

S.S. 182 "TRASVERSALE DELLE SERRE"

Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento

Superamento del Colle dello Scornari

PROGETTO DEFINITIVO

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Giuseppe Cerchiaro</i> Ordine dei geologi della Regione Calabria n. 528</p> 	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</i></p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Valerio Guidobaldi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30025</p>	<p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p>	<p>(Mandante)</p>  <p>(Mandante)</p>  <p><i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>(Mandante)</p> 
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Antonio Scalamandrè</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :</p>  <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 140354035</p>

GEOLOGIA GEOTECNICA

Indagini geognostiche

Documentazione indagini geofisiche – ANAS 2019

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
COMP.	PROGETTO	LIV. ANNO	T00GE00GEORE08_A		
DP	CZ0299	D18	CODICE ELAB. T O O G E O O G E O R E O 8	A	-
D					
C					
B					
A	Emissione		Dicembre'20	Iannini	Cerchiaro Guiducci
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDAGINI GEOFISICHE

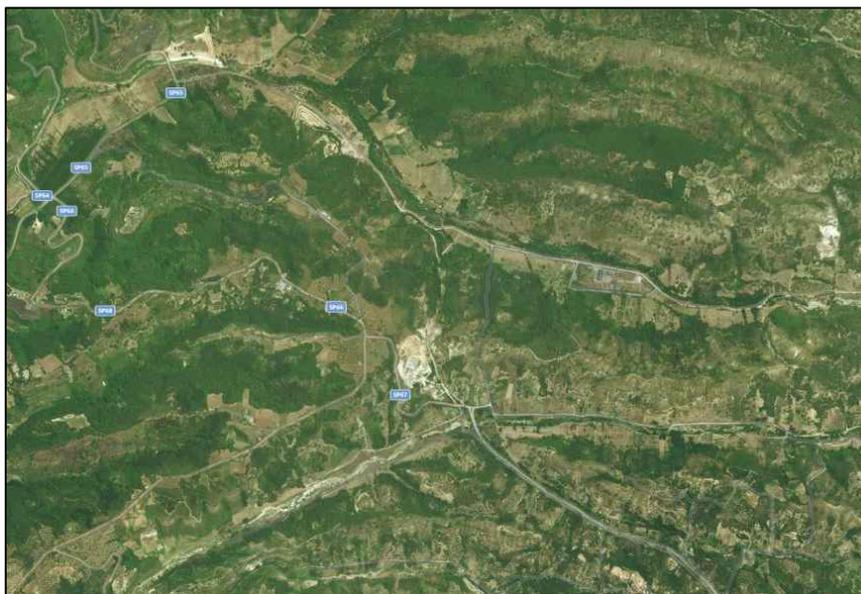


PROJECT:
SS 182 TRASVERSALE DELLE SERRE - TRONCO 1° LOTTO
1° STRALCIO 2°, COMPLETAMENTO. SUPERAMENTO
DEL COLLE DELLO SCORNARI.

LOCATION:
COMUNE DI VAZZANO (VV)

CLIENT:
ANAS S.p.A.

OBJECT:
INDAGINI GEOFISICHE



Tecno In Ref.: R.C. 039/19
Revision n.: 00
Date: aprile 2019
Description: emissione

Redacted by: Dr. Geol. Luigi Calvanese
Reviewed by: Dr. Geol. Giovanni Antonucci
Approved by: Dr. Geol. Lucio Amato
Document code: 039-19_geofisica

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA	3
2.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA	3
2.2	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	4
2.3	DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE	6
2.4	DESCRIZIONE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI	9
2.5	RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA	10
2.5.1	BS1	11
2.5.2	BS2	14
2.5.3	BS3	17
3	INDAGINE M.A.S.W.	20
3.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ED ELABORAZIONE DATI	20
3.2	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	23
3.3	DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE	23
3.4	RISULTANZE DELL'INDAGINE MASW	26
3.4.1	MASW 1	27
3.4.2	MASW 2	29
3.4.3	MASW 3	31
3.5	DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S,EQ}$	33
4	INDAGINI HVSR	34
4.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ED ELABORAZIONE DATI	34
4.2	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	35
4.3	DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE	35
4.4	RISULTANZE DELLE INDAGINI HVSR	37
4.4.1	HVSR 1	38
4.4.2	HVSR 2	43

1 PREMESSA

Il presente elaborato viene redatto per il Progetto della SS 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° - Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari.

La provincia in cui ricade l'opera è Vibo Valentia.

Nell'ambito dei lavori summenzionati, sono state eseguite le seguenti prove:

- n.3 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica.
- n.3 indagini sismiche MASW.
- n. 2 indagini di rumore sismico ambientale a stazione singola HVSR.

Le indagini in oggetto sono state effettuate nel mese di aprile 2019.

2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA

2.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o S) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. Le onde elastiche sono, quindi, rilevate da un array di geofoni, infissi al suolo, con spaziatura regolare.

