [kg/m ³] | 1950 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 310 |
| Vp [m/s] | 645 |
| Vs min [m/s] | 177 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| Vs max [m/s]..... | 465 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 310 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 6 |
| z [m]..... | -15 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1900 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 270 |
| Vp [m/s] | 562 |
| Vs min [m/s] | 150 |
| Vs max [m/s]..... | 405 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 270 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 4 |
| z [m]..... | -19 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2000 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 440 |
| Vp [m/s] | 916 |
| Vs min [m/s] | 208 |
| Vs max [m/s]..... | 660 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 440 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -22 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2050 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 480 |
| Vp [m/s] | 999 |
| Vs min [m/s] | 208 |
| Vs max [m/s]..... | 720 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 480 |

Strato 7

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 0 |
| z [m]..... | -∞ |
| Densità [kg/m ³]..... | 2150 |
| Poisson..... | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 580 |
| Vp [m/s]..... | 1207 |
| Vs min [m/s]..... | 258 |
| Vs max [m/s]..... | 870 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s]..... | 580 |

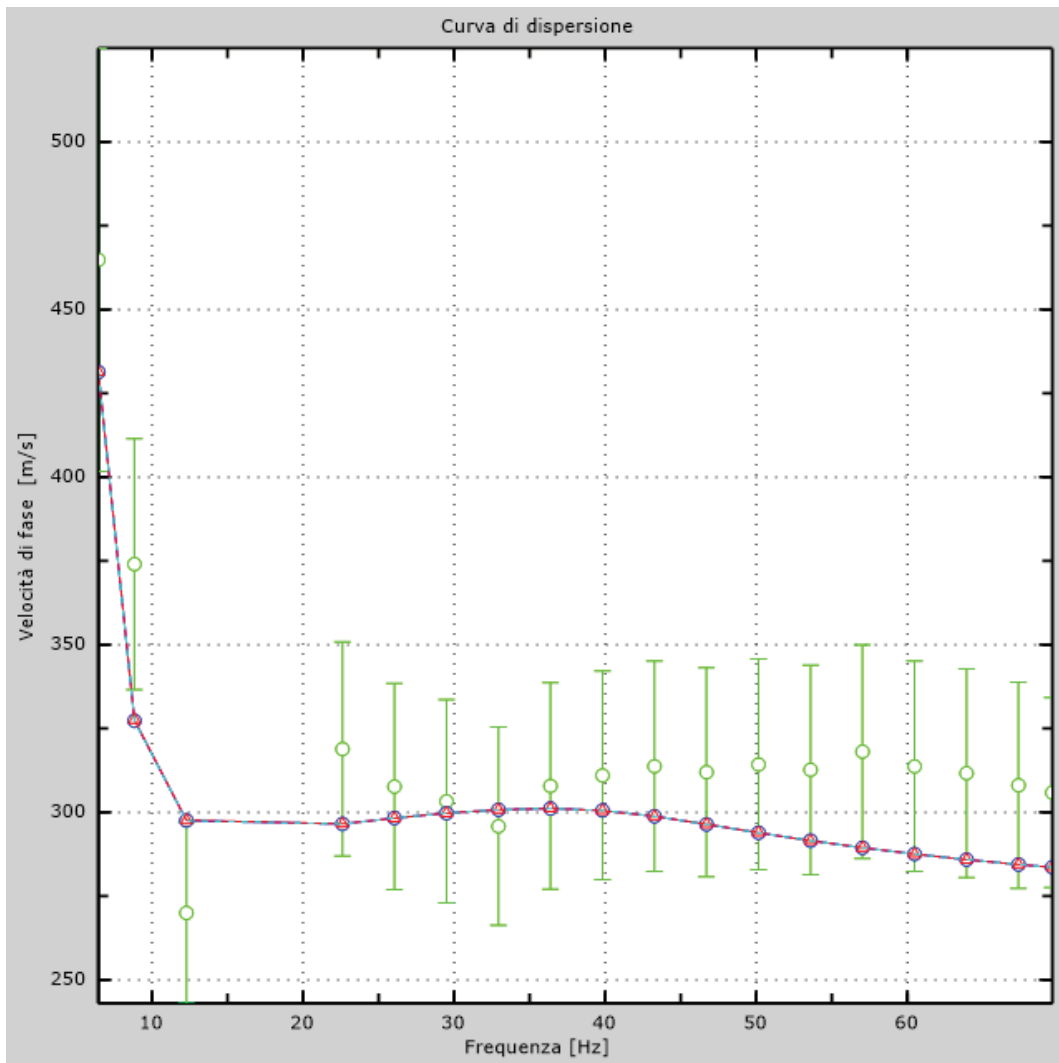


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

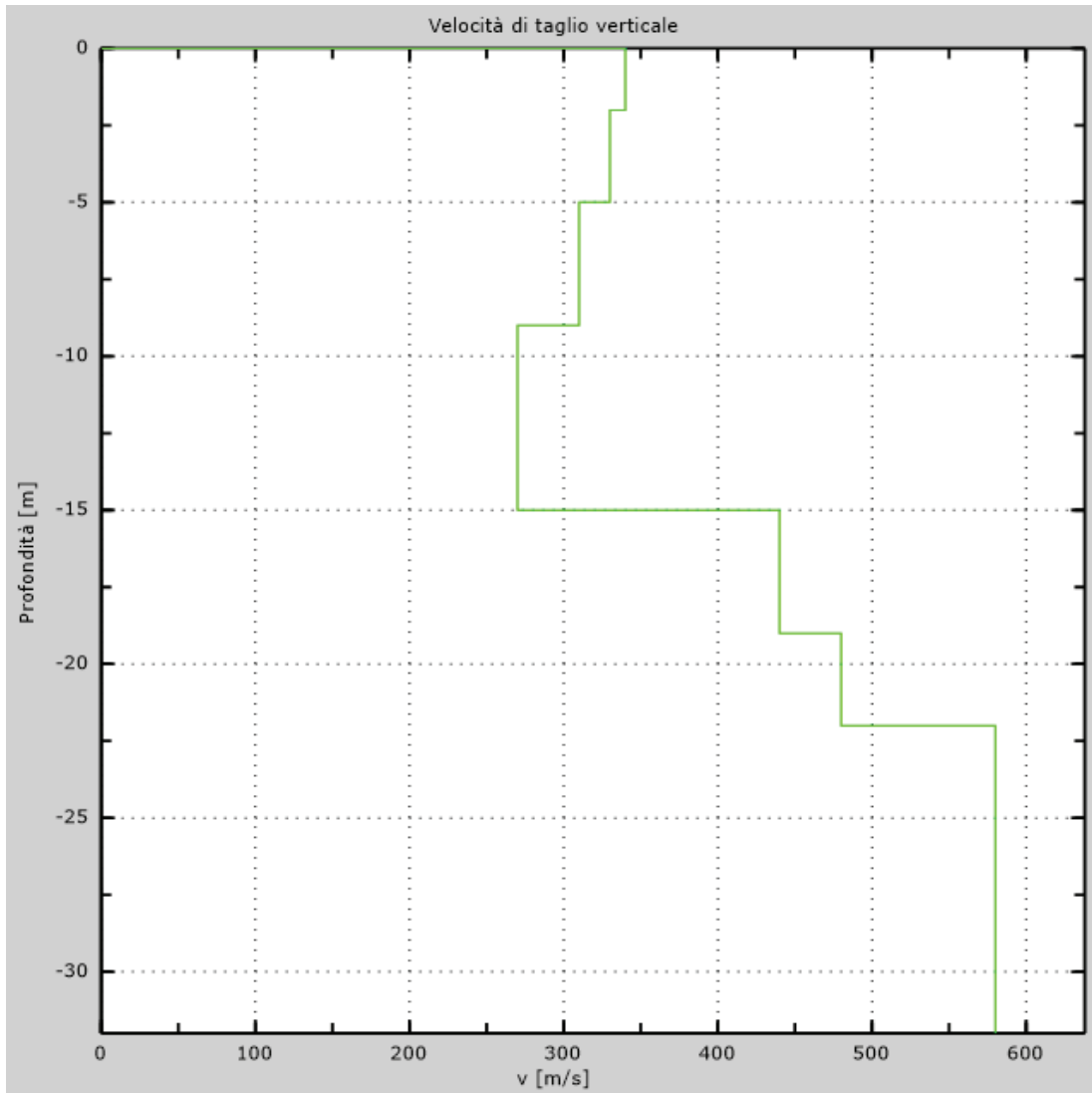
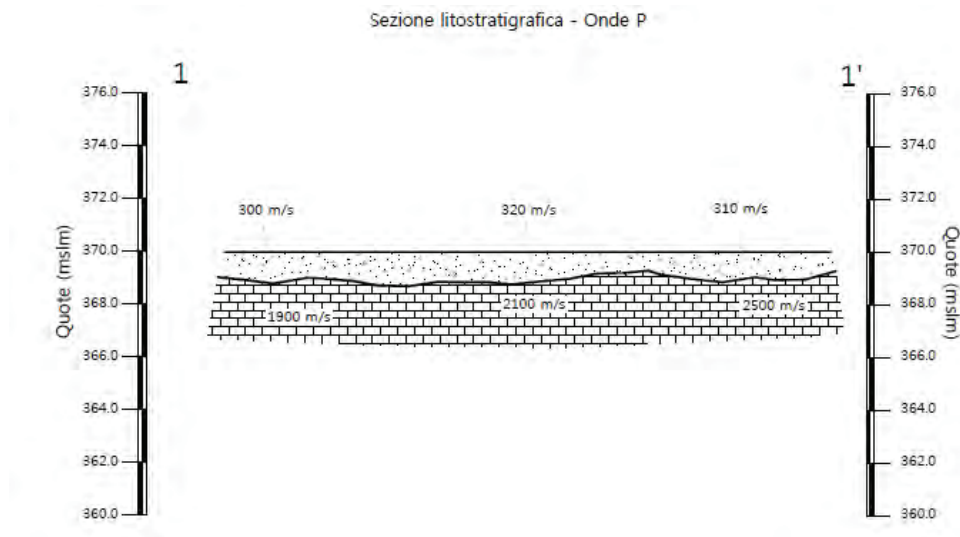


Figura 5: Profilo Vs numerico

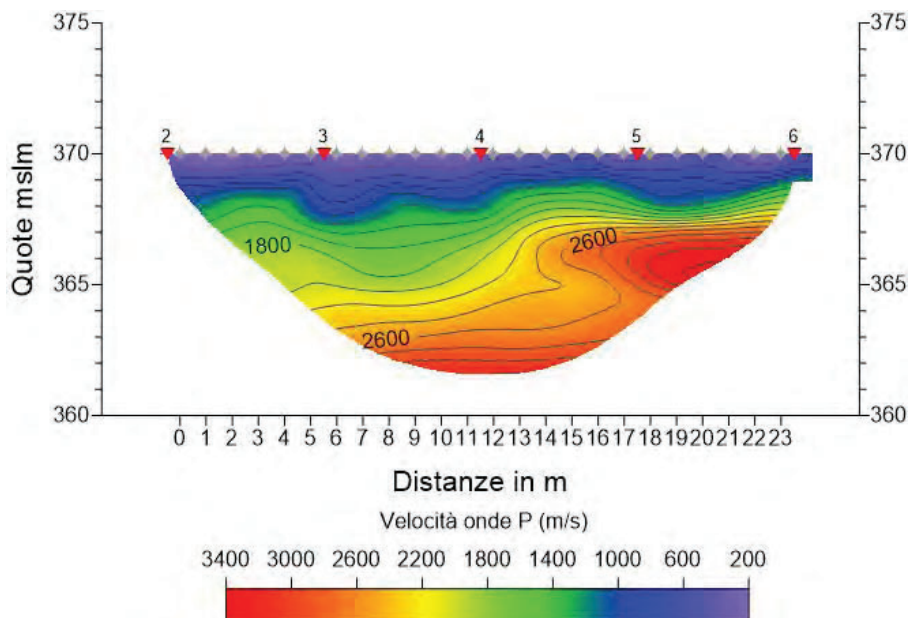
5 - Risultati finali

| | |
|--|----------|
| Piano di riferimento z=0 [m]..... | 0 |
| Vseq [m/s]..... | 378 |
| La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018 | |
| Tipo di suolo | B |



L'analisi tomografica eseguita con onde P, che risulta in pieno accordo con i risultati del GRM, ha evidenziato una coltre superficiale di materiale a più bassa velocità con spessori variabili tra 1 e 2 m dal p.c..

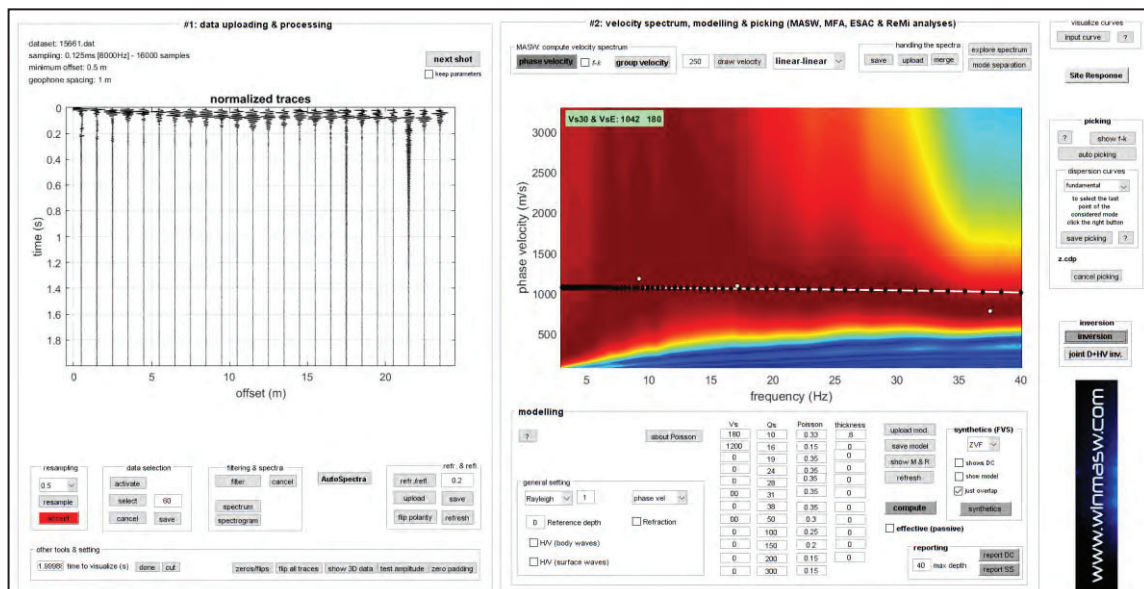
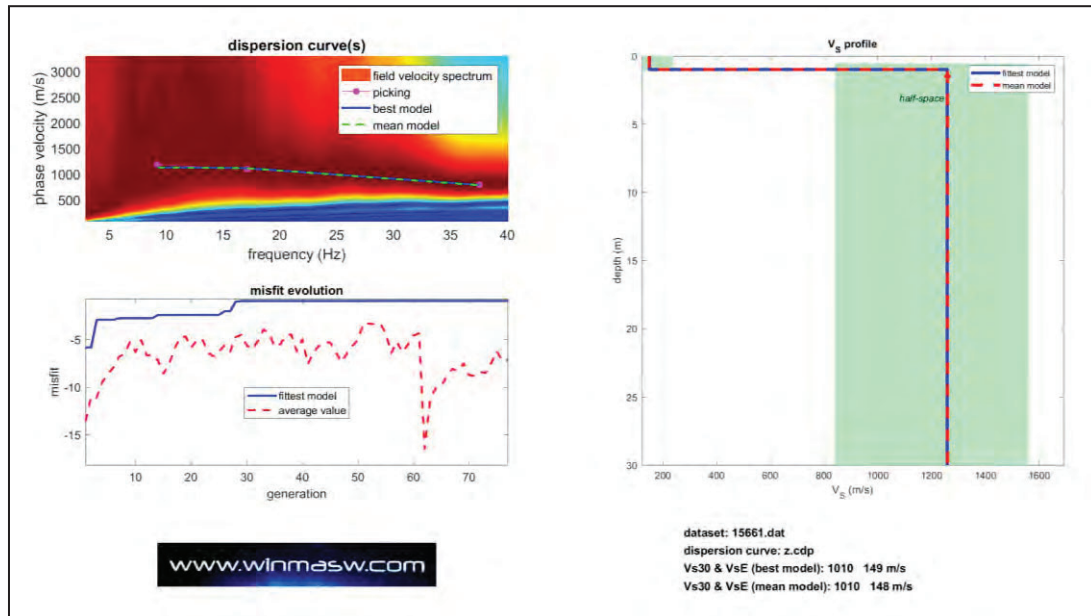
In profondità si osserva un netto incremento delle velocità e curve di isovelocità più ravvicinate, evidenza del passaggio al substrato litoide.

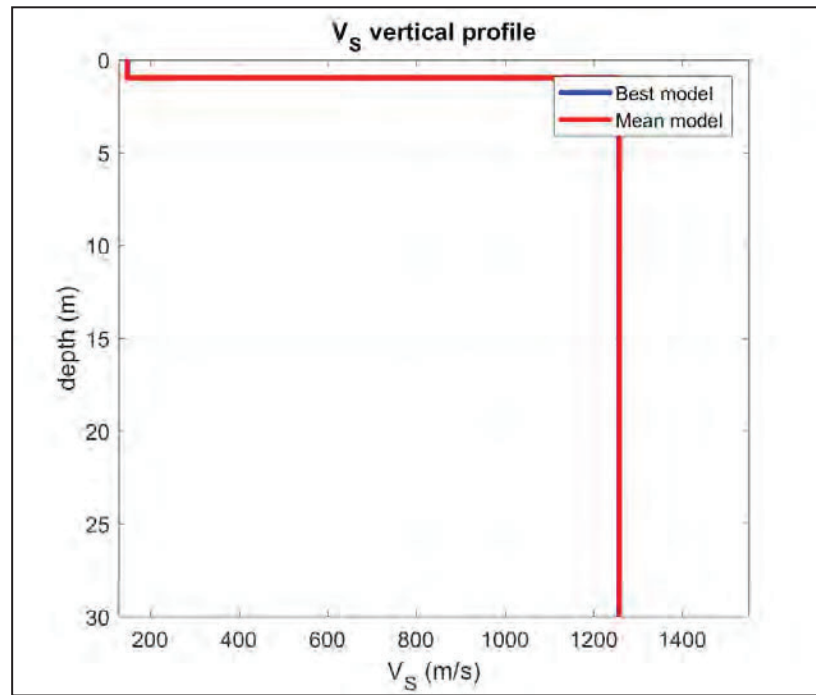


5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE MEDIANTE MASW

Per il calcolo del modello di velocità (onde S), ottenuto da WinMasw, sono state usate informazioni geologiche dell'area. Si rimandano al tecnico incarico, le considerazioni litologiche e geologiche di dettaglio.

Viene qui riportato il report dei risultati dell'elaborazione MASW:





Best Model

| layer | Vs (m/s) | thickness (m) | depth (m) |
|-------|----------|---------------|-----------|
| 1 | 149 | 0.9901 | 0.9901 |
| 2 | 1258 | 0 | 0 |

L'indagine mediante MASW fornisce lo spettro delle velocità, all'interno del quale viene eseguito il picking. La curva di dispersione ottenuta consente di estrapolare il modello di velocità (V_s) riportato nella **Tavola 07** e fornisce i valori di velocità delle onde di taglio ai fini della classificazione del sottosuolo secondo la V_s equivalente così come richiesto dalle nuove NTC 2018 dm.17/01/2018.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1}^N h_i / V_{s,i}$$

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 V_s non inferiore a 800 m/s.

Per fondazioni superficiali la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali, è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta delle fondazioni.

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 $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Le “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” definiscono 5 tipologie di suoli principali:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|------------------|---|
| A | <i>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.</i> |
| B | <i>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.</i> |
| C | <i>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.</i> |
| D | <i>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.</i> |
| E | <i>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.</i> |

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs,eq** media per l'area in oggetto:

| |
|--|
| $\underline{V_{s,eq} = 150 \text{ m/s}}$ $(V_{s,30} = 1000 \text{ m/s})$ |
|--|

La Vs,eq così calcolata rappresenta un'assunzione cautelativa, poiché calcolata dal piano campagna e non dal piano di posa delle fondazioni.

In funzione del valore qui calcolato, dell'ubicazione dell'intervento lungo lo stendimento e dell'effettivo piano di posa delle fondazioni previste, il tecnico incaricato potrà assegnare la corretta categoria di suolo di fondazione così come previsto dal D.M. 17/01/2018 NTC 2018, in funzione degli spessori e delle velocità sismiche dei singoli strati riscontrati.

ANALISI SISMICA TIPO MASW (STESA 1)

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce

C:\condivisione\2024\24007_GAIOLE\MASW\M1-20240302T105834Z-001\M1\2024-02-28_11-39-34_01000_00200_024_Acq v2.drm

Numero di ricevitori..... 24

Distanza tra i sensori:..... 2m

Numero di campioni temporali 2000

Passo temporale di acquisizione 1ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi 23

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms

I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

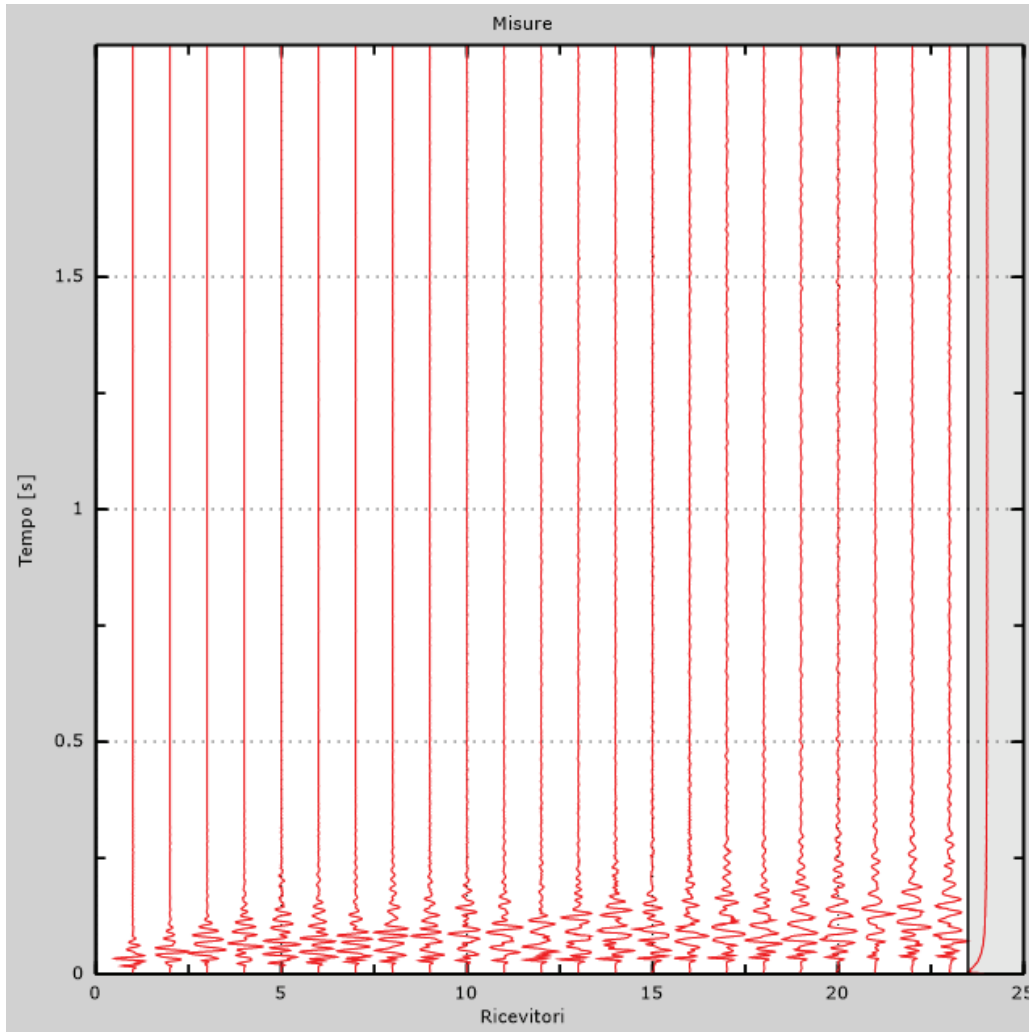


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 10Hz

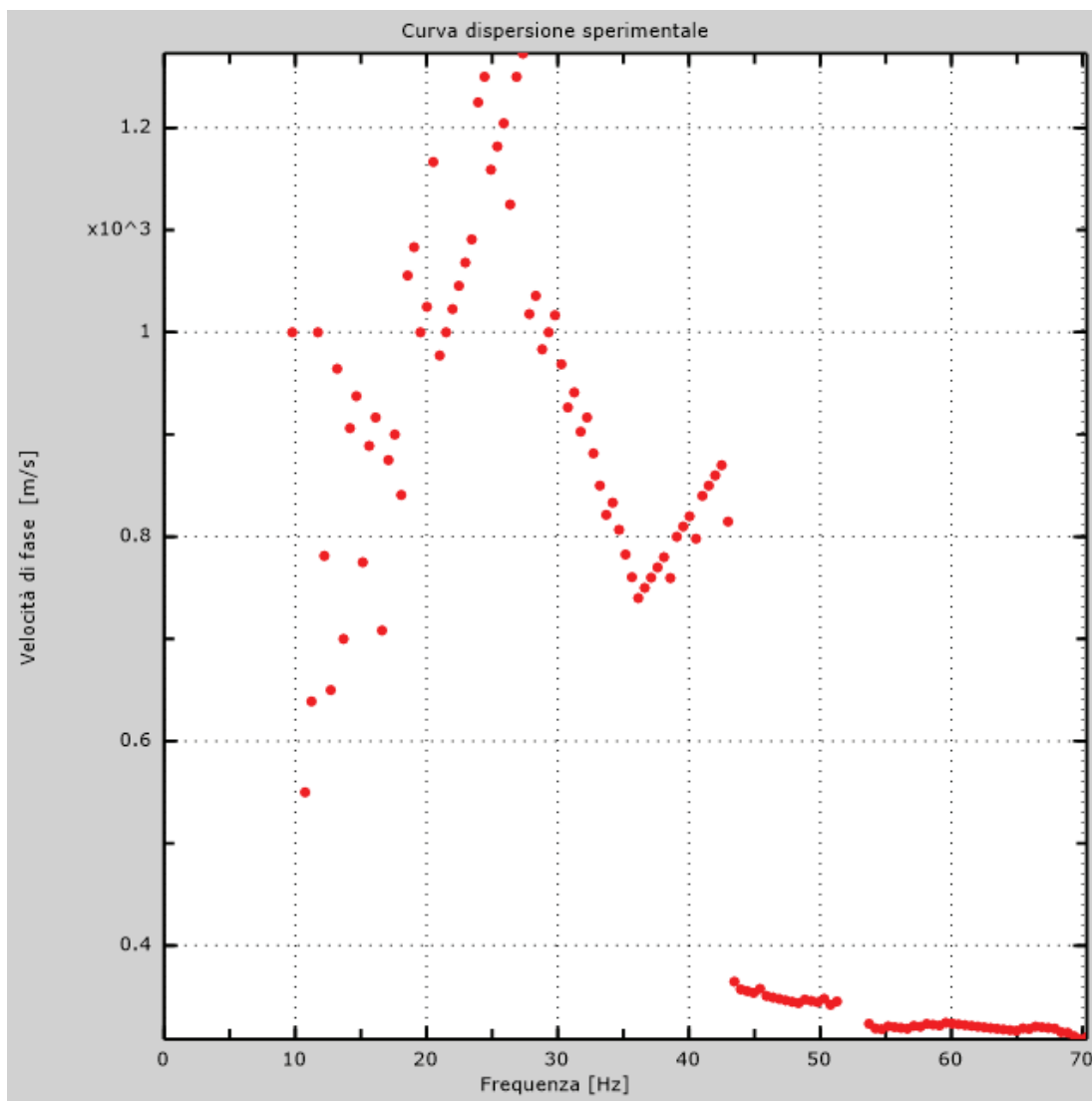


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 28.6829 | 971.213 | 843.44 | 1098.98 |
| 33.6555 | 815.287 | 722.165 | 908.409 |
| 36.3969 | 735.159 | 650.699 | 819.618 |
| 43.3459 | 375.664 | 297.701 | 453.626 |
| 46.3867 | 349.265 | 314.338 | 384.191 |
| 49.4385 | 345.566 | 311.01 | 380.123 |
| 55.542 | 320.424 | 288.382 | 352.467 |
| 58.5938 | 322.581 | 290.323 | 354.839 |
| 61.6455 | 321.248 | 289.123 | 353.373 |
| 64.6973 | 316.987 | 285.288 | 348.686 |
| 67.749 | 318.967 | 287.07 | 350.863 |
| 69.9305 | 306.363 | 263.051 | 349.676 |

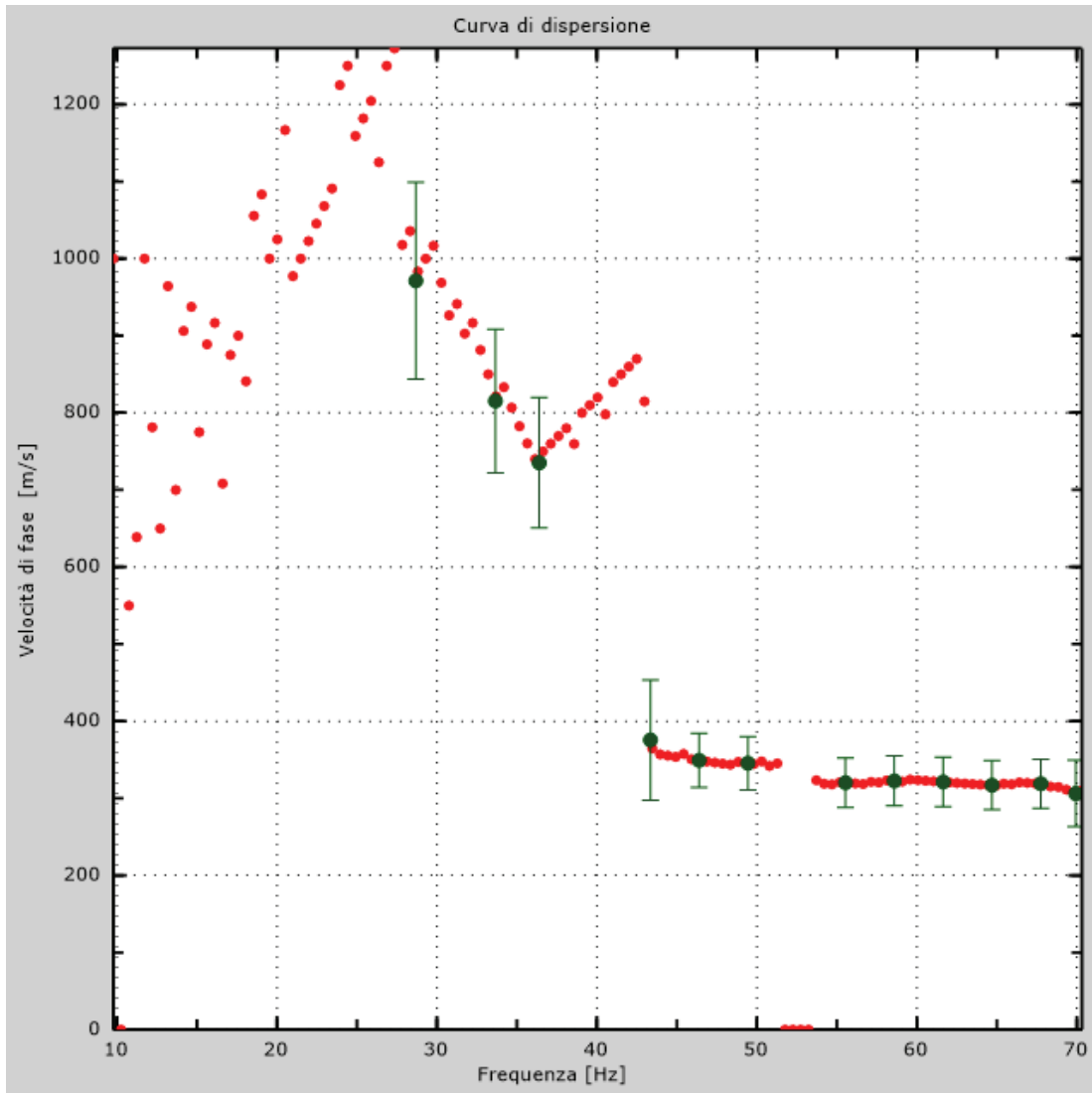


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

| | |
|---|----|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 7 |
| Spaziatura ricevitori | 2m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 1 |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -2 |
| Densità [kg/m ³] | 1850 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 310 |
| Vp [m/s] | 645 |
| Vs min [m/s] | 170 |
| Vs max [m/s] | 465 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 310 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -4 |
| Densità [kg/m ³] | 1950 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 370 |
| Vp [m/s] | 770 |
| Vs min [m/s] | 209 |
| Vs max [m/s] | 555 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 370 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -6 |
| Densità [kg/m ³] | 2250 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s] | 950 |
| Vp [m/s] | 1777 |
| Vs min [m/s] | 408 |

| | |
|---------------------------------|------|
| Vs max [m/s]..... | 1425 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 950 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -9 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2300 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s]..... | 1050 |
| Vp [m/s] | 1964 |
| Vs min [m/s] | 453 |
| Vs max [m/s]..... | 1575 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1050 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -12 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s]..... | 1150 |
| Vp [m/s] | 2151 |
| Vs min [m/s] | 540 |
| Vs max [m/s]..... | 1725 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1150 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 4 |
| z [m]..... | -16 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s]..... | 1250 |
| Vp [m/s] | 2339 |
| Vs min [m/s] | 540 |
| Vs max [m/s]..... | 1875 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1250 |

Strato 7

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 0 |
| z [m]..... | -∞ |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s]..... | 1300 |
| Vp [m/s]..... | 2432 |
| Vs min [m/s] | 540 |
| Vs max [m/s]..... | 1950 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1300 |

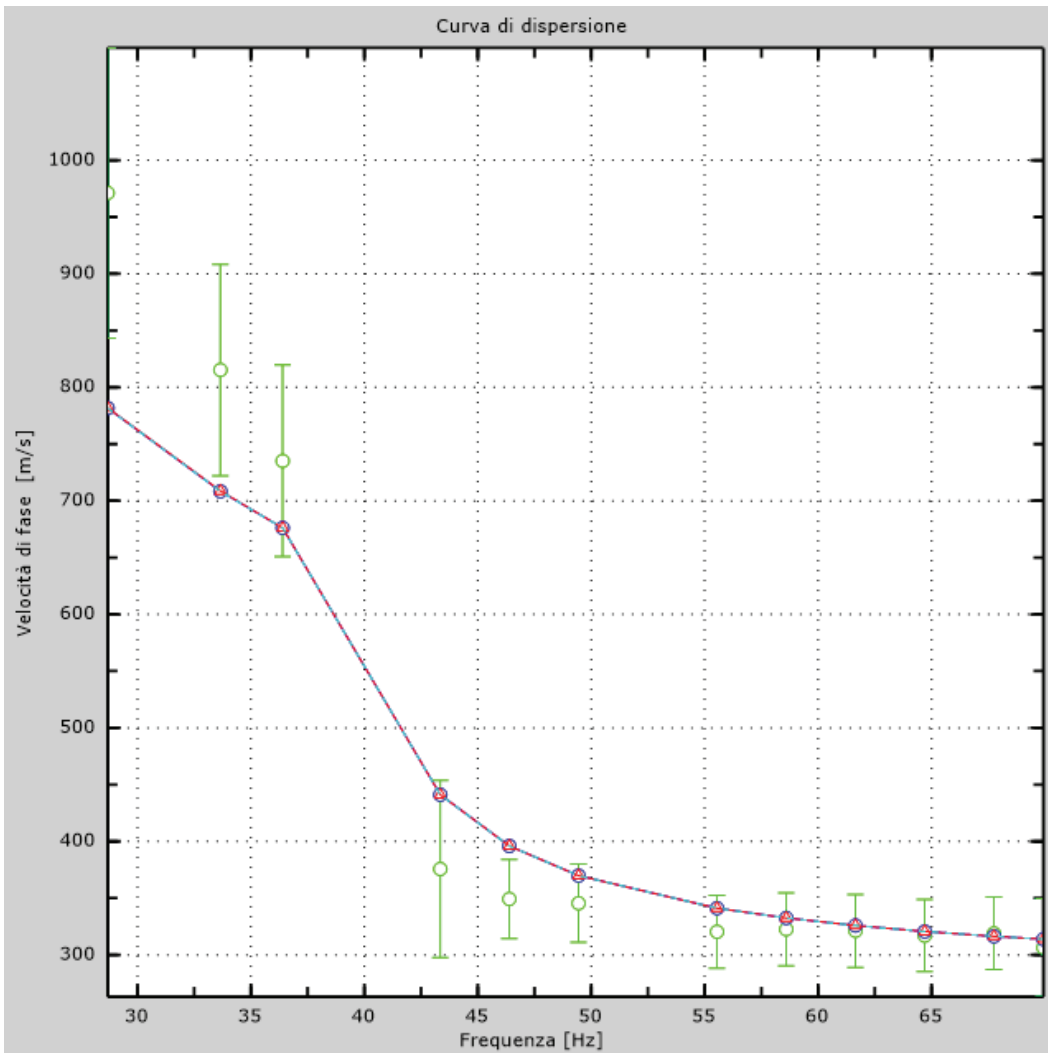


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

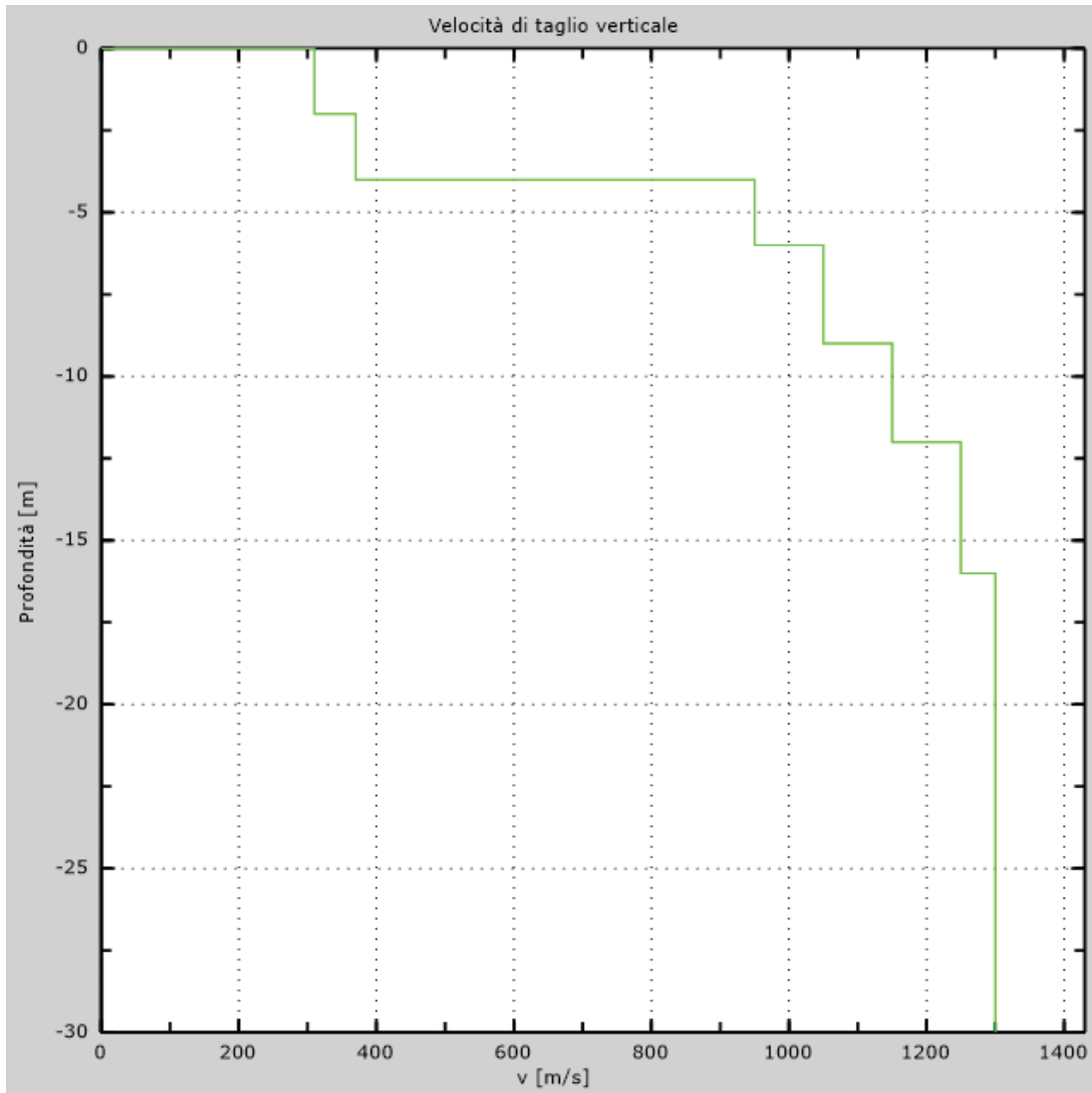


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

| | |
|--|----------|
| Piano di riferimento z=0 [m] | 0 |
| Vseq [m/s]..... | 337 |
| La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018 | |
| Tipo di suolo | E |



Dr Geol. Lucia Mosconi

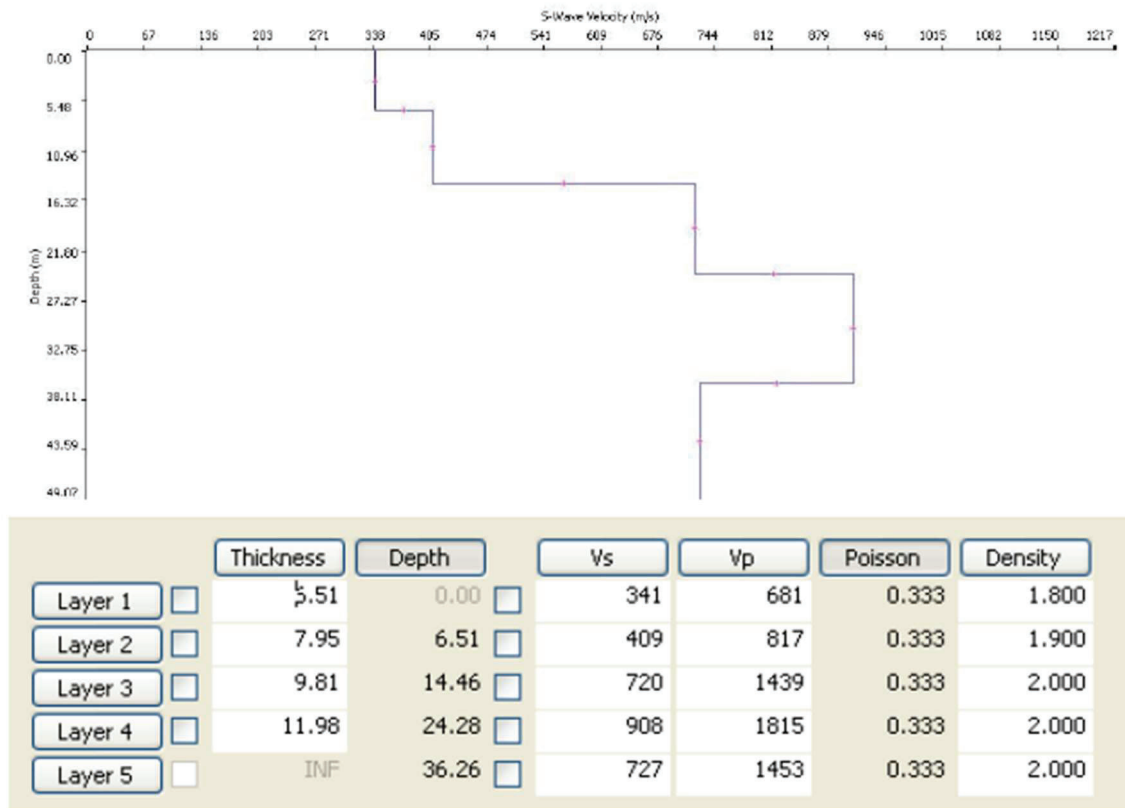


fig. 3 - Profilo di velocità delle onde S e successione sismostratigrafica

L'analisi dei dati relativi alla Masw sulla stesa SIS01 ha messo in evidenza, nell'intervallo di profondità compreso tra il piano campagna ed i 36 metri circa, sostanzialmente quattro principali sismostrati:

- Primo sismostrato: è caratterizzato da valori del parametro VS prossimi a 341 m/s, $V_p > 650$ m/s, e da uno spessore medio dell'ordine di 6.50 metri, denotando la presenza di depositi in stato di alterazione, con caratteristiche di compattezza medio/basse;
- Secondo sismostrato: è caratterizzato da valori mediati del parametro VS > 400 m/s, $V_p > 800$ m/s, e da uno spessore medio dell'ordine di 8.00 metri, denotando la presenza di depositi in stato di alterazione e con caratteristiche di compattezza medie;
- Terzo sismostrato: è caratterizzato da valori mediati del parametro VS > 700 m/s, $V_p > 1400$ m/s, e da uno spessore medio dell'ordine di circa 10 metri, denotando la prosecuzione di litotipi con buone caratteristiche di compattezza mediata;
- Quarto sismostrato: è caratterizzato da valori mediati del parametro VS > 900 m/s, $V_p > 1800$ m/s, e da uno spessore medio dell'ordine di circa 12 metri, denotando la presenza di litotipi molto compatti, attribuibili presumibilmente alla formazione geologica in sito che funge localmente da substrato; il passaggio al suddetto strato dovrebbe avvenire intorno ai 24 metri di profondità mediata dal p.c.. Segue un leggero decremento dei valori delle Vs > 700 m/s.