I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima (calcolo) delle geometrie del sottosuolo (disposizione morfologica delle interfacce) e delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

La generazione delle onde elastiche avviene presso una base sismica (Fig. 2.1), operando con energizzazioni ripetute in modo da ottenere un segnale caratterizzato da un rapporto segnale-rumore soddisfacente. Tale geometria è necessaria per l'utilizzo successivo dell'algoritmo tomografico.

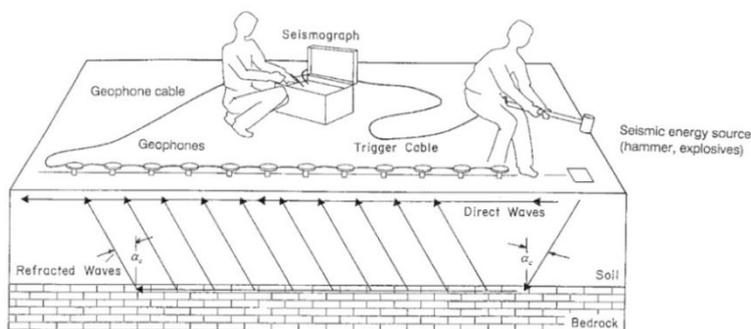


Fig. 2.1 - Schema esecutivo della sismica a rifrazione (fonte norma ASTM D 5777 - 00).

L'indagine eseguita con la metodologia della tomografia sismica a rifrazione necessita di un numero di tiri eseguiti sia internamente sia esternamente a ciascun stendimento. Nel caso in oggetto, sono stati eseguiti un numero di tiri compresi tra cinque e nove a seconda della lunghezza dello stesso stendimento. Di seguito, si riporta lo schema adottato per una base sismica lunga 120 metri (Fig. 2.2).

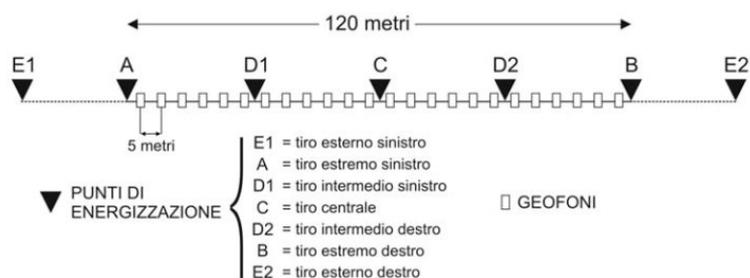


Fig. 2.2 - Tomografia sismica. Disposizione siti di energizzazione.

I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) devono essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Per la generazione in onde P, la sorgente è generalmente costituita da un cannoncino industriale (tipo "minibang") ed eventualmente la mazza sismica.

Il sistema sorgente per le onde SH è generalmente costituito da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. In fase d'installazione, il parallelepipedo è gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

2.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Di seguito sono riportate le specifiche della strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle indagini sismica a rifrazione:

Geofoni, a componente verticale, con frequenza pari a 14 Hz, ed a componente orizzontale, con frequenza pari a 10 Hz, della **OYO GEOSPACE**.

Trigger, costituito da un dispositivo, collegato al sistema di acquisizione, che permette di avviare la registrazione del segnale sismico acquisito dai geofoni nell'istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Il sistema di "innescò" è stato realizzato mediante un geofono di superficie posizionato in prossimità della sorgente e attivato dall'impatto, nell'istante in cui la massa battente colpisce la sorgente.

Sistema di energizzazione, costituito, per la generazione delle onde P da una sorgente impattiva costituita da un martello da 10 kg e un piattello metallico posto al suolo nonché da un energizzatore *minibang* equipaggiato con cartucce industriali calibro 8.

Per le onde SH, è stato adoperato un parallelepipedo in polietilene ad alta densità contrastato mediante appropriata zavorra ed utilizzata la massa battente descritta in precedenza.

I segnali sismici, sono stati acquisiti mediante un sismografo **MAE X610S**, a 24 bits, di cui sono riportate le caratteristiche principali:

- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Guadagno di preamplificazione: 24 e 36 dB
- Delay: da 0 a 100 sec ad intervalli di 1 campione a passo
- Tipo di guadagno: Automatico (AGC)
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB,80% della frequenza di Nyquist,-80dB
- Intervalli di campionamento: 1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 21800 con incrementi di 512
- Interfacce disponibili: LAN, USB, VGA
- Canali: configurazioni da 24, 48 o 72. Possibilità di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto.

2.3 DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE

Nell'ambito della commessa in oggetto, come accennato in premessa, è stata eseguita **n.3** prospezioni sismiche a rifrazione con elaborazione tomografica la cui ubicazione è riportata nelle tavole allegate.