Comune di Gaiole in Chianti

Progetto: "Ristrutturazione e cambio di destinazione d'uso in residenziale di un immobile posto in località Argentina - Siro Corsi"

Arch. 607/20



Dr Geol. Lucia Mosconi

I valori del parametro V_s calcolati, portano ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, all'attribuzione numerica di un valore delle $V_{s,eq} = 465$ m/s entro i 24,28 m, profondità alla quale è avvenuto il rinvenimento di $V_s > 900$ m/s.

Riferendosi al metodo di analisi semplificato, empirico, di cui alla vigente normativa (DM 17.01.18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni), tale valore porta ad attribuire numericamente, all'area d'intervento la **categoria di sottosuolo B**.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | 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 | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | 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. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Seguono i grafici relativi al coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e topografica T ; quest'ultimo si considera T_1 poichè il pendio in esame ha un'inclinazione media localmente $< 15^\circ$.

Tabella 3.2.V – *Espressioni di S_s e di C_c*

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

$C_c = \text{coeff. } f(\text{Categ. sottosuolo})$

Tabella 3.2.VI – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_r*

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_r |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

Comune di Gaiole in Chianti

Progetto: "Ristrutturazione e cambio di destinazione d'uso in residenziale di un immobile posto in località Argenina - Siro Corsi"

Arch. 607/20



Dr Geol. Lucia Mosconi

• **CLASSE G.2 - PERICOLOSITÀ GEOLOGICA MEDIA**

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze 5285 16 inferiori al 25%.

Sulla base della Carta di Pericolosità Idraulica l'area in studio è classificata in:

• **CLASSE I.1 - PERICOLOSITÀ IDRAULICA BASSA**

Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Sulla base quindi della classificazione assegnata e tenendo conto delle Pericolosità vigenti di P.S./RU e considerando l'intervento da realizzare, non vi sono problematiche di carattere geologico/idraulico che possano condizionare la realizzazione delle opere previste.

L'area in studio **risulta esterna alle aree a pericolosità geomorfologica P.F.E. e P.F.M.E. e idraulica P.I.E. e P.I.M.E. definite dal PAI del Fiume Ombrone.**

RELAZIONE SISMICA

9. INDAGINE SISMICA

9.1. RISULTATI

A supporto del progetto di ristrutturazione, in accordo con la normativa vigente (NTC2008/2018) sono state eseguite le seguenti indagini di tipo geofisico:

- n.1 indagine di sismica a rifrazione in onde P elaborate in tecnica tomografica;
- n.1 indagine sismica con tecnica MASW basata sugli arrivi delle onde superficiali.

Scopo dell'indagine è quello di ottenere un quadro geofisico del sottosuolo nel sottosuolo dell'area dove è situato l'immobile da ristrutturare, al fine di verificare lo spessore dei terreni superficiali più allentati ed alterati e di fornire indicazioni sulla risposta sismica locale determinata con il metodo empirico semplificato, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

9.1.1 INDAGINE TOMOGRAFICA

La tomografia dell'indagine SIS01 evidenzia le variazioni della velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche indicate da una apposita scala di colori, che va da tonalità blu scuro per le basse velocità, fino al verde, al rosso e bianco per quelle più elevate; nel caso specifico, si è adottata una scala che comprende i valori da 200 a 1.700 m/sec.

Comune di Gaiole in Chianti

Progetto: "Ristrutturazione e cambio di destinazione d'uso in residenziale di un immobile posto in località Argentina - Siro Corsi"

Arch. 607/20

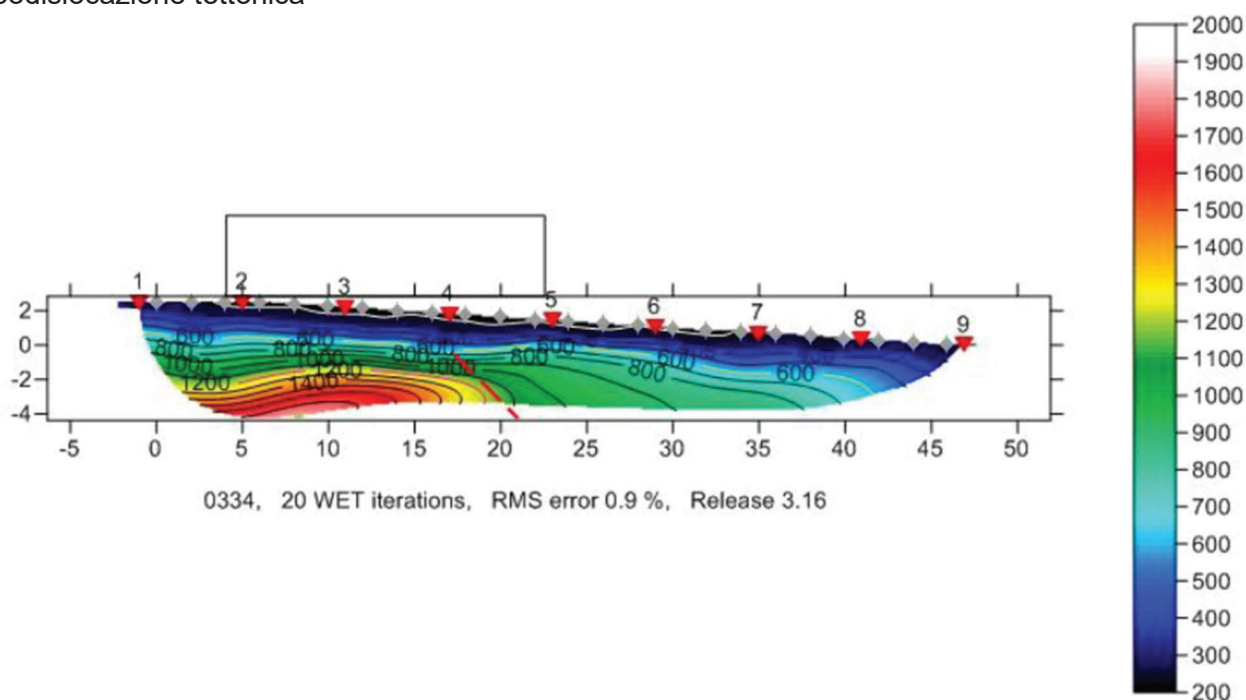


Dr Geol. Lucia Mosconi

Nell'immagine tomografica derivata, riportata alla pagina seguente (fig.2), si notano delle anomalie nell'andamento delle isolinee di velocità, più accentuate oltre alla isolinea 800 m/sec ove si nota un brusco approfondimento potenzialmente correlabile a delle forme del substrato correlate all'evoluzione tettonica locale.

Procedendo dal geofono n.1 in direzione del n. 24 si osserva un ispessimento della coltre di materiale allentata superficiale e di quella di alterazione del substrato. Non si esclude la presenza di zone di terreno saturo in quanto la comparazione con i dati sismici ricavati con l'indagine Masw (tecnica che risulta meno influenzata dalla presenza di acqua nel sottosuolo), svolta lungo lo stesso stendimento, denota la presenza di valori delle velocità mediata nel complesso più bassi di quelli ricavati con la tecnica di sismica a rifrazione in onde P, in particolar modo oltre i 2/3 m circa di profondità.

fig. 2 – Sezione tomografica 2D- con linea tratteggiata rossa è rappresentata un'ipotetica paleodislocazione tettonica



Per la definizione della successione sismostratigrafica locale vadano prese a riferimento le risultanze dell'indagine Masw, in quanto risultano meno influenzate dalla presenza di acqua nel sottosuolo.

9.1.2 INDAGINE MASW

Lo Stendimento MASW con fit migliore ha permesso di ricostruire il seguente profilo verticale delle velocità delle onde di taglio nel sottosuolo riportato nella fig. 3 seguente:

Comune di Gaiole in Chianti

Progetto: "Ristrutturazione e cambio di destinazione d'uso in residenziale di un immobile posto in località Argenina - Siro Corsi"

Arch. 607/20

ANALISI SISMICA TIPO MASW

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce

... E:\Dati\Lavori\RELAZIONI_2021\SISMICA\JENNY\S_21005\masw2-fine.drm

Numero di ricevitori.....24

Distanza tra i sensori:..... 1m

Numero di campioni temporali2000

Passo temporale di acquisizione 1ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi24

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms

I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

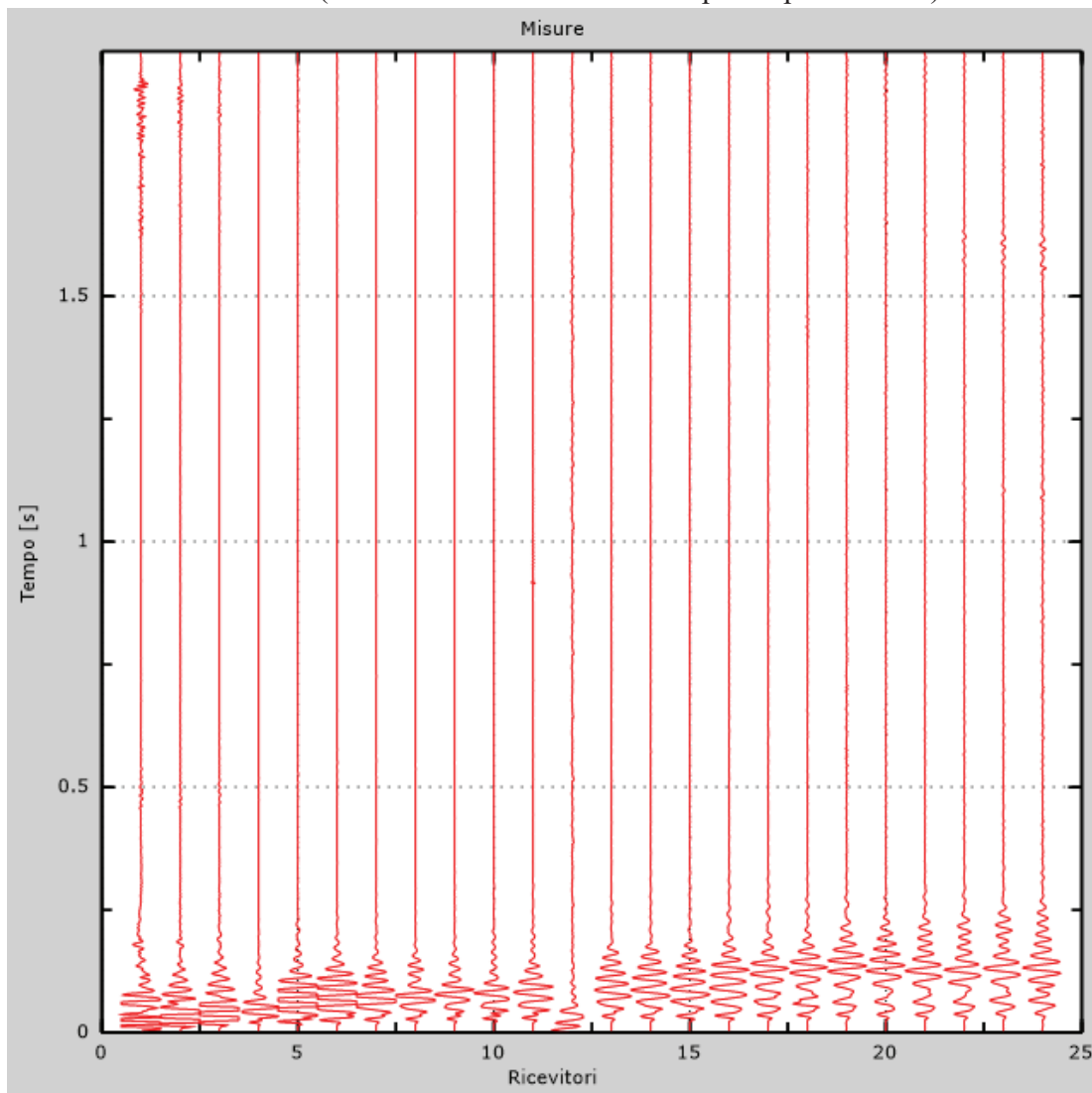


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale..... 20Hz

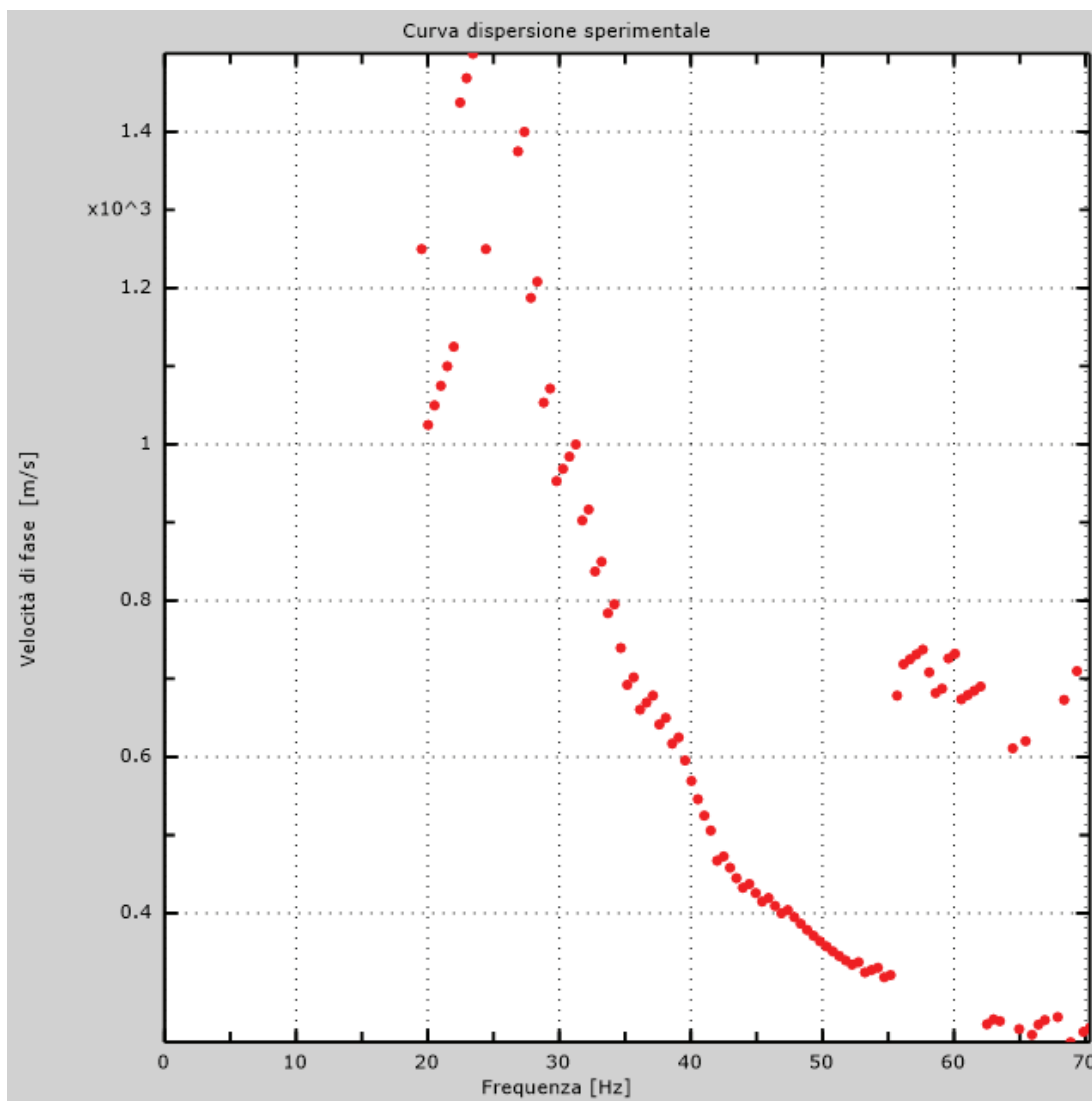


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 30.2643 | 964.484 | 882.332 | 1046.64 |
| 32.3486 | 896.875 | 807.187 | 986.562 |
| 34.9121 | 715.946 | 644.351 | 787.54 |
| 37.4756 | 650.893 | 585.804 | 715.982 |
| 40.0391 | 569.444 | 512.5 | 626.389 |
| 42.6025 | 469.203 | 422.283 | 516.123 |
| 45.166 | 420.552 | 378.497 | 462.607 |
| 47.7295 | 397.413 | 357.671 | 437.154 |
| 50.293 | 357.639 | 321.875 | 393.403 |
| 52.8564 | 334.226 | 300.804 | 367.649 |
| 55.0741 | 315.766 | 270.441 | 361.091 |
| 63.0945 | 267.608 | 222.283 | 312.933 |
| 66.1958 | 256.277 | 210.951 | 301.602 |
| 69.7247 | 242.112 | 191.121 | 293.103 |

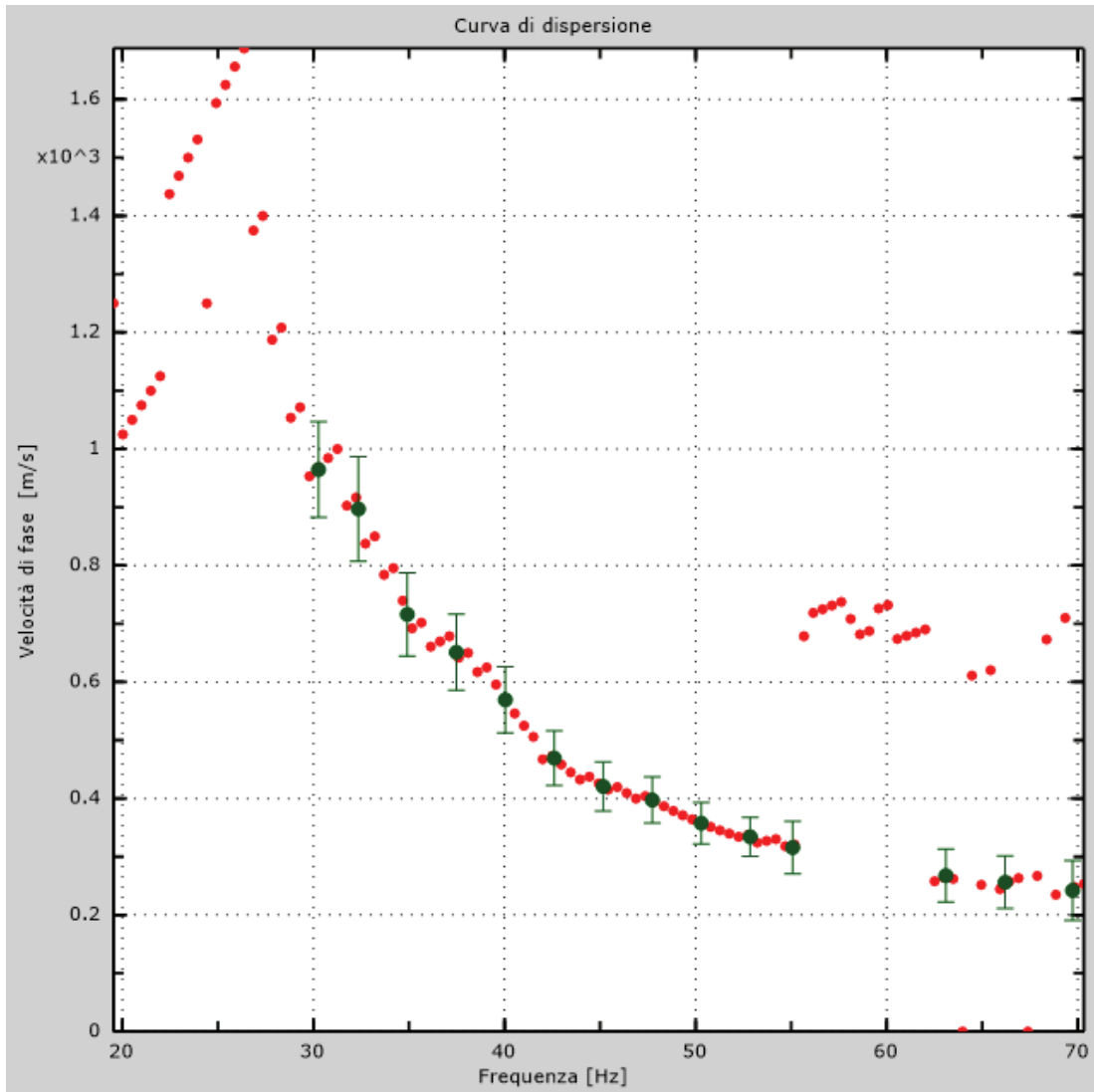


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

| | |
|---|----|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 6 |
| Spaziatura ricevitori [m] | 1m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 1 |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 1 |
| z [m] | -1 |
| Densità [kg/m ³] | 1850 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 200 |
| Vp [m/s] | 416 |
| Vs min [m/s] | 135 |
| Vs max [m/s] | 300 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 200 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2.5 |
| z [m] | -3.5 |
| Densità [kg/m ³] | 1900 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 370 |
| Vp [m/s] | 770 |
| Vs min [m/s] | 221 |
| Vs max [m/s] | 555 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 370 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -5.5 |
| Densità [kg/m ³] | 2200 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s] | 710 |
| Vp [m/s] | 1328 |
| Vs min [m/s] | 362 |

| | |
|---------------------------------|------|
| Vs max [m/s]..... | 1065 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 710 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -8.5 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2300 |
| Poisson | 0.25 |
| Vs [m/s]..... | 1000 |
| Vp [m/s] | 1732 |
| Vs min [m/s] | 498 |
| Vs max [m/s]..... | 1500 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1000 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|-------|
| h [m]..... | 4 |
| z [m]..... | -12.5 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2350 |
| Poisson | 0.25 |
| Vs [m/s]..... | 1100 |
| Vp [m/s] | 1905 |
| Vs min [m/s] | 536 |
| Vs max [m/s]..... | 1650 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1100 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 0 |
| z [m]..... | -∞ |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson | 0.25 |
| Vs [m/s]..... | 1200 |
| Vp [m/s] | 2078 |
| Vs min [m/s] | 536 |
| Vs max [m/s]..... | 1800 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1200 |

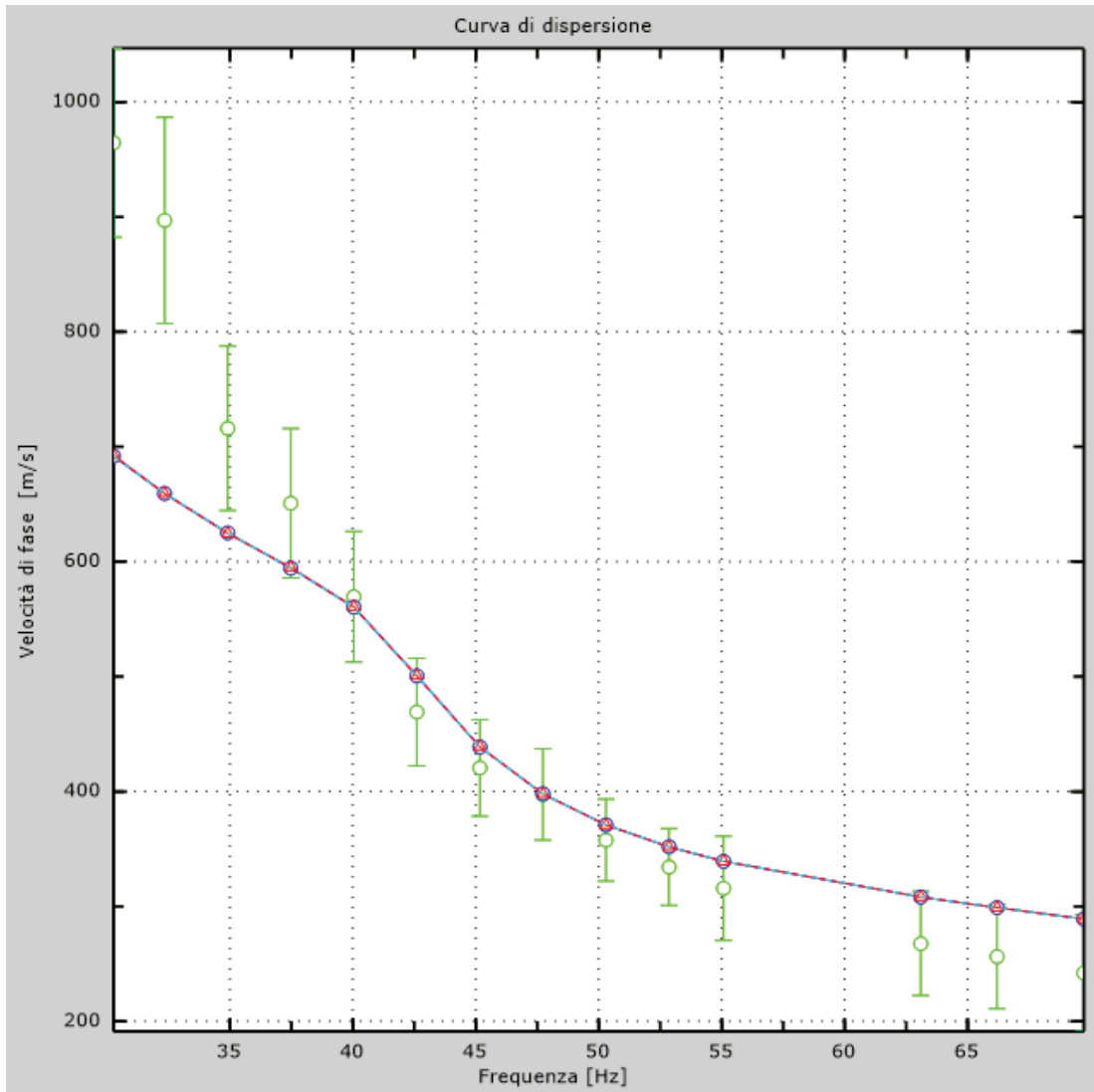


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

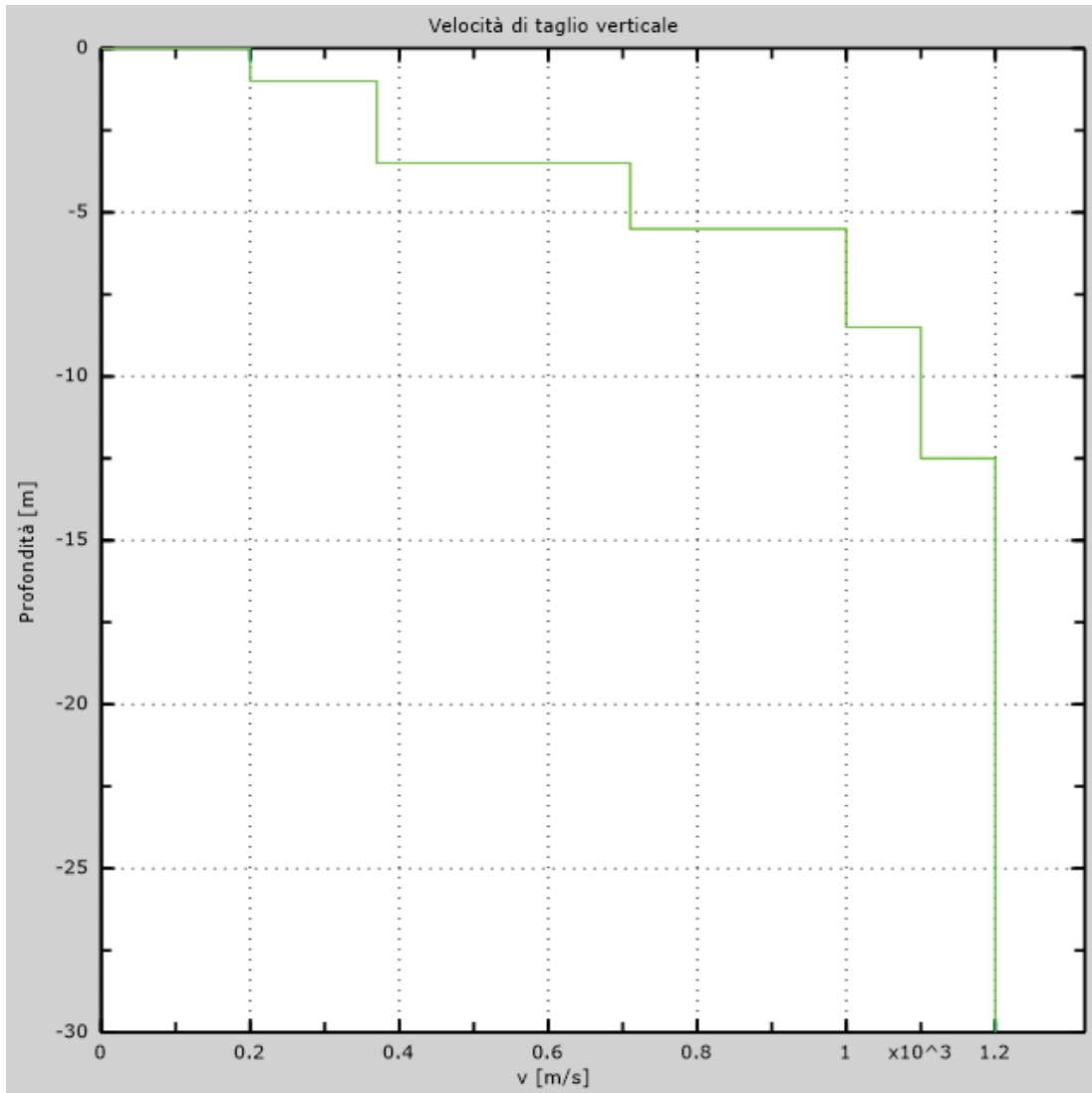


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

| | |
|--|----------|
| Piano di riferimento z=0 [m] | 1 |
| Vseq [m/s] | 470 |
| La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018 | |
| Tipo di suolo | B |

ANALISI SISMICA TIPO MASW (STESA 4)

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce

C:\condivisione\2024\24007_GAIOLE\MASW\M4-20240302T105746Z-001\M4\m1b_m4.drm

Numero di ricevitori.....24

Distanza tra i sensori:.....2m

Numero di campioni temporali2000

Passo temporale di acquisizione 1ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi 24

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms

I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

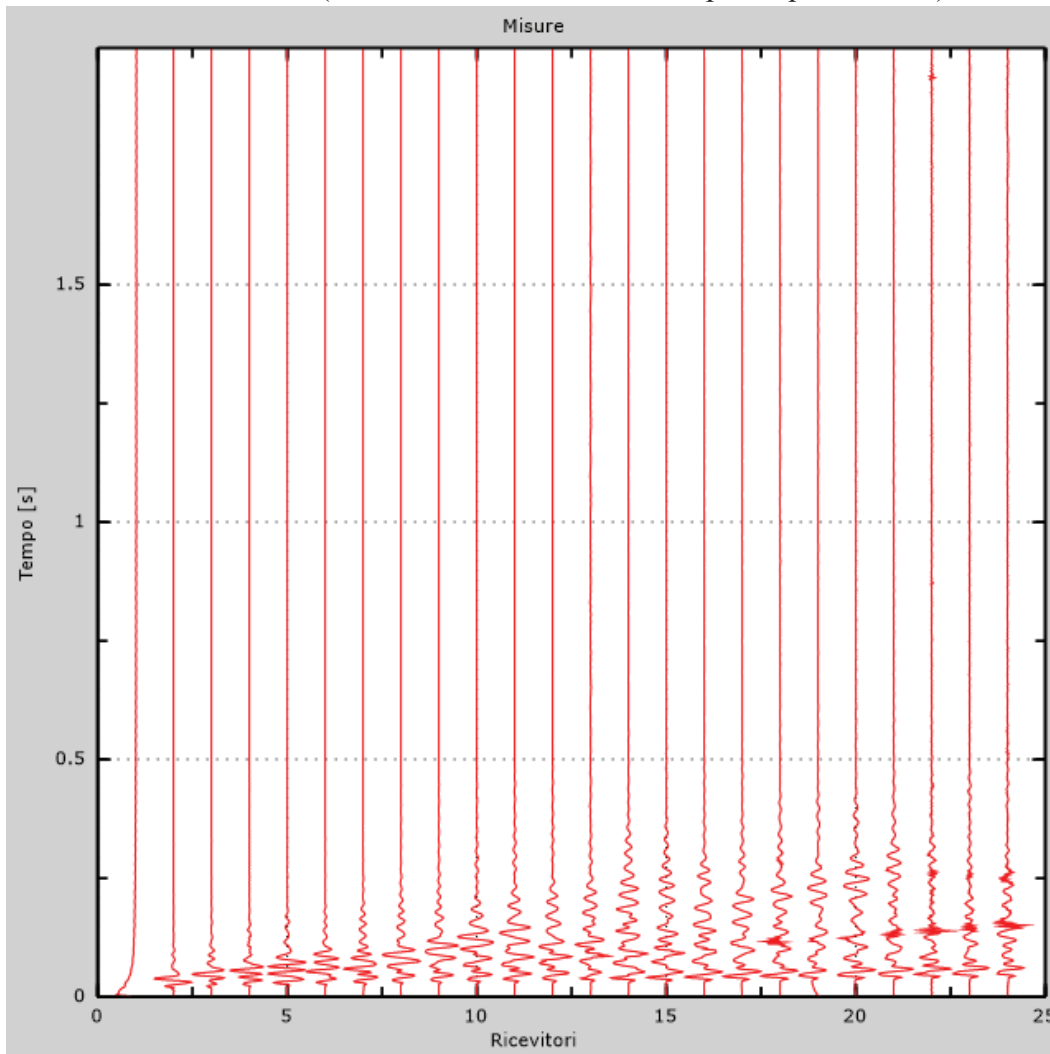


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 51Hz
Frequenza iniziale 11Hz

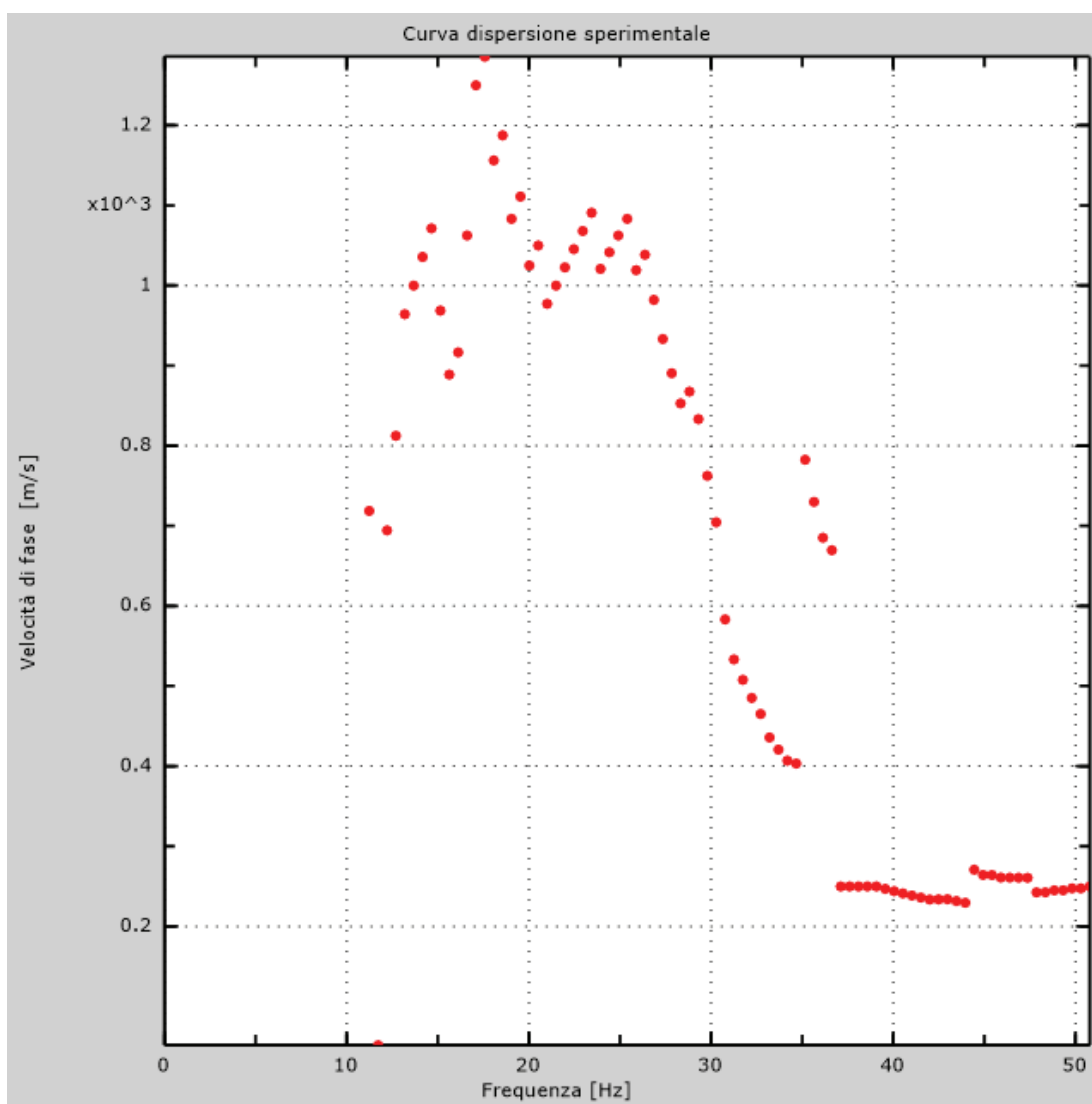


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|-------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 18.9453 | 1104.17 | 993.75 | 1214.58 |
| 21.4912 | 997.273 | 908.622 | 1085.92 |
| 24.1955 | 997.273 | 913.288 | 1081.26 |
| 27.1484 | 952.857 | 857.571 | 1048.14 |
| 28.48 | 840.967 | 759.315 | 922.62 |
| 30.1209 | 686.994 | 612.341 | 761.648 |
| 31.25 | 533.333 | 480 | 586.667 |
| 34.1318 | 402.377 | 323.058 | 481.697 |
| 37.4023 | 250 | 225 | 275 |
| 39.4531 | 247.561 | 222.805 | 272.317 |
| 41.5039 | 236.111 | 212.5 | 259.722 |
| 43.5547 | 231.335 | 208.202 | 254.469 |
| 45.6055 | 262.967 | 236.67 | 289.264 |
| 47.6563 | 249.846 | 224.861 | 274.83 |
| 49.707 | 247.087 | 222.379 | 271.796 |
| 50.8139 | 241.406 | 215.743 | 267.068 |

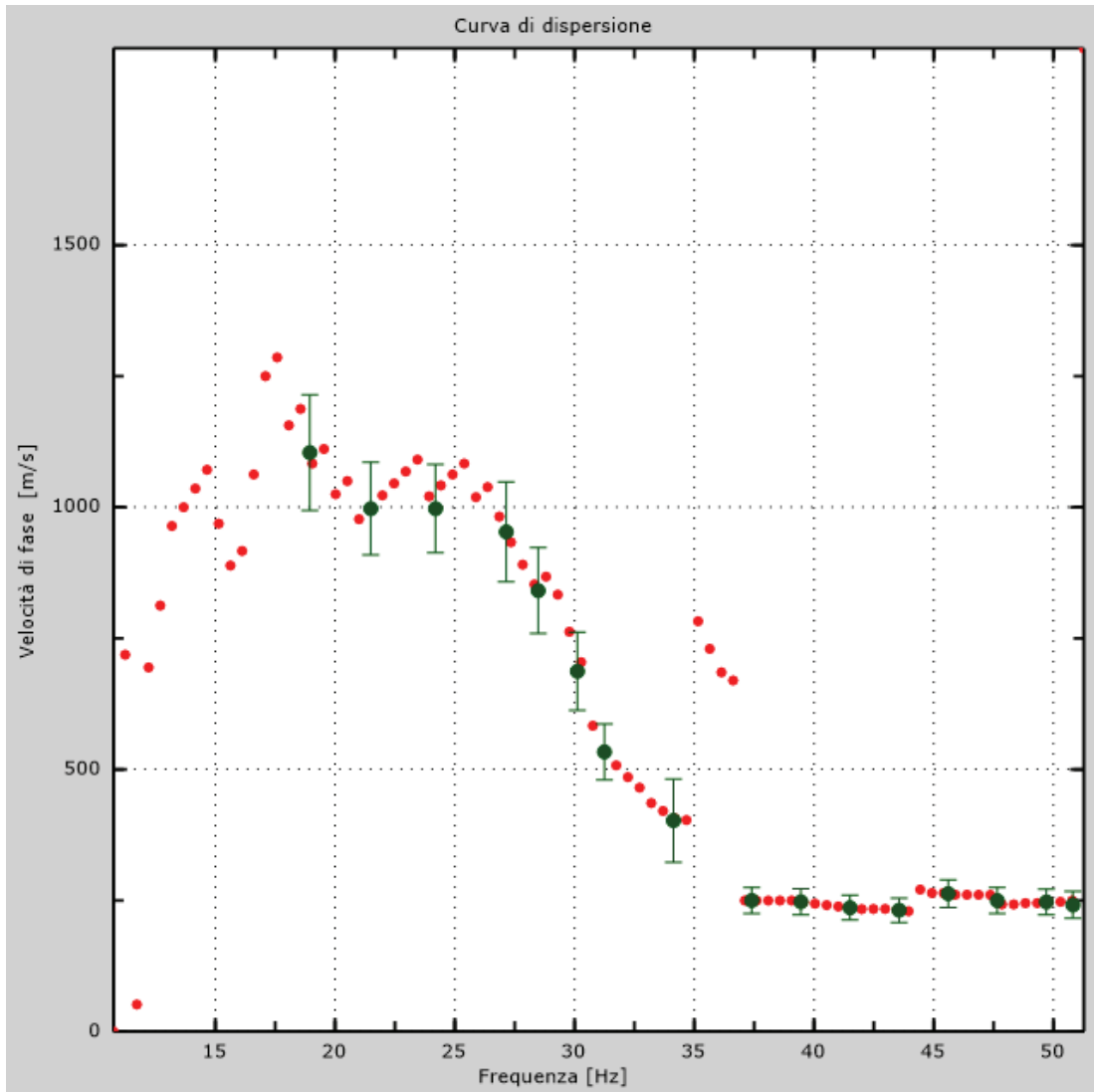


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

| | |
|---|----|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 7 |
| Spaziatura ricevitori | 2m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 1 |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 1 |
| z [m] | -1 |
| Densità [kg/m ³] | 1800 |
| Poisson | 0.4 |
| Vs [m/s] | 125 |
| Vp [m/s] | 306 |
| Vs min [m/s] | 87 |
| Vs max [m/s] | 188 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 125 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -3 |
| Densità [kg/m ³] | 2100 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 470 |
| Vp [m/s] | 978 |
| Vs min [m/s] | 139 |
| Vs max [m/s] | 705 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 470 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 1 |
| z [m] | -4 |
| Densità [kg/m ³] | 2300 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 1100 |
| Vp [m/s] | 2290 |
| Vs min [m/s] | 296 |

| | |
|---------------------------------|------|
| Vs max [m/s]..... | 1650 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1100 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 4 |
| z [m]..... | -8 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 1300 |
| Vp [m/s] | 2706 |
| Vs min [m/s] | 382 |
| Vs max [m/s]..... | 1950 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1300 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -11 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s]..... | 1200 |
| Vp [m/s] | 2498 |
| Vs min [m/s] | 529 |
| Vs max [m/s]..... | 1800 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1200 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 3 |
| z [m]..... | -14 |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson | 0.3 |
| Vs [m/s]..... | 1250 |
| Vp [m/s] | 2339 |
| Vs min [m/s] | 554 |
| Vs max [m/s]..... | 1875 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1250 |

Strato 7

| | |
|-----------------------------------|------|
| h [m]..... | 0 |
| z [m]..... | -∞ |
| Densità [kg/m ³]..... | 2400 |
| Poisson..... | 0.3 |
| Vs [m/s]..... | 1300 |
| Vp [m/s]..... | 2432 |
| Vs min [m/s] | 613 |
| Vs max [m/s]..... | 1950 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 1300 |

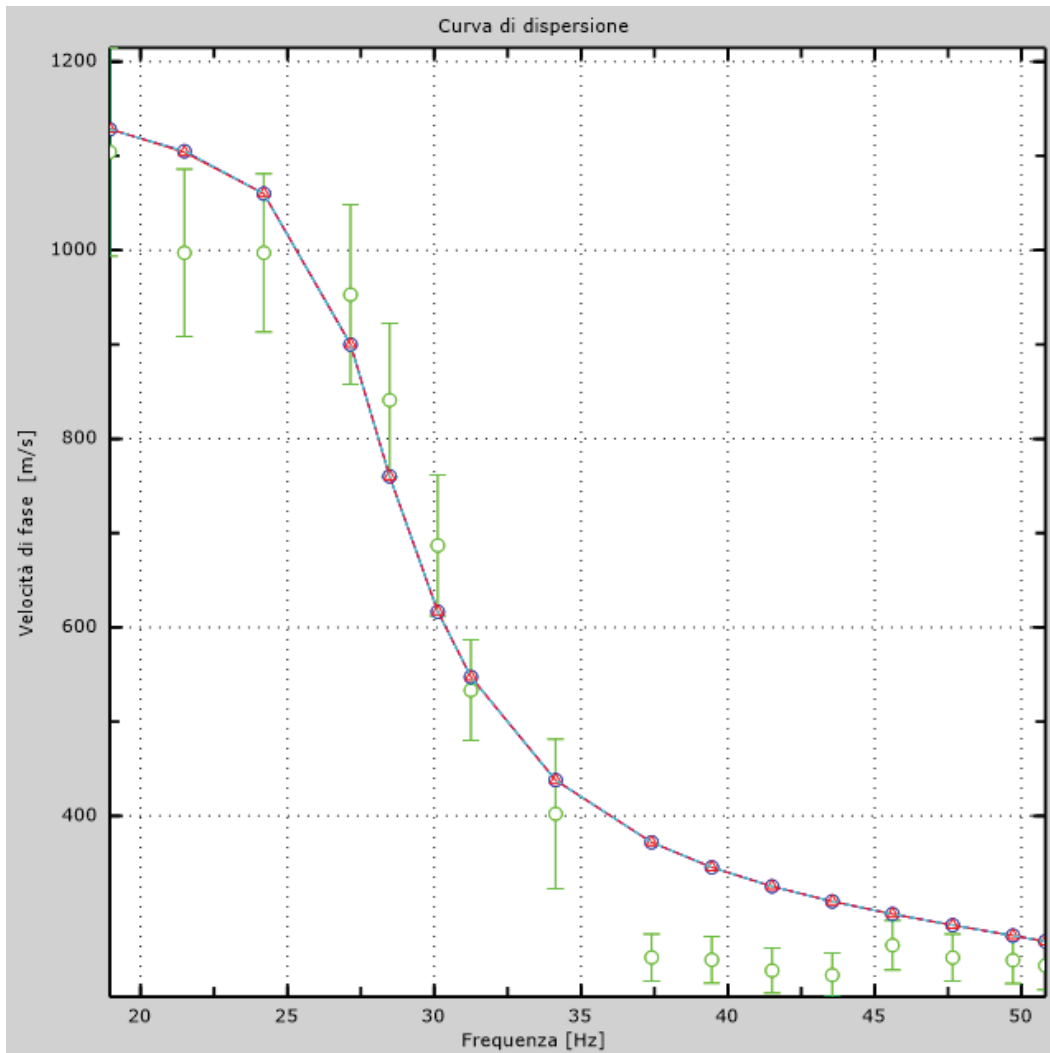


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

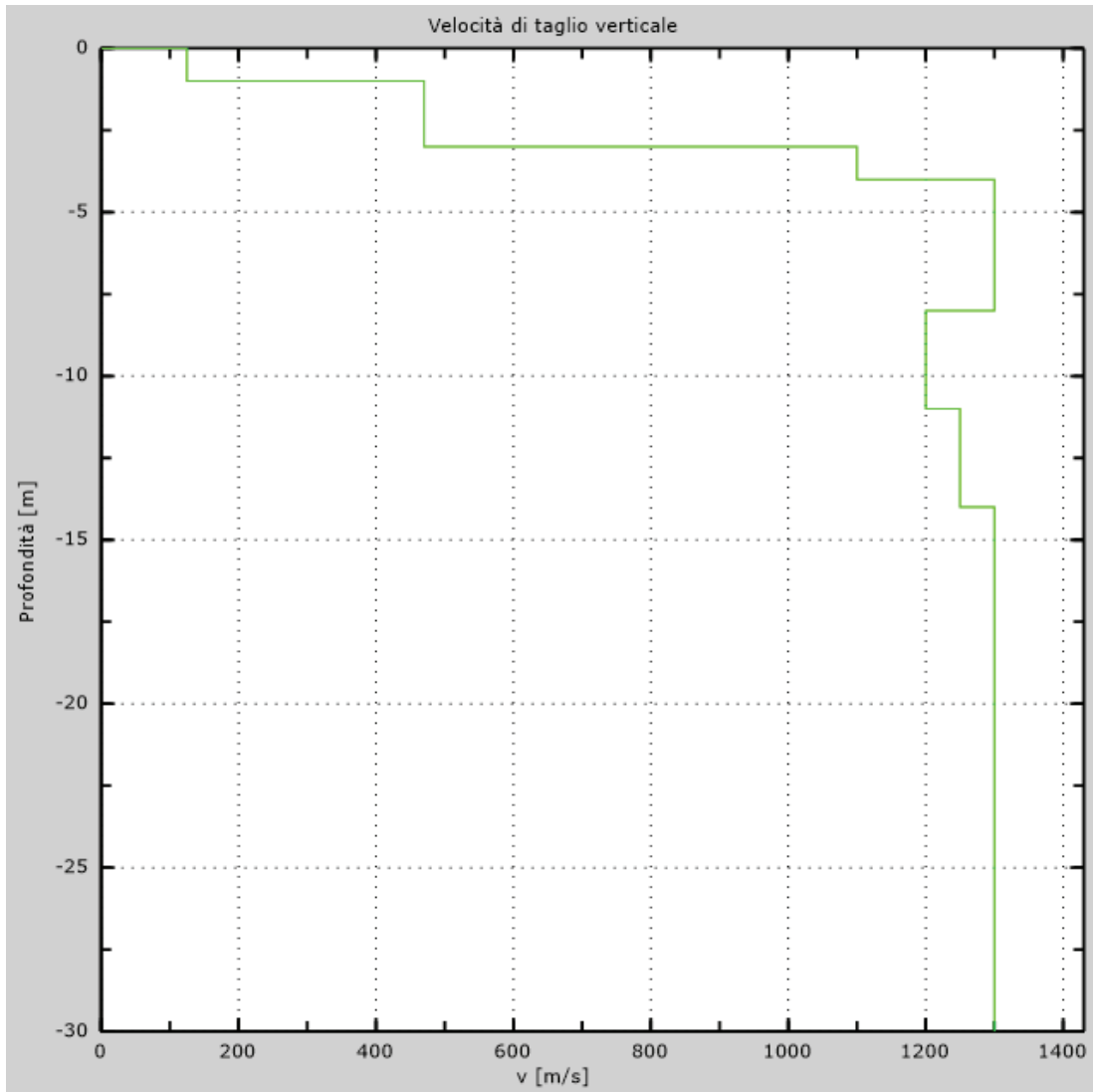
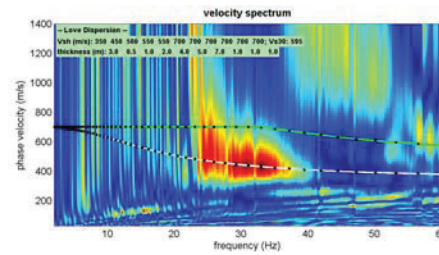
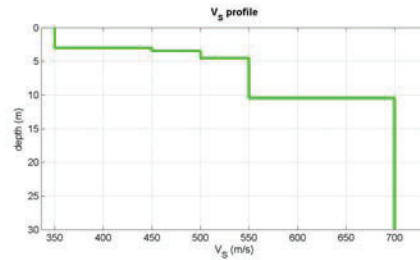
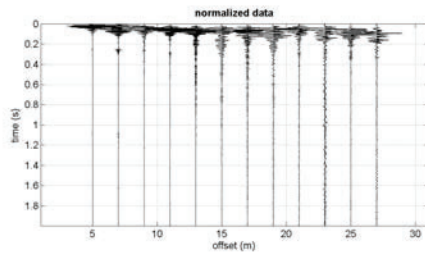


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

| | |
|--|----------|
| Piano di riferimento z=0 [m] | 0 |
| Vseq [m/s]..... | 245 |
| La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018 | |
| Tipo di suolo | E |

www.winmasw.com



Mean model

V_s (m/s): 350, 450, 500, 550, 550, 700, 700, 700, 700, 700, 700

Thickness (m): 3.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 7.0, 1.0, 1.0, 1.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.97 2.04 2.06 2.09 2.09 2.15 2.15 2.12 2.09 2.08 2.08

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 241 413 516 631 631 1051 1051 1039 1022 1017 1017

Analysis: Love Waves

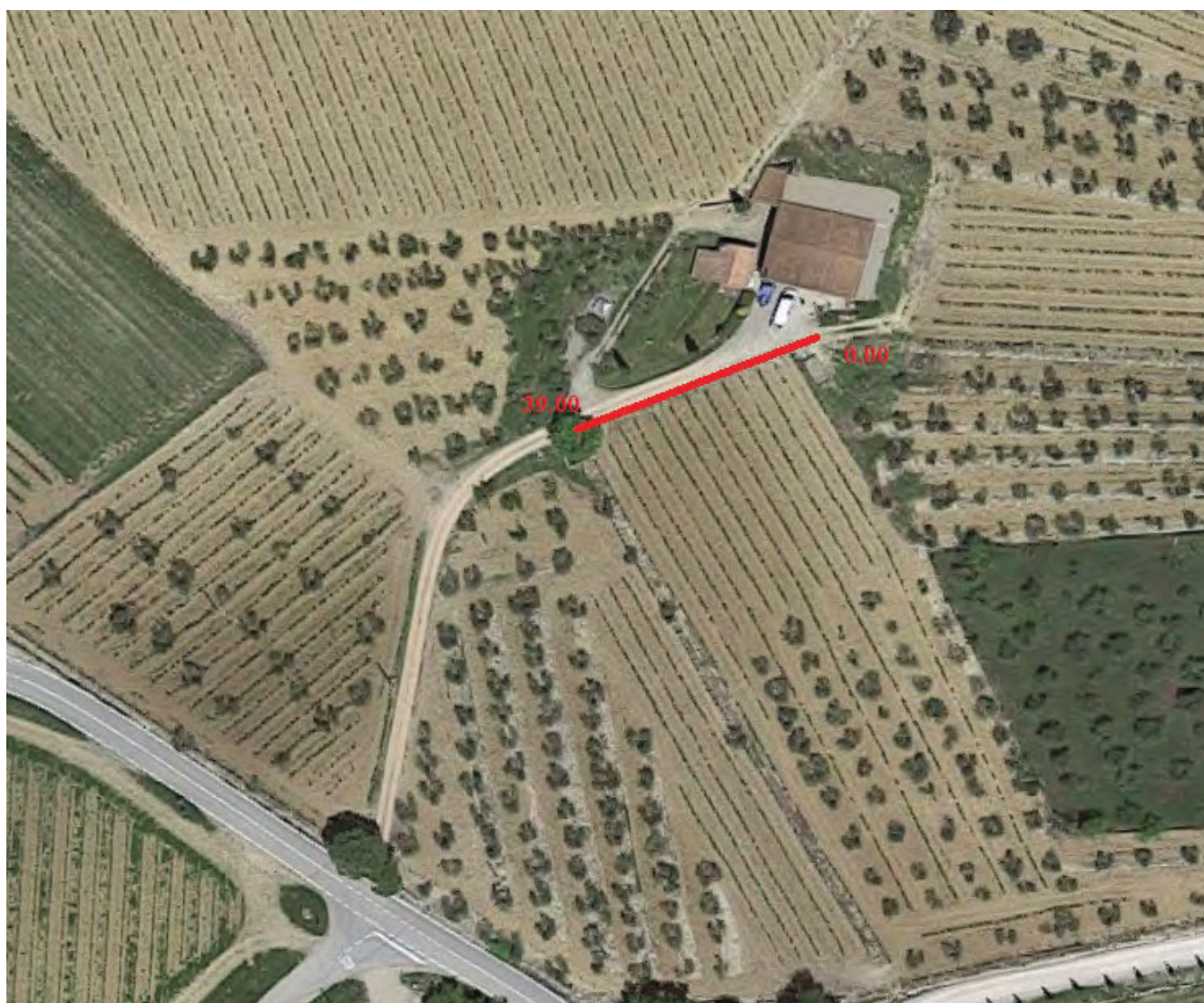
V.E. (m/s): 595

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

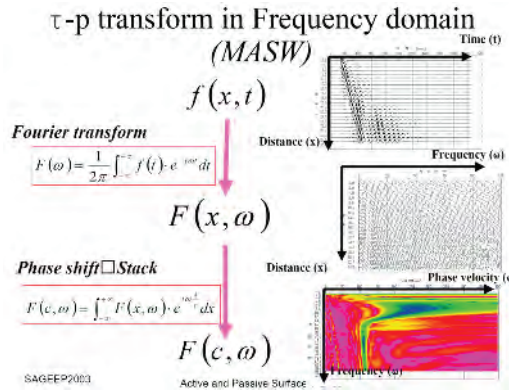
S.P. TRAVERSA DEL CHIANTI - GAIOLE IN CHIANTI

21.06.2022

committente: **BENCINI Luciano e BENCINI Giuseppe**
direzione cantiere : **Dott. Geol. PIGNATTAI LUCIANO**

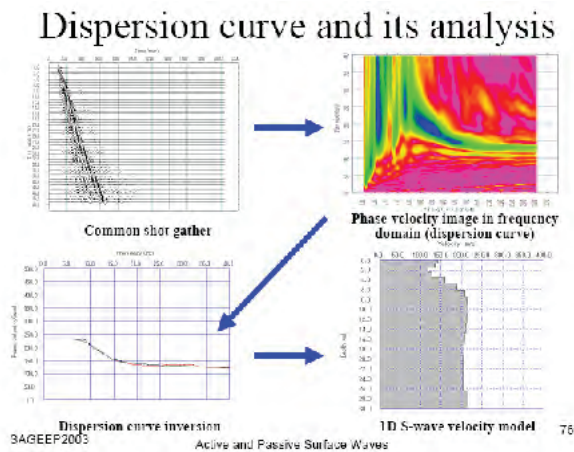


(foto aerea da GEOSCOPIO - 43.45232,11.39147)



A posteriori dell'analisi matematica del segnale acquisito, definito un modello stratigrafico compatibile con la geologia locale, si provvede all'inversione della curva di dispersione ottenendo la sismo stratigrafia.

Di seguito è indicato il procedimento di elaborazione che ha prodotto i certificati in allegato:



CONSIDERAZIONI SULLE ELABORAZIONI DATI

L'indagine geofisica, elaborata con M.A.S.W. a X = 0.00 m (prossima all'area d'intervento), ha evidenziato la presenza di un substrato sismico a 12 m dal p.c..

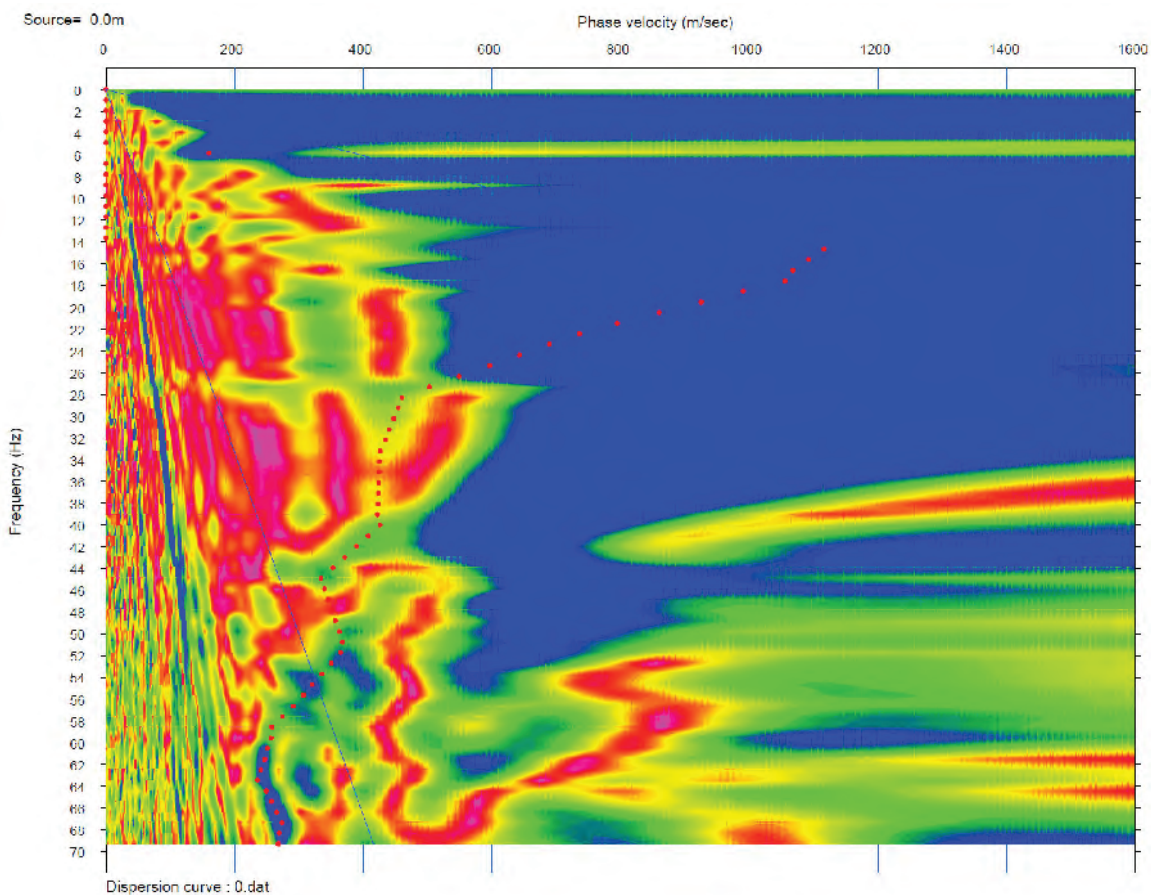
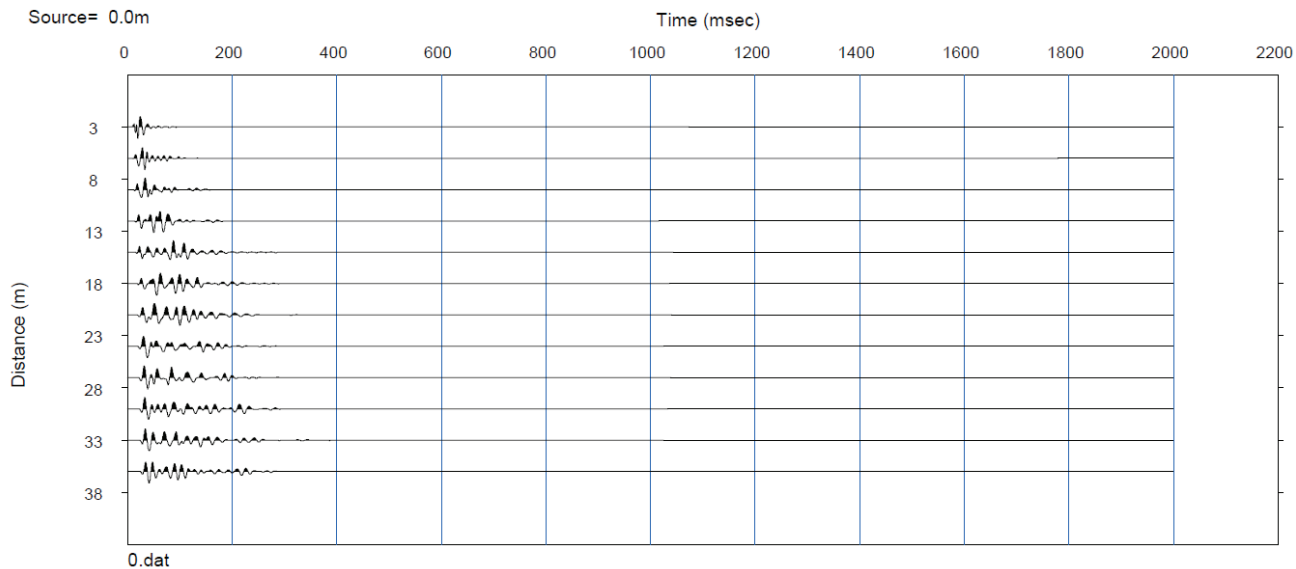
Per quanto definito in NTC2018 e dalla Circ. 7/19, per la definizione della categoria di sottosuolo semplificata si deve valutare la Vs equivalente sullo spessore soprastante il substrato.

Per quanto detto, si definisce che la Vseq12 = 417 m/s, compresa tra i 360 ed 800 m/s, ovvero riferibile ad una categoria di sottosuolo semplificata **B**

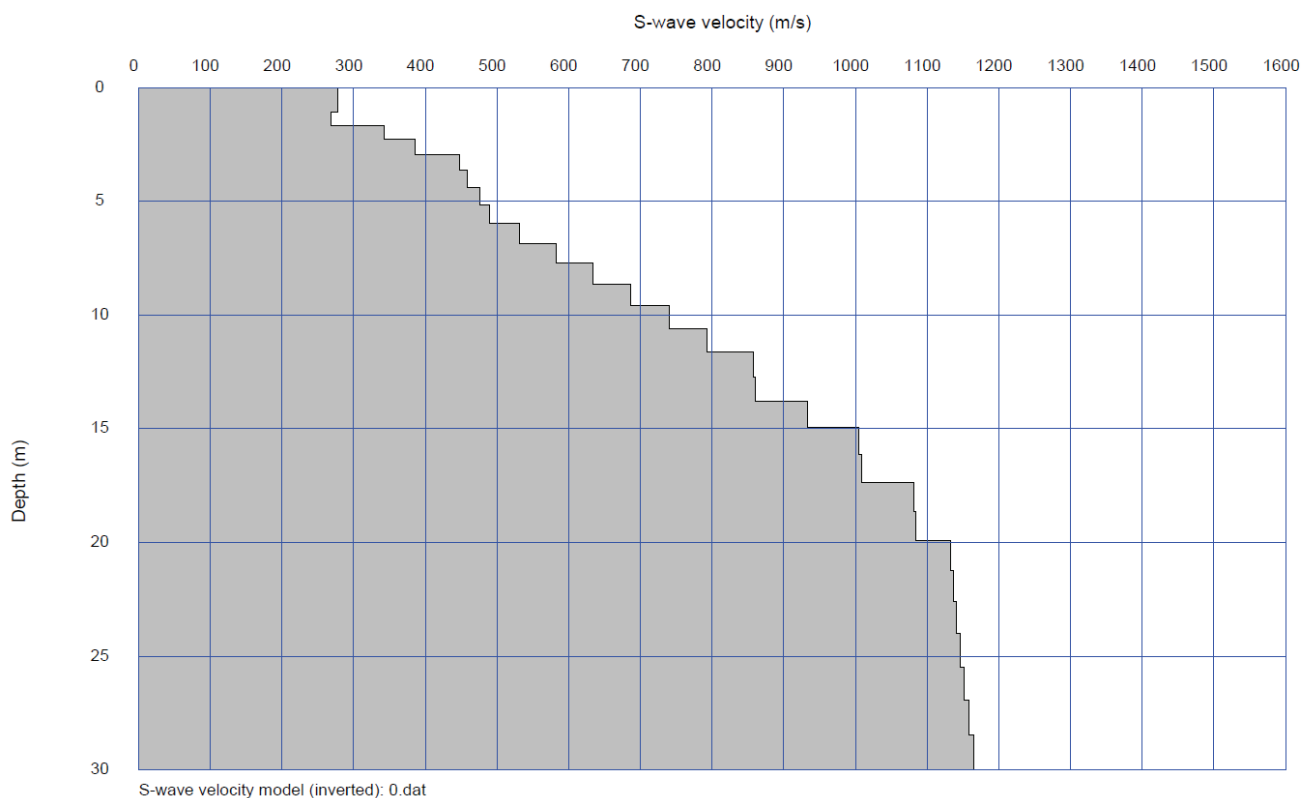
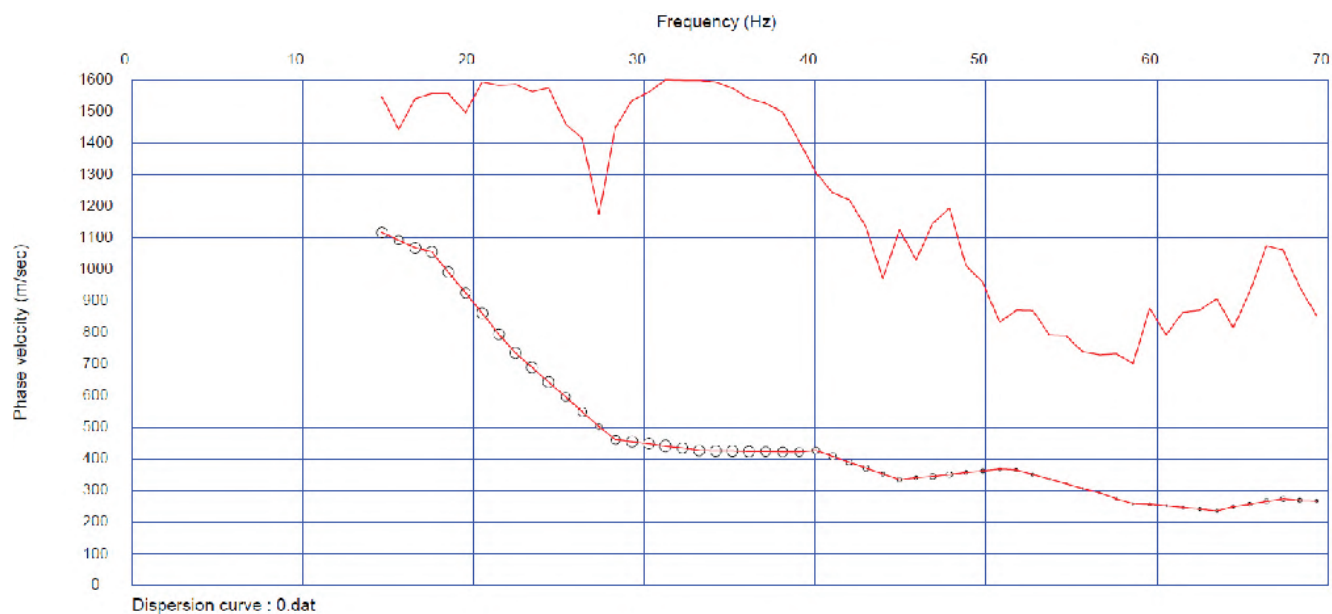
Dott. Geol. Lando Umberto Pacini

MULTICHANNEL ANALYSIS SURFACE WAVES

BASE 1 x = 0.00 m



MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES BASE 1 x = 0.00 m



Lpgeognostica di Lando U. Pacini

Le formule per esprimere i moduli in funzione di V_S , V_P e densità:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Modulo di Poisson (adimensionale) | $(V_P^2 - 2V_S^2) / [2(V_P^2 - V_S^2)]$ |
| Modulo di Young (in Pa) | $\rho V_S^2 (4 - 3k^2) / (1 - k^2)$ |
| Modulo di Taglio (in Pa) | ρV_S^2 |
| Modulo di Lamé λ (in Pa) | $\rho V_S^2 (k^2 - 2)$ |
| Modulo di Compressione (in Pa) | $\rho V_S^2 (k^2 - 4/3)$ |

dove:

$k = V_P/V_S$ (adimensionale)

$\rho =$ densità (Kg/m³)

V_S e $V_P =$ velocità onde di taglio e compressionali in m/s

Chiaramente per convertire valori espressi in Pascal (Pa) in valori in MegaPascal (MPa) è sufficiente dividere il numero per 10⁶ (Mega = 1 milione)

Considerazioni sul cantiere svolto

Il cantiere presenta pendio regolare, ma con differenze di pendenza a seconda del punto di sviluppo della sezione, svolta circa lungo la massima pendenza.

L'elaborazione M.A.S.W. vede una ricerca di minor frequenza con velocità di rotazione ellittica retrograda (onde di Rayleigh) adeguatamente stabile e definita al meglio. Allo scopo si sono svolte successive acquisizioni atte a incrementare il rapporto segnale/rumore e, soprattutto, rendere statisticamente robusta la definizione delle frequenze derivate dalla FFT sulle tracce sismografiche acquisite. La valutazione del profilo sismostratigrafico utile alla definizione della categoria di sottosuolo è stata ottenuta mediante l'utilizzo dello shot a 0.00 m.

Si ricorda che l'indagine M.A.S.W. in onde P, quale quella che si è resa disponibile per l'area d'intervento, permette di definire la velocità delle onde di Rayleigh che, per conoscenza bibliografica consolidata, possono essere correlate con le V_S , ovvero le velocità delle onde di taglio polarizzate nel piano verticale.

E' stata definita assenza di substrato sismico $V_S = 800$ m/s entro i primi 30 m dal piano campagna a profondità variabile ma non inferiore a 9 m dal p.c (X = 0.00 m).

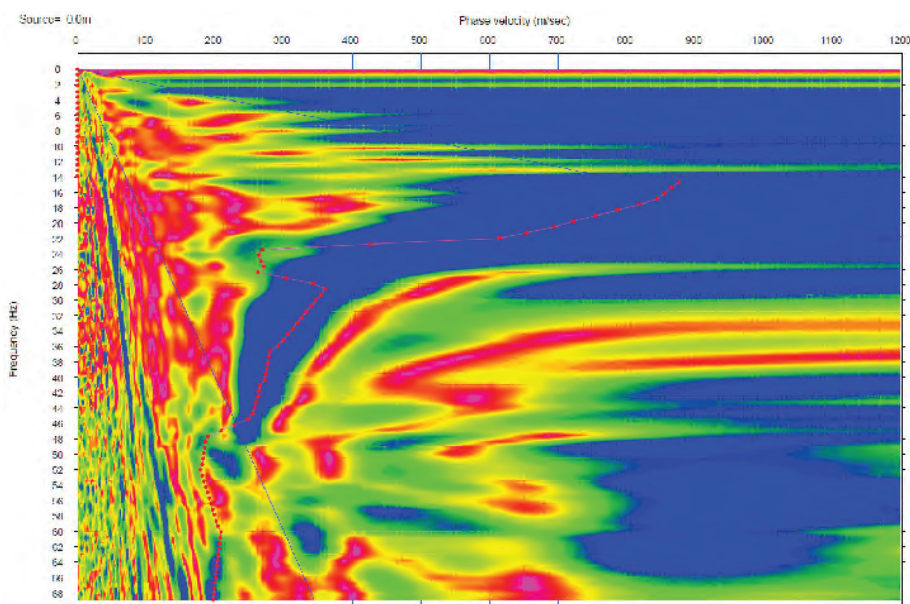
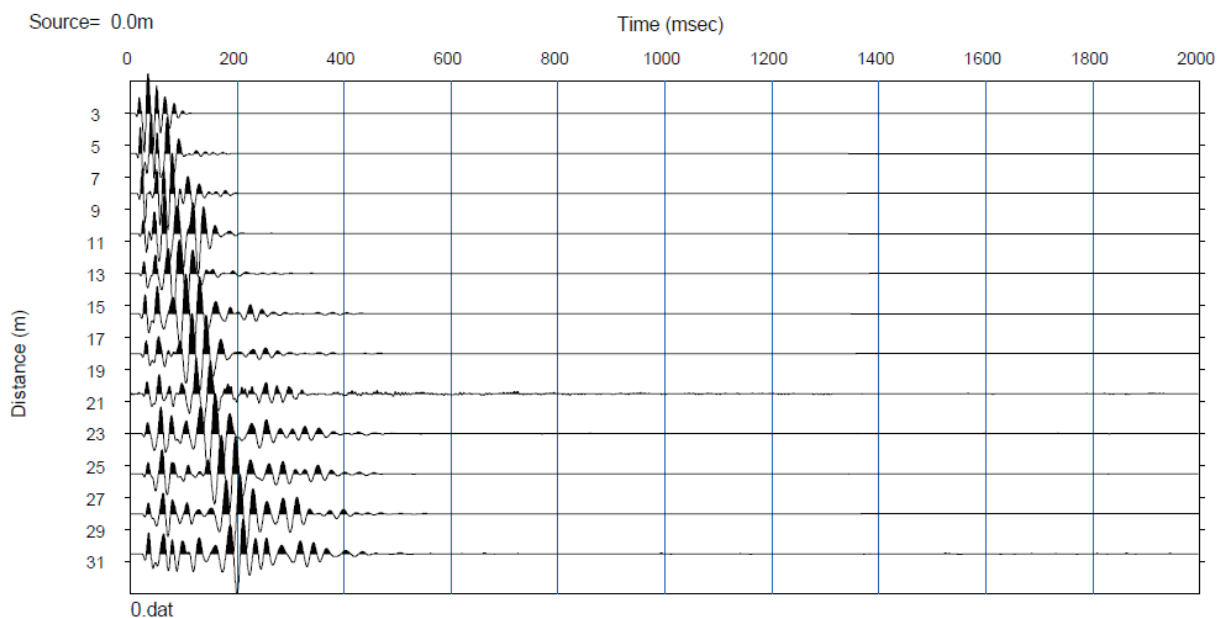
La sismostratigrafia derivata, prodotta sia nella sezione tomografica che nella sezione M.A.S.W.2D, risulta circa pianoparallela.

Dalla elaborazione M.A.S.W. è definita una V_S 30equivalente compresa nell'intervallo $360 < V_S30eq < 800$ m/s e quindi si può riferire ad uno spettrogramma semplificato afferente ad una categoria di sottosuolo NTC18 = **B**.



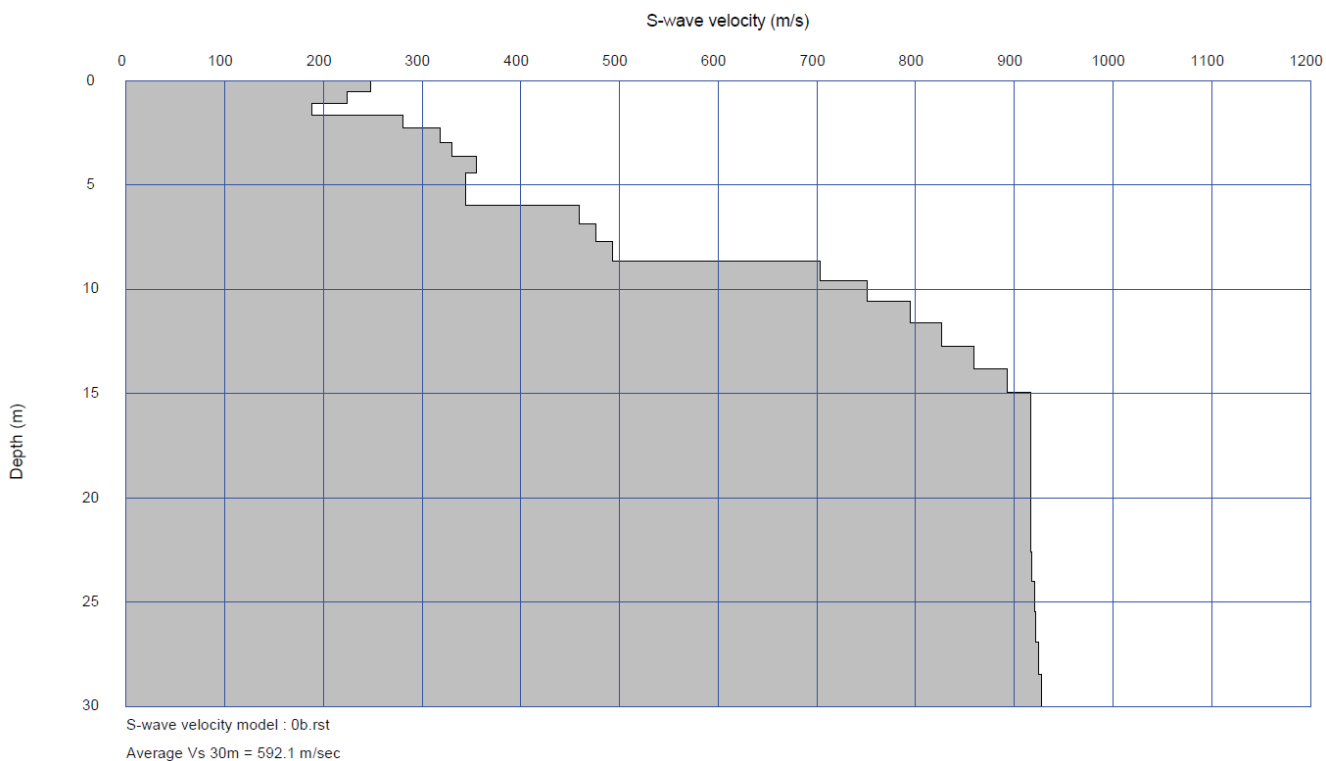
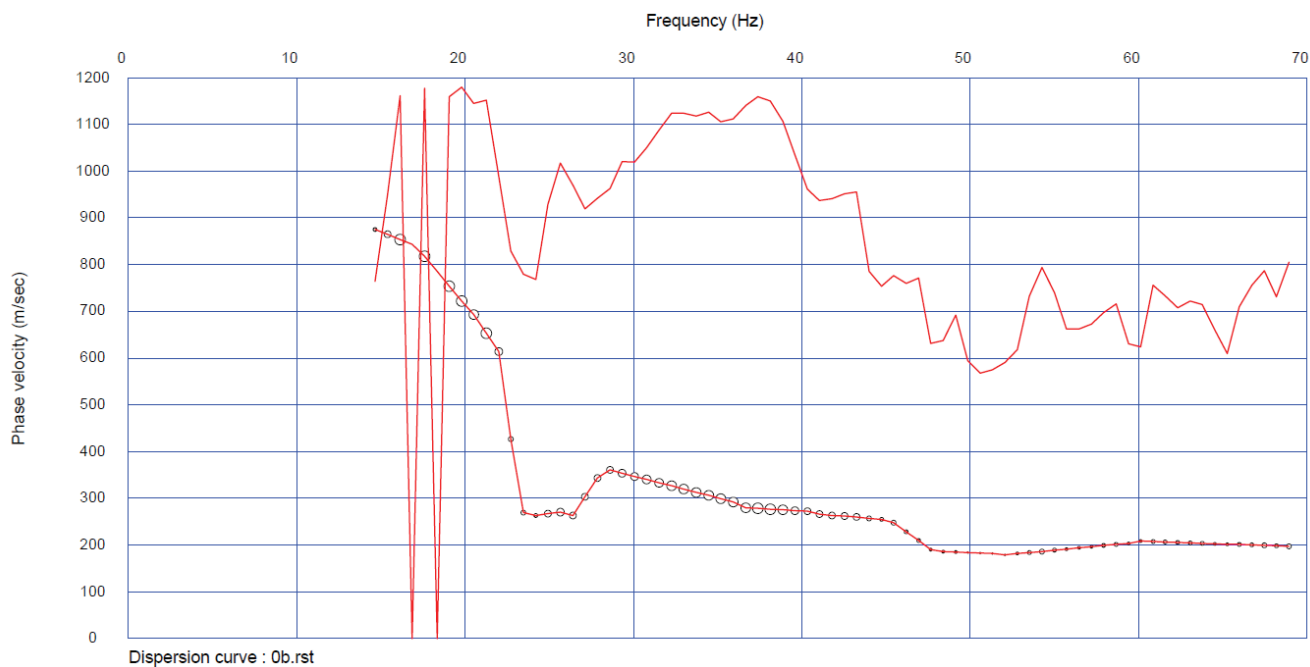
Dott. Geol. Lando Umberto Pacini

MULTICHANNEL ANALYSIS SURFACE WAVES base 1 x = 0.00 m

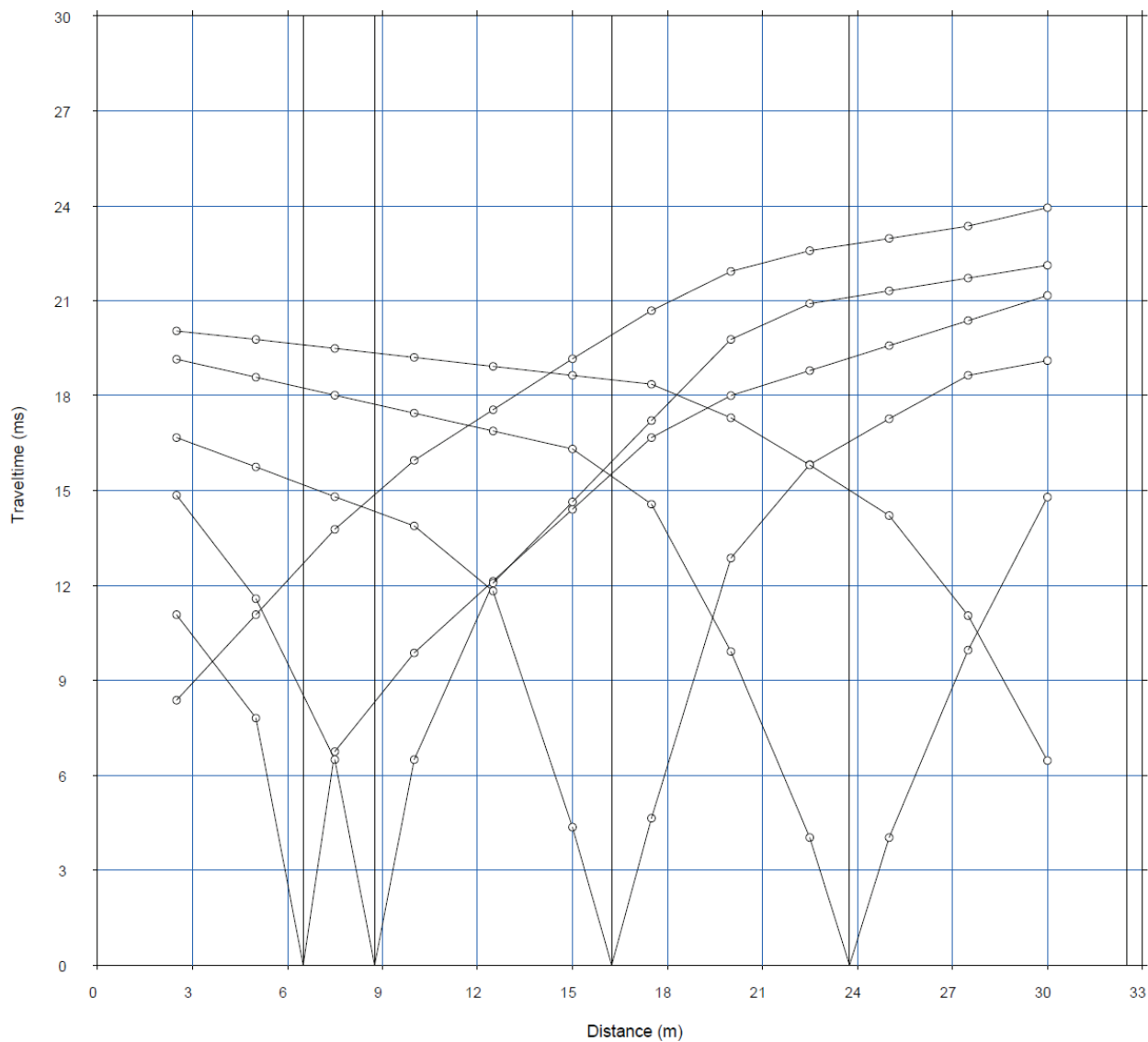


MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES

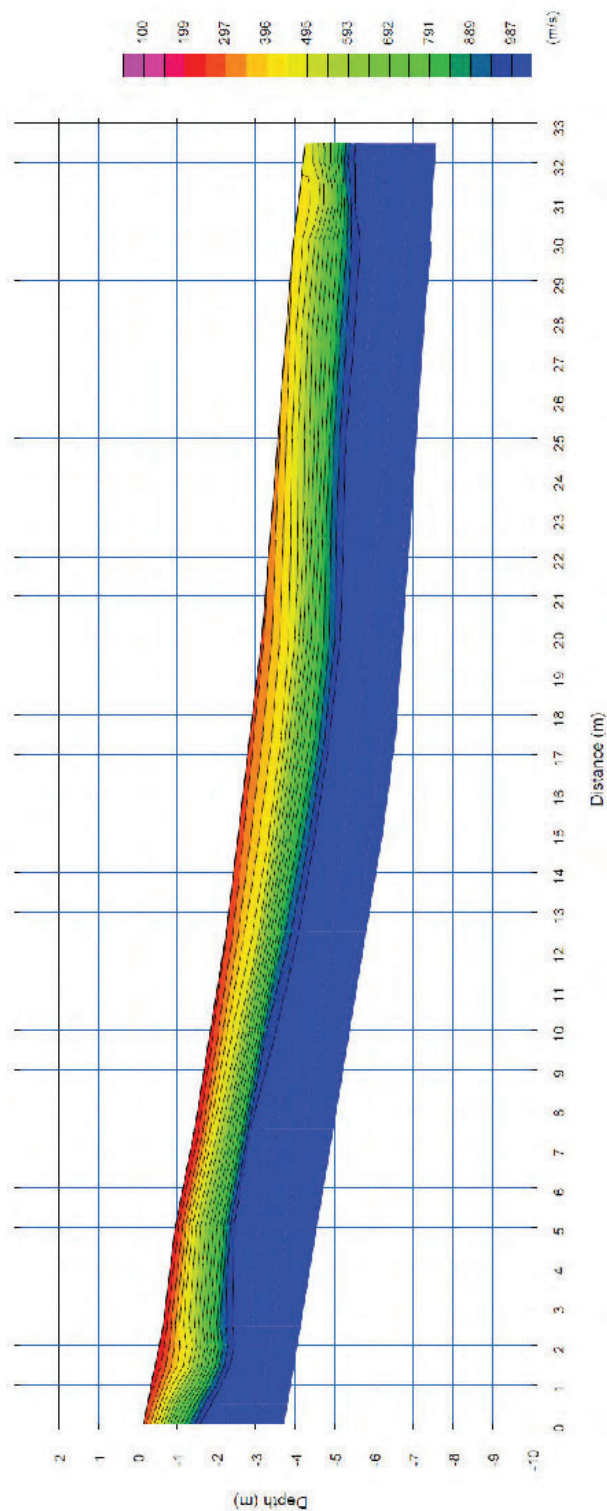
base 1 x = 0.00 m



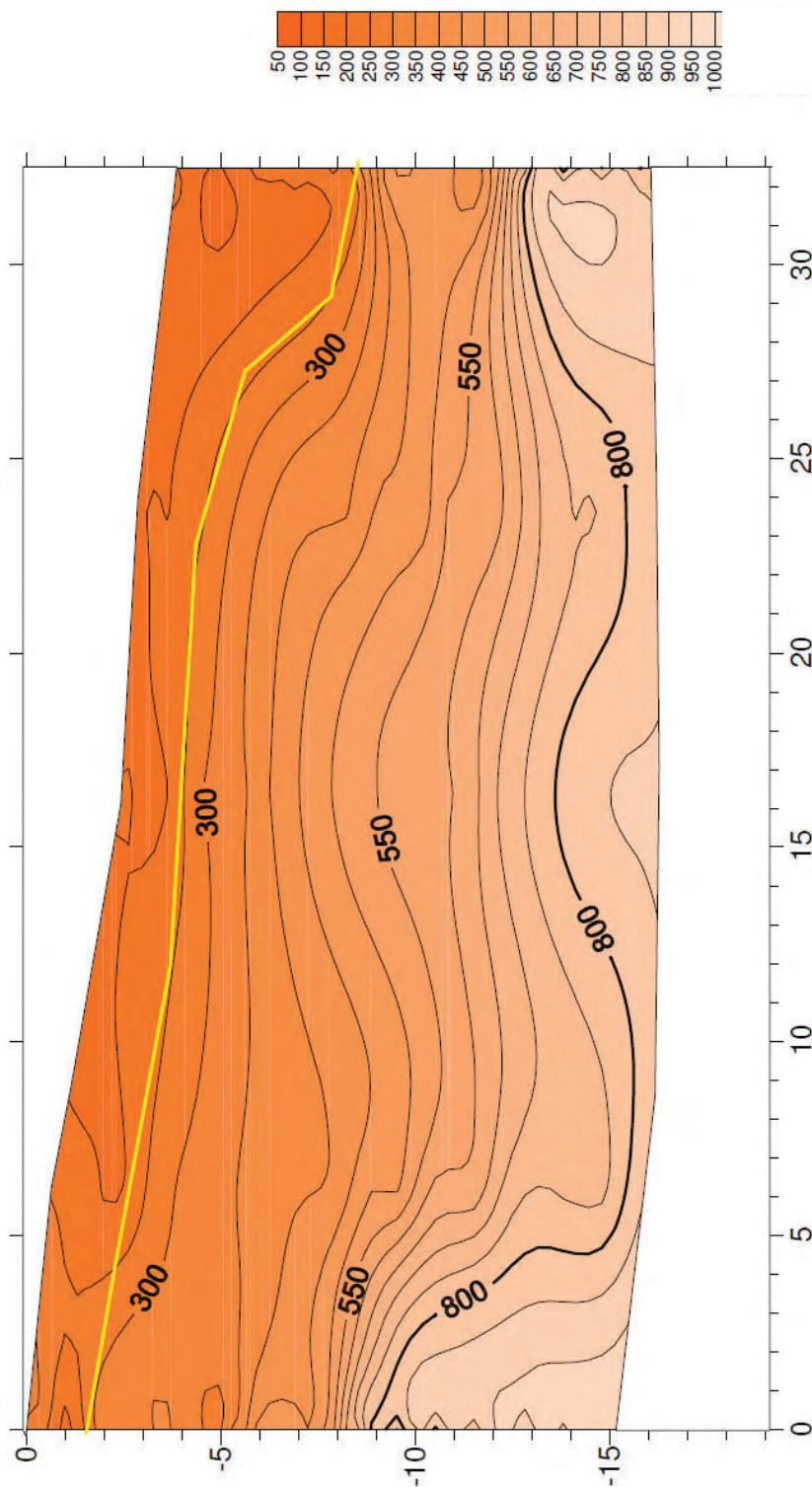
TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE dromocrone



TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE sezione sismostratigrafica



MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES sezione 2D



Indagine Sismica MASW

Gaiole in chianti - Barbischio – Loc. Piombecci

Stendimento e campionamento:

Committente:
Dott. Geol. Mirco BERNARDONI

Pag.
1

Data acquisizione: 5 Aprile 2012
Offset minimo: 4 *mt.*
Distanza intergeofonica: 2 *mt.*
Lunghezza stendimento: 52 *mt.*
Configurazione: 24 canali
Energizzazione con grave da 20 kg
Acquisizione delle tracce a 2000.0 *msec.* con
periodo di campionamento di 1.0 *msec.*

Sistema digitale di acquisizione DoReMi
(SARA electronic instruments s.r.l.) corredato
da 24 geofoni verticali da 4,5 Hz, con
dinamica di base di 96dB (16 bit).

Elaborazione

Elaborazione per mezzo Software
EasyMASW Geostru Software.

Pag.
3

1. Analisi delle tracce
2. Analisi spettrale
3. Processo di inversione
4. Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (Profili di velocità)
5. Tabelle dei valori di inversione e valori geotecnici.
6. Calcolo del parametro Vs30

Classificazione Simica

La velocità delle onde S nei
primi 30 metri risulta:

Pag.
5

Vs30 = 898.79 [m/s]



Metodologia MASW

Le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo d'indagine MASW è basato su un'energizzazione meccanica (Sismica Attiva) del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale.

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 $\Delta = v/f$) del segnale sismico si propagano ad una velocità diversa in funzione delle caratteristiche del mezzo.

..Approfondimenti a pagina 6

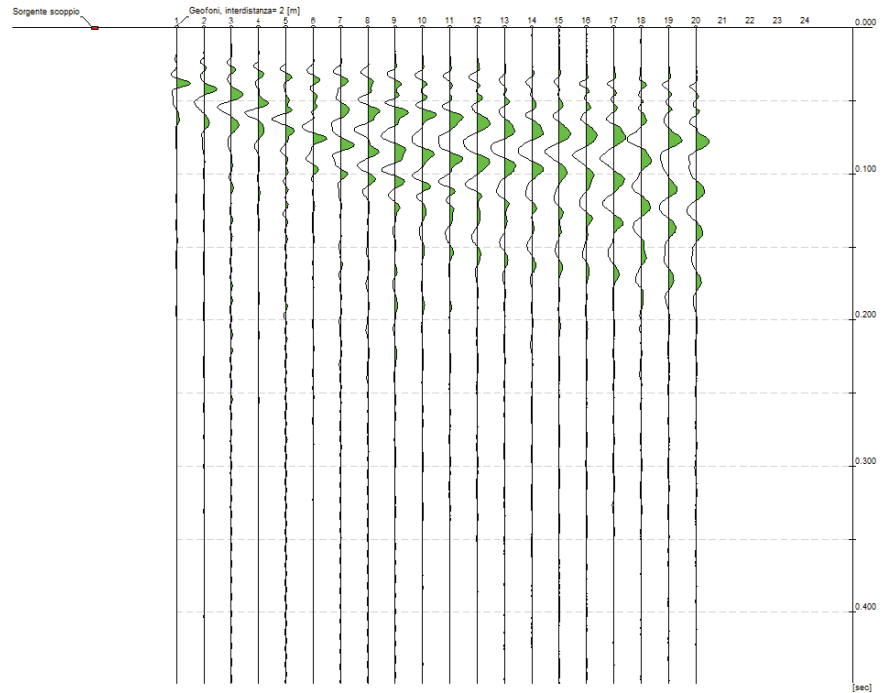
Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

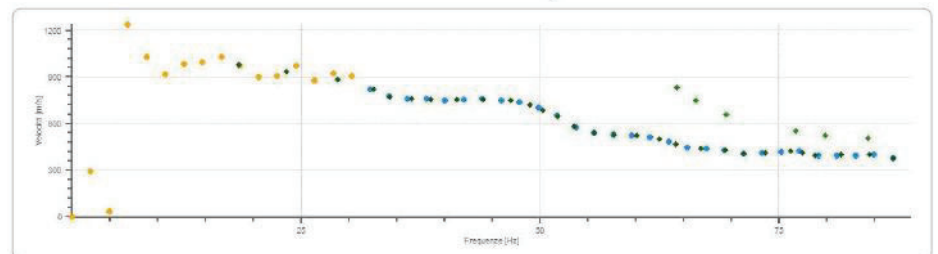
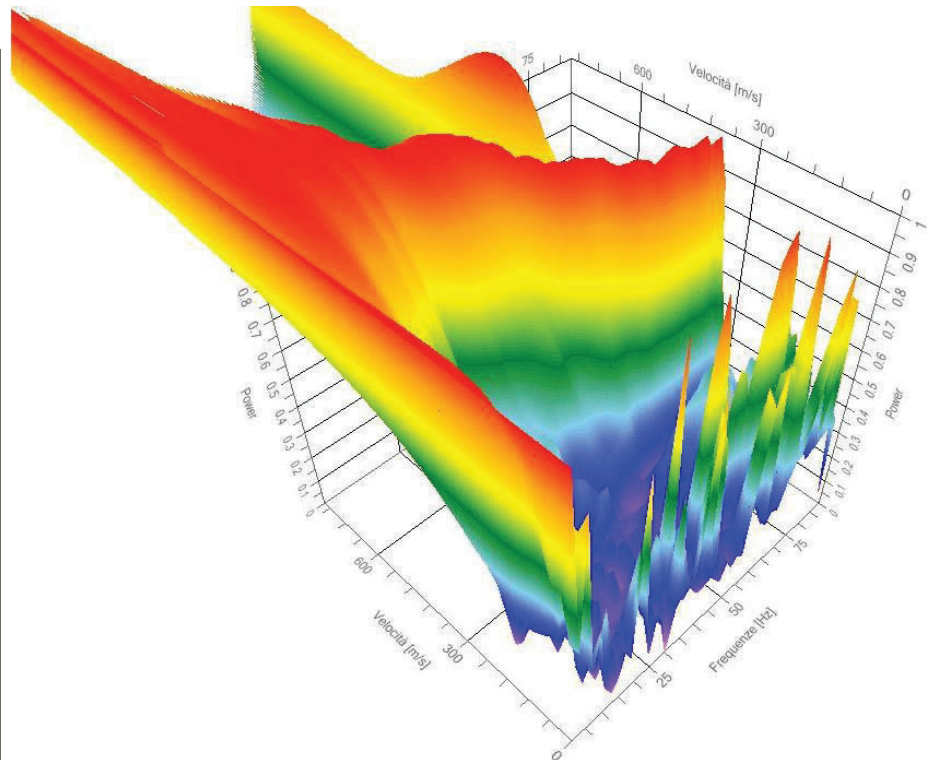
FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D

Tracce Acquisite



Spettro velocità di fase



Software di acquisizione:
DoReMi Software v. 1.1.36

Caratteristiche tecniche del sismografo

Caratteristiche tecniche

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
 Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
 Lunghezza max rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
 N. max canali per tratta: 255
 Dimensioni elemento: 80x55x18 mm
 Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
 Cavo: 4 fili, 2 coppie, robotico resistente a torsioni, flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento
 Memoria: 64 kBytes (>30000 campioni)
 Frequenze selezionabili: da 200 a 20000 Hz (da 5 a 0.05 ms)
 Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
 Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
 Filtri: 3Hz passa alto, 200Hz passa basso
 Reiezione modo comune: >80dB
 Diafonia (crosstalk): non valutabile per architettura ad elementi singoli a trasmissione digitale, virtualmente nulla.

Dinamica del sistema
 Risoluzione: 7.600 µV @ 10x; 0.076 µV @ 1000x
 Dinamica di base: 96dB (16 bit)
 S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >90dB (RMS)
 Full range a 10x: 0.5V p-p
 Risoluzione: 0.000002V p-p @ 1000x 4000Hz (RMS)
 Dinamica totale teorica: 155dB (A/D + PGA)

Alimentazione
 Tensione di alimentazione: 10-15Vdc
 Consumo: Unità di testa: 20mA
 Per Canale: 40mA
 Consumo totale 12 canali: 510mA



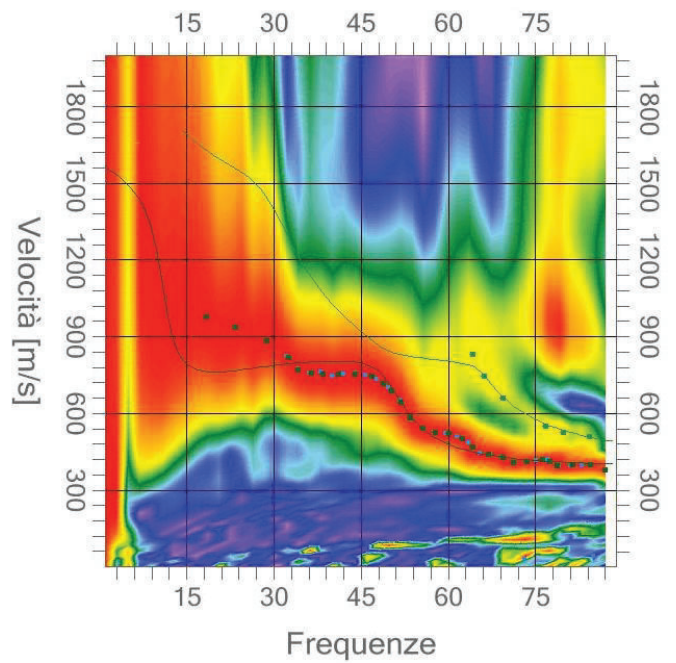
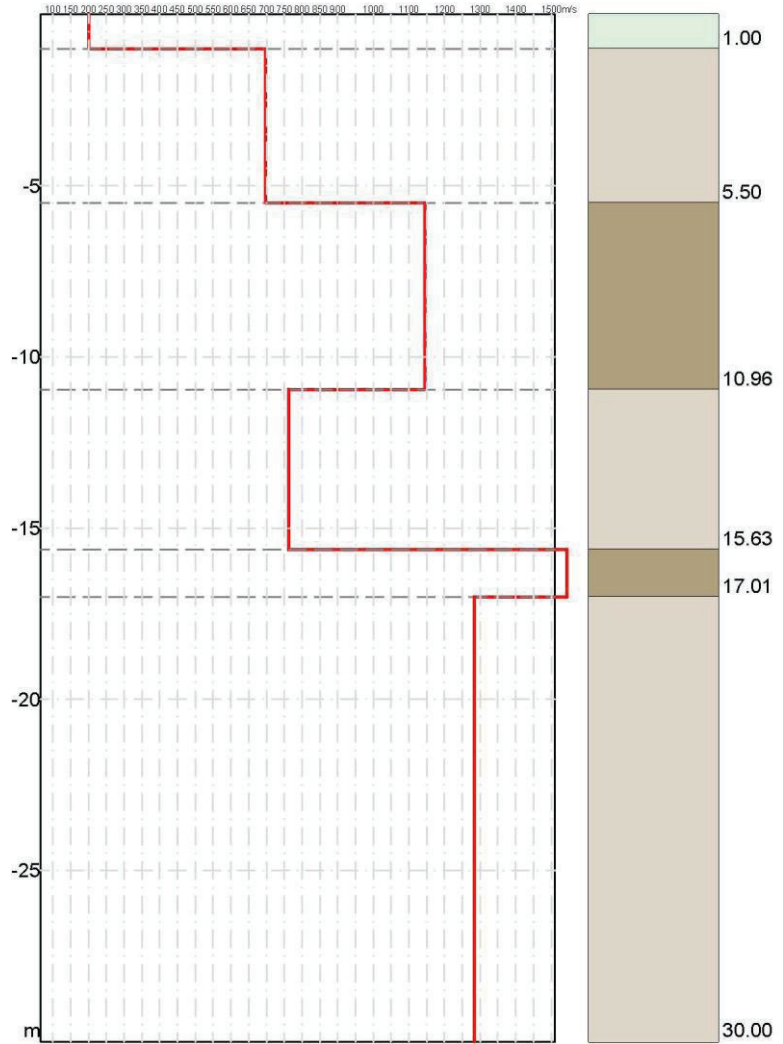
Inversione e modello sismodinamico

Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)



Tavella dei valori di inversione

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] |
|----|----------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 200.00 | 489.90 | 72.00 | 432.00 | 336.00 | 201.60 |
| 2 | 5.50 | 4.50 | 696.15 | 1449.15 | 872.32 | 3780.07 | 2616.97 | 2355.27 |
| 3 | 10.96 | 5.46 | 1144.34 | 2382.13 | 2357.13 | 10214.22 | 7071.38 | 6364.24 |
| 4 | 15.63 | 4.67 | 762.07 | 1586.38 | 1045.36 | 4529.88 | 3136.07 | 2822.47 |
| 5 | 17.01 | 1.38 | 1545.02 | 3216.22 | 4296.76 | 18619.28 | 12890.27 | 11601.24 |
| 6 | oo | oo | 1283.70 | 2672.23 | 2966.18 | 12853.47 | 8898.55 | 8008.70 |

Software di elaborazione del segnale acquisito:

EasyMASW Geostru Software

FASI DI ELABORAZIONE

- Analisi delle tracce
- Analisi spettrale 2D e 3D
- Processo di inversione
- Costruzione del modello sismostratigrafico del terreno (profili di velocità)
- Tabelle dei valori di inversione e geotecnici
- Calcolo del parametro Vs30

G0: Modulo di deformazione al taglio;
Ed: Modulo edometrico;
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
Ey: Modulo di Young;

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Calcolo del parametro Vs30

Il valore Vs30 determinato per le situazioni locali di acquisizione e in funzione delle scelte di elaborazione risulta essere:

$$V_{S30} = 898.79 \text{ [m/s]}$$

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n°29 del 04/02/2008).

Descrizione delle categorie di sottosuolo:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 Kpa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediante addensati o terreni a grana fine mediante consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 Kpa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 Kpa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20KPa) che includono uno strato di almeno 8 m. di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m. di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Rifrazione Sismica G.R.M.

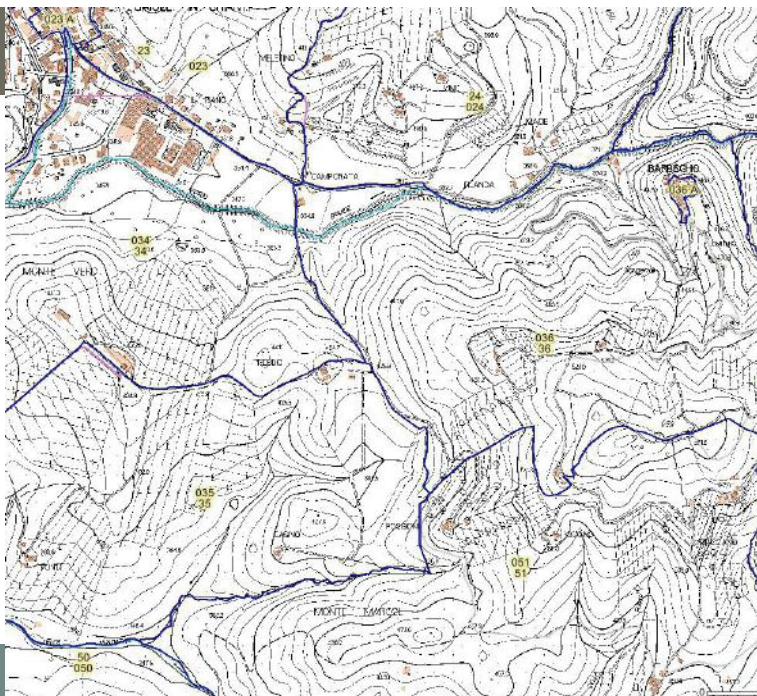
Gaiole in chianti - Barbischio – Loc. Piombecci

Campionamento e configurazione:

Shot interni allo stendimento n. 5
 Shot esterni allo stendimento n. 2
 Configurazione: 24 canali

Durata del campionamento 0,25 sec.
 Frequenza di campionamento 5000 Hz.
 Periodo di campionamento di 200 μ sec.

Sistema digitale di acquisizione DoReMi
 (SARA electronic instruments s.r.l.) corredato
 da 24 geofoni verticali da 4,5 Hz, con
 dinamica di base di 96dB (16 bit).



Elaborazione

Elaborazione Software

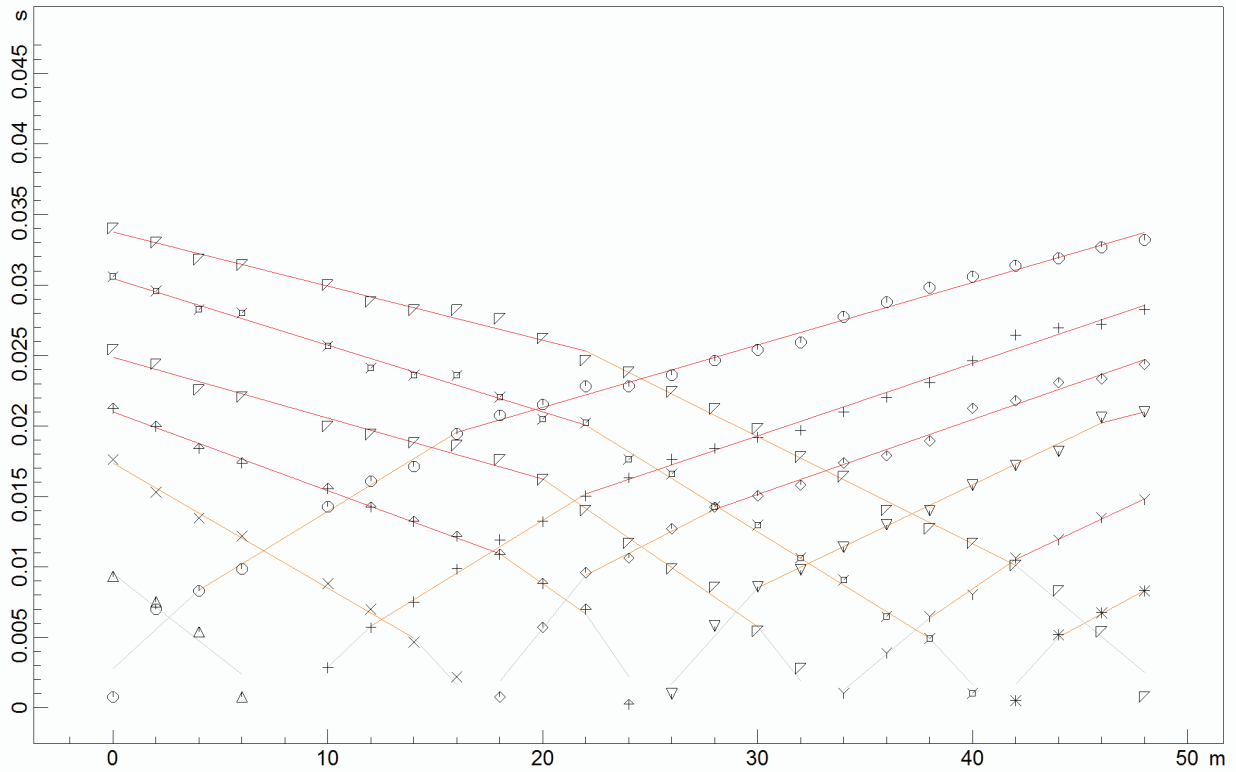
InterSism 2.1 *Geo&Soft International*
Fasi di elaborazione

1. Definizione del progetto
2. Ricerca dei primi arrivi
3. Tabella dei primi arrivi
4. Calcolo delle dromocrone
5. Calcolo delle prodondità
6. Produzione degli elaborati

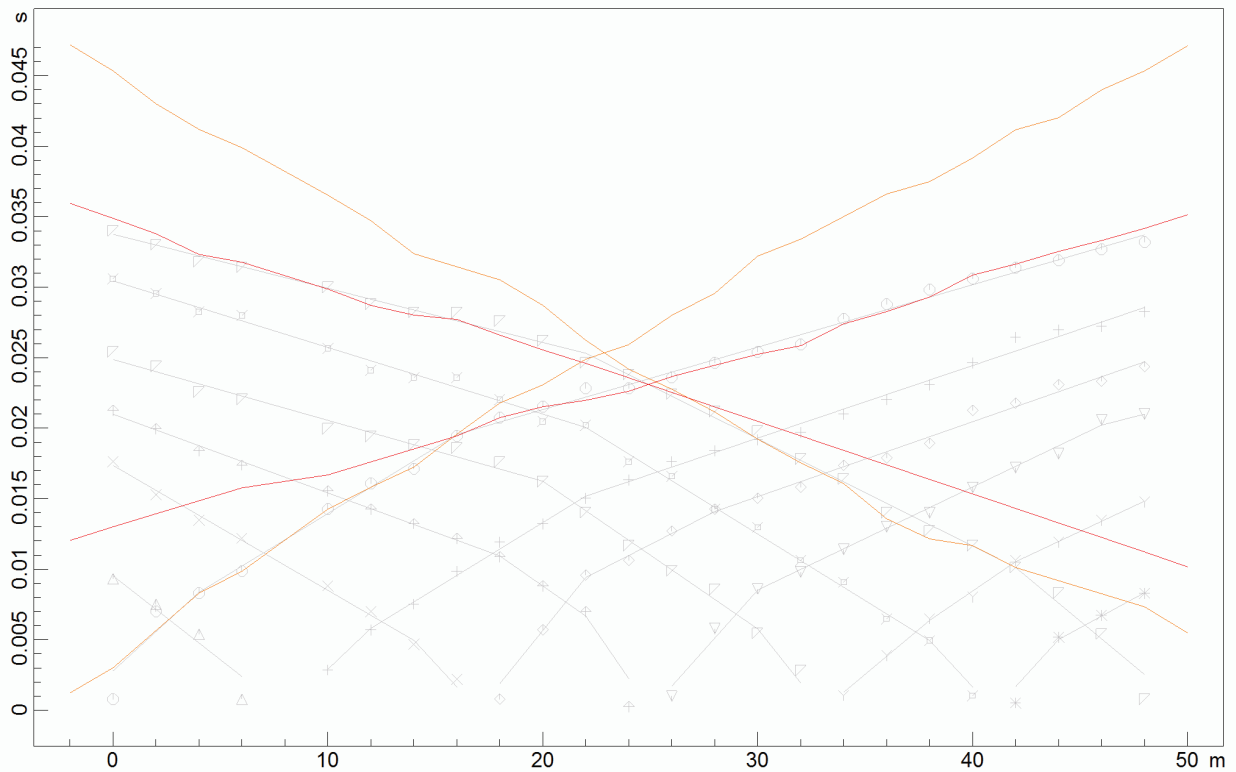
Sintesi del metodo della rifrazione sismica

Il metodo della sismica a rifrazione è una delle indagini geofisiche più utilizzate dall'ingegneria civile per la conoscenza del sottosuolo. Esso è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.

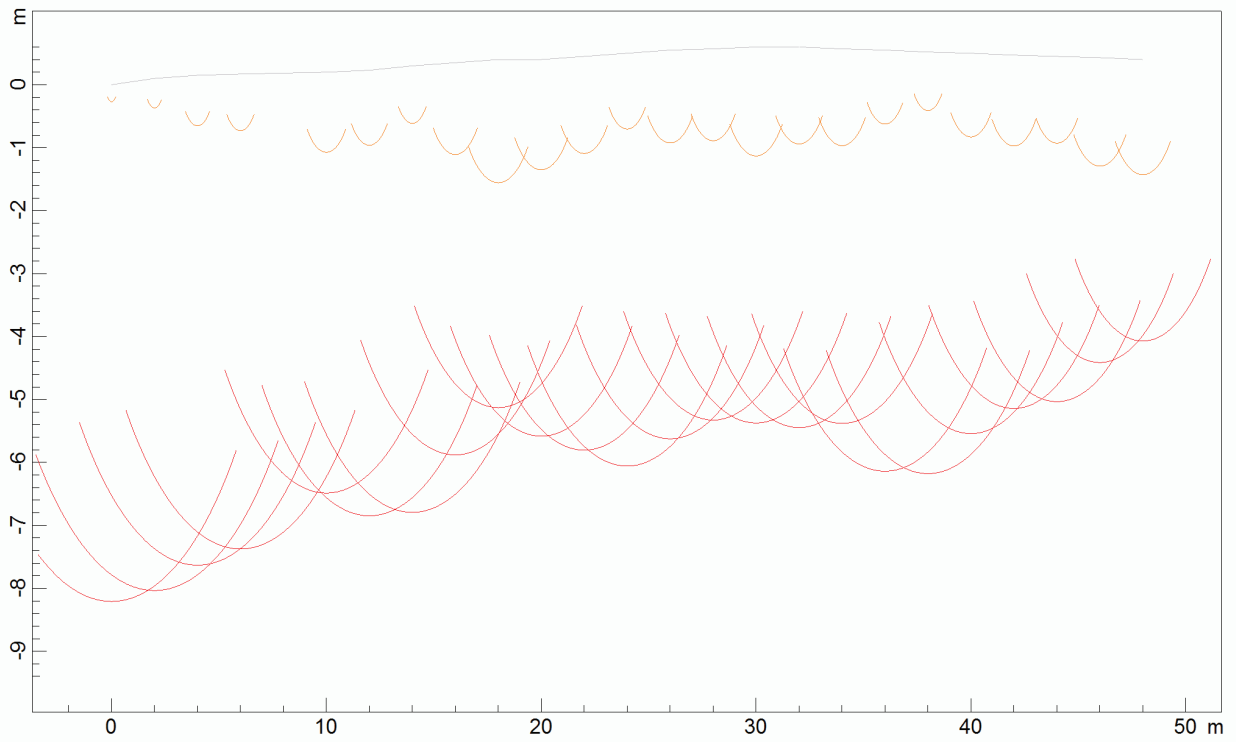
DROMOCRONE ORIGINALI



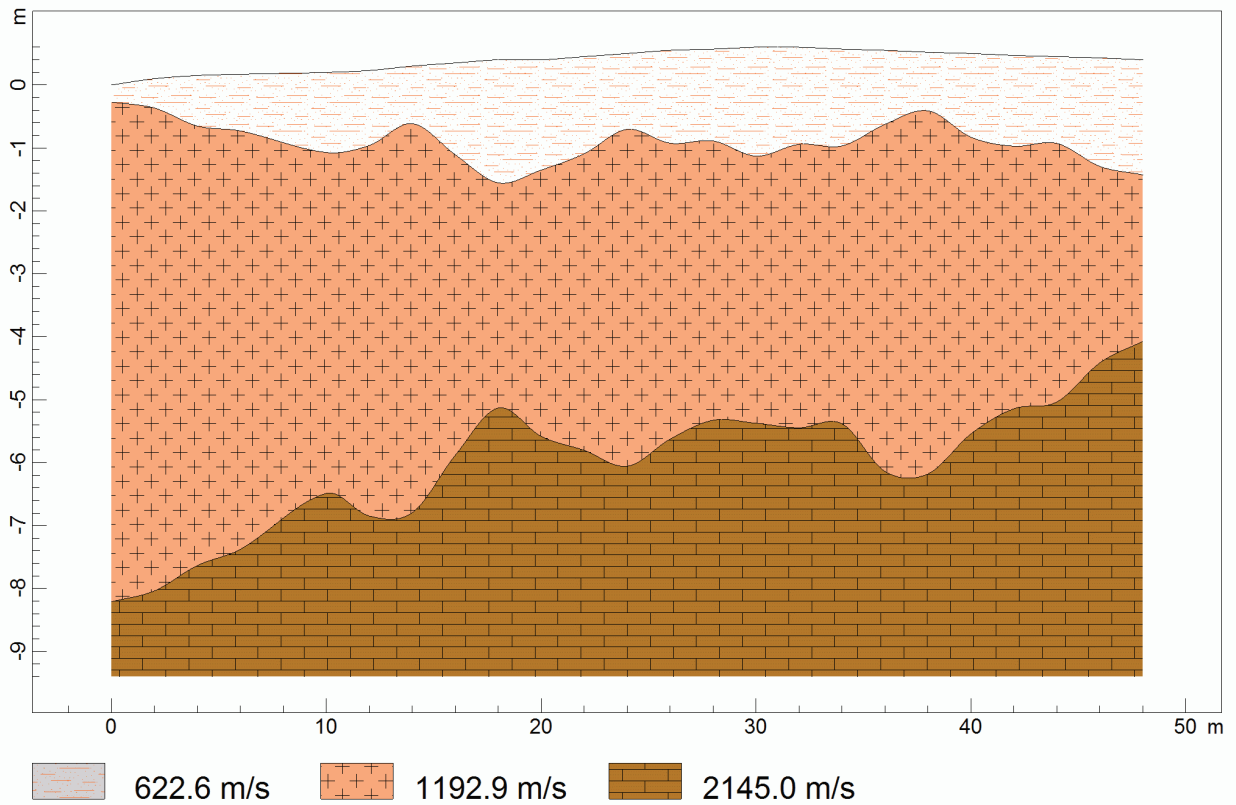
DROMOCRONE TRASLATE



PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE





Dr. Geol. Lucia Mosconi

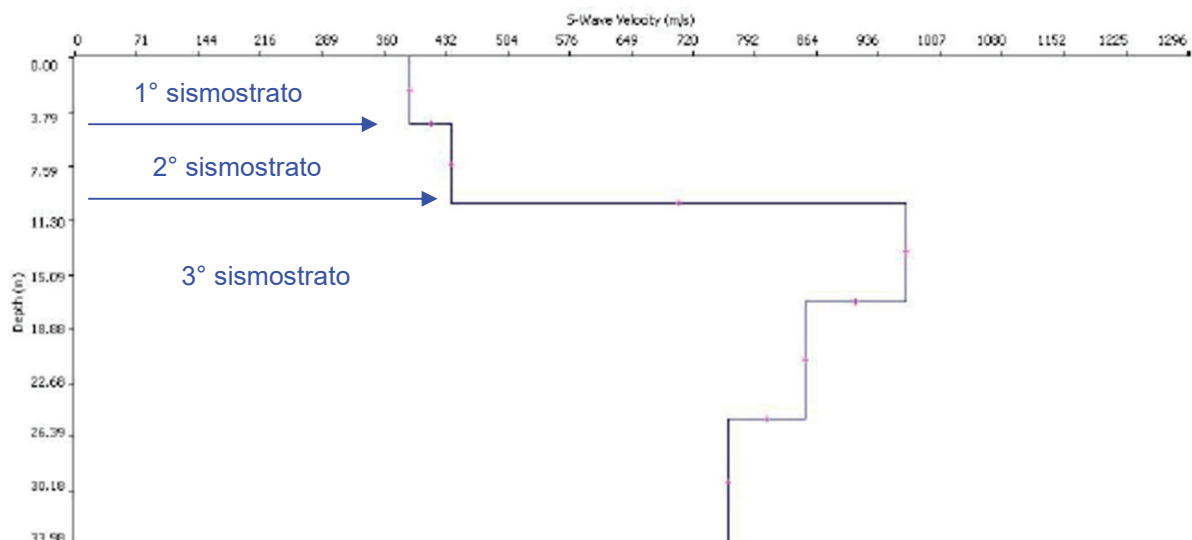
le risultanze dell'indagine Masw, in quanto risultano meno influenzate dalla presenza di acqua nel sottosuolo.

8.2 RISULTATI DELL'INDAGINE MASW

Per lo stendimento MASW effettuato sono stati analizzati i profili sismici ottenuti dalle battute dirette e reciproche e dal loro stacking; ai fini della modellazione è stato utilizzato il profilo delle velocità che risulta avere il fit migliore, permettendo di ricostruire il seguente profilo verticale delle velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

L'analisi dei dati relativi alla Masw sulla stesa SIS01 ha messo in evidenza, nell'intervallo di profondità compreso tra il piano campagna ed i 33 metri circa, sostanzialmente tre principali sismostrati:

- Primo sismostrato: è caratterizzato da valori del parametro $V_S < 400$ m/s, $V_p \leq 780$ m/s, e da uno spessore medio dell'ordine di 4.60 metri, denotando la presenza di depositi allentati ed alterati, con caratteristiche di compattezza nel complesso medio-basse;
- Secondo sismostrato: è caratterizzato da valori mediati del parametro $V_S > 400$ m/s, $V_p > 850$ m/s, e da uno spessore medio dell'ordine di 5.60 metri, denotando la presenza di depositi presumibilmente riconducibili alla formazione geologica, in stato di alterazione e con caratteristiche di compattezza medie;
- Terzo sismostrato: è caratterizzato da valori mediati del parametro $V_S > 800$ m/s, $V_p > 1700$ m/s, e funge da substrato sismico; è stato rinvenuto a partire da circa 10.20 m e sino a 33 m circa, denotando la tendenza ad un incremento del grado di compattezza mediata dei litotipi con la profondità e caratteristiche di rigidezza nel complesso buone, cui segue un leggero decremento.



Comune di Gaiole in Chianti

“Realizzazione di tettoia in legno con sovrastante impianto fotovoltaico
in località Monti ”

Arch. 646/22



Dr. Geol. Lucia Mosconi

| | Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|---------|-----------|-------|-----|------|---------|---------|
| Layer 1 | 4.60 | 0.00 | 390 | 779 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 2 | 5.60 | 4.60 | 439 | 877 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 3 | 6.70 | 10.20 | 968 | 1935 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 4 | 16.00 | 16.91 | 850 | 1699 | 0.333 | 2.000 |
| Layer 5 | INF | 32.91 | 761 | 1521 | 0.333 | 2.000 |

I valori del parametro V_{seq} riferiti al piano di campagna della stesa sismica ed alla profondità di 10,20 m alla quale è stato intercettato il materiale con $V_s > 800$ m/s, portano ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, all'attribuzione numerica di un valore delle

$V_{seq} = 415$ m/s che corrisponde ad una **categoria di suolo B** (DM 17.01.18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni),

Il passaggio tra il primo+secondo sismostrato ed il terzo sismostrato è caratterizzato da un contrasto d'impedenza significativo $VSH(1^\circ+2^\circ) < 2VSH(3^\circ)$ e come tale sono possibili fenomeni di tipo amplificativo a seguito di eventi sismici nella parte superficiale del terreno.

9. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Per la realizzazione della tettoia non sono previsti scavi significativi, infatti saranno prodotti circa 20 mc di terreno di risulta.

I materiali di risulta dello scavo saranno trattati in ottemperanza a quanto contenuto nel D. Lgs. n.152/2006 e nel D.P.R. n.120/2017, in particolare:

- qualora si intenda trattare le terre e rocce di risulta come rifiuto, come consentito dall'Art.183 Comma 1 Lett. A) del D. Lgs. n.152/2006, si procederà alle analisi necessarie per il conferimento in discarica autorizzata;
- qualora si intenda trattare le terre e rocce di risulta dello scavo come sottoprodotti (Art. 184 e 184-bis del D. Lgs. n.152/2006) trattandosi di materiale conforme ai requisiti dell'Art. 185-bis lettera c) del D. Lgs. n.152/2006 e si voglia procedere al loro totale riutilizzo sullo stesso sito di produzione, gli stessi saranno trattati secondo quanto previsto dall'Art. 24 del D.P.R. n.120/2017 avendone preventivamente verificata la compatibilità ambientale.

Nel caso in cui i materiali di risulta dello scavo vengano riutilizzati totalmente sullo stesso sito di produzione, la frazione a grana medio-fine e terrigena superficiale potrà essere distribuita sulle superfici agricole individuate con spessori non superiori a 20/30 cm, avendo comunque cura di non produrre ostacolo al libero deflusso delle acque superficiali e tantomeno accumuli in prossimità dei cigli di scarpata. I frammenti rocciosi di maggiori dimensioni, potranno invece essere riutilizzati per sistemazioni future.

Il riutilizzo in aree adiacenti agricole o sullo stesso sito di produzione sarà in ogni caso subordinato alla verifica della compatibilità ambientale con analisi chimiche di laboratorio, prima dell'inizio dei lavori; i campioni di terreno prelevati in corrispondenza dell'area da scavare saranno conferiti in laboratorio e sottoposti ad analisi chimiche secondo il Set analitico minimale proposto in Tab.4 dell'Allegato 4 al D.P.R. n.120/2017. Gli elementi chimici da ricercare appartengono al gruppo dei metalli pesanti e degli idrocarburi. I valori delle concentrazioni di tali elementi nel campione analizzato verranno quindi confrontate con i valori

Comune di Gaiole in Chianti

*“Realizzazione di tettoia in legno con sovrastante impianto fotovoltaico
in località Monti ”*

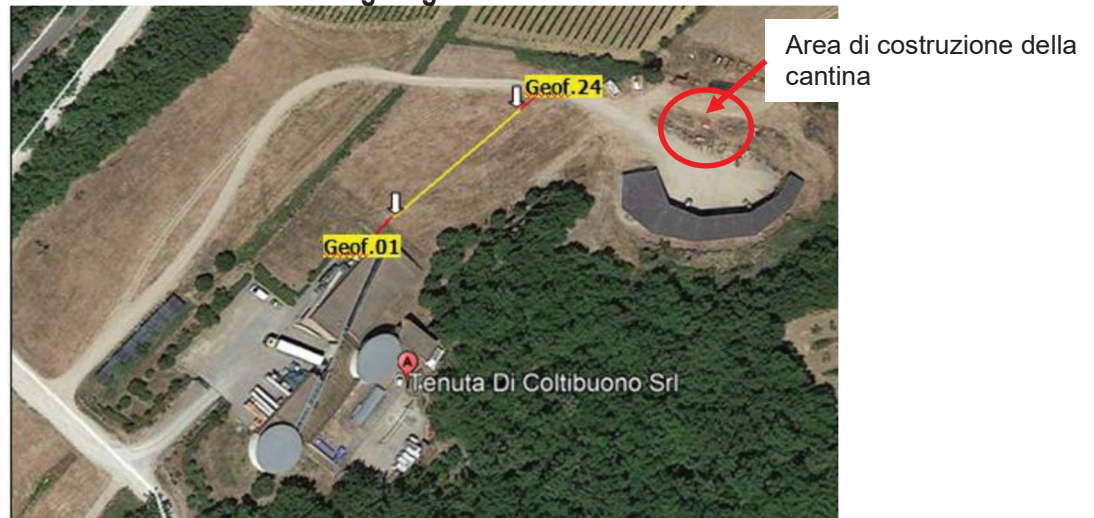
Arch. 646/22



Dr. Geol. Lucia Mosconi

Planimetria indagine geofisica

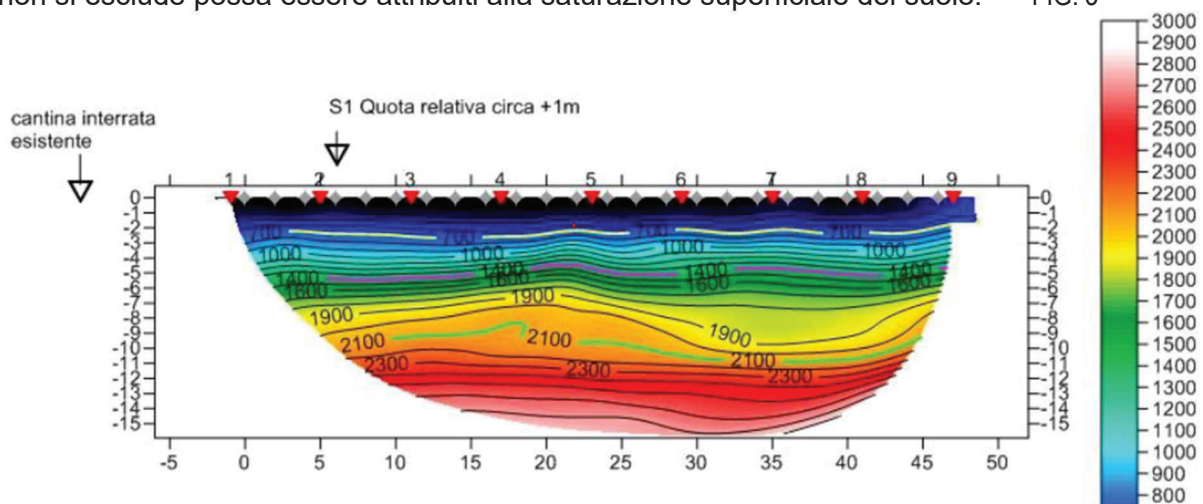
FIG 2



8.1 RISULTATI DELL'INDAGINE TOMOGRAFICA

La tomografia dell'indagine SIS01 evidenzia le variazioni della velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche indicate da una apposita scala di colori, che va da tonalità blu scuro per le basse velocità, fino al verde, al rosso e al bianco per quelle più elevate; nel caso specifico, si è adottata una scala che comprende i valori da 200 a 2.800 m/sec.

Nell'immagine tomografica derivata, (Fig.3), si nota un generale appiattimento nell'andamento delle isolinee di velocità, sin dal piano di campagna che stante anche la presenza di ristagni non si esclude possa essere attribuiti alla saturazione superficiale del suolo. FIG. 3



Non si esclude inoltre la presenza di zone di terreno con contenuto idrico significativo in quanto la comparazione con i dati sismici ricavati con l'indagine Masw (tecnica che risulta meno influenzata dalla presenza di acqua nel sottosuolo), svolta lungo lo stesso stendimento, denota la presenza di valori delle velocità mediate nel complesso più bassi di quelli ricavati con la tecnica di sismica a rifrazione in onde P. In quest'ultima tipologia di analisi la presenza di acqua nel sottosuolo comporta un innalzamento dei valori delle velocità delle onde P cui presumibilmente non corrisponde un analogo incremento del grado di compattezza. Segue che per la definizione della successione sismostratigrafica locale vadano prese a riferimento

Comune di Gaiole in Chianti

“Realizzazione di tettoia in legno con sovrastante impianto fotovoltaico in località Monti ”