Di seguito, si riportano le specifiche di ciascuna prospezione:

Codice indagine	Lunghezza (m)	UTM WGS84			
		Coordinata iniziale EST	Coordinata iniziale NORD	Coordinata finale EST	Coordinata finale NORD
BS1	110	607292,985	4278979,227	607352,677	4278882,599
BS2	220	607319,723	4278331,458	607348,665	4278479,876
BS3	55	607324,611	4278310,964	607348,142	4278246,976

*Tab. 2.1 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Indagini sismiche a rifrazione.*

Le modalità esecutive per effettuare l'elaborazione tomografica differiscono dalla sismica convenzionale per il maggior numero di registrazioni che sono realizzare al fine di coprire in maniera omogenea l'intera sezione sismica in tutti i settori e fino alle profondità adeguate senza lasciare tratti scoperti o disomogenei.

Posizionati i geofoni sul terreno, essi sono collegati con appositi morsetti al cavo multipolare che viene connesso al sismografo. Ultimata l'installazione sono effettuati alcuni tiri di prova per tarare i parametri di acquisizione del sismografo stesso.

Effettuate le operazioni di verifica e taratura della strumentazione, si procede all'acquisizione dei segnali su ciascun punto prestabilito ed alla memorizzazione dei dati sia sulla memoria di massa del sismografo sia sul pen drive.



*Fig. 2.3 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica. Profilo sismico BS1.*



*Fig. 2.4 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica. Profilo sismico BS2.*



*Fig. 2.5 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica. Profilo sismico BS3.*

2.4 DESCRIZIONE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti in campo sono stati sottoposti ad una fase di pre-processing avvalendosi del software **IXSeg2Segy** della **INTERPEX**. Tale fase è consistita nell'applicazione del DC removal, di filtraggio passa-banda e nell'ottimizzazione del guadagno.

Ultimata questa fase, si è proceduto con la determinazione dei primi tempi d'arrivo (*first break peak - F.B.P.*) sia delle onde P sia delle onde SH. Per ciascun file dati acquisito in campo, è stato creato un file txt contenente i tempi d'arrivo espressi in millisecondi (ms). Tutti i file relativi ai tempi d'arrivo sono confluiti in un foglio di calcolo al fine di poter restituire le cosiddette *dromocrone* ovvero la rappresentazione dei diagrammi *tempi-distanze* della sezione sismica.

Al fine di eseguire l'elaborazione, in termini di velocità di propagazione delle onde elastiche, sono stati ricavati tre file ascii relativi, rispettivamente, al numero e disposizione delle sorgenti (file *source*), al numero e disposizione dei geofoni (file *receiver*) ed ai tempi d'arrivo (file *observations*). Tali file costituiscono l'input per il software tomografico utilizzato **SeisOpt@2D** della **Optim™ software & data solutions**.

Il metodo tomografico utilizzato, si basa su un metodo di ottimizzazione non-lineare, noto come metodo di ottimizzazione numerica simulata (*simulated annealing*), utilizzato per ricavare un modello di velocità delle onde sismiche, ad elevata risoluzione, dalla misurazione dei tempi di arrivo delle onde P ed SH.

Il metodo citato è un processo basato sul metodo di Monte-Carlo che può combinare i tempi di arrivo delle onde in un modello di velocità. Tale modello può essere considerato superiore ai più sofisticati metodi d'inversione non-lineare. L'algoritmo compie un'elaborazione impostando un modello con una variazione casuale del parametro d'interesse, sino a che il modello sismico sintetico dei tempi di arrivo delle onde sismiche calcolate non collima con i tempi di arrivo osservati.

Processi iterativi fanno in modo di far convergere la soluzione riducendo, ad ogni iterazione, lo scarto eliminando quelle soluzioni i cui errori oltrepassano l'errore totale ammesso dall'algoritmo di calcolo.

In definitiva, il processo di ottimizzazione adottato troverà la soluzione testando diverse migliaia di soluzioni possibili prima di arrivare alla soluzione ottimale proposta che è quella, come detto in precedenza, in cui i tempi di arrivo calcolati coincidono, a meno di uno scarto ridotto, con quelli osservati.

In pratica, i software adottati, che si basano sul principio del *simulated annealing*, pervengono ad un modello ottimizzato delle velocità utilizzando, in input, i soli tempi di primo arrivo delle onde sismiche e la geometria dell'array (distanze e variazioni di quota) non richiedendo informazioni preliminari sulla geometria della struttura sotterranea. L'algoritmo, come già accennato in precedenza, esegue ripetute modellizzazioni dirette laddove un nuovo modello proposto è accettato o rigettato in base ad un criterio di probabilità tenendo in considerazione l'andamento globale dei tempi di arrivo.

2.5 RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA

I dati sono stati acquisiti energizzando in corrispondenza dei siti esterni, in prossimità degli estremi, in funzione della logistica, ed un numero di tiri interni non inferiore a tre.

Come accennato in precedenza, i tempi di arrivo delle onde P ed SH sono stati adoperati quale input (assieme alla geometria dei tiri di energizzazione e dei geofoni) nel software di elaborazione tomografica per ottenere le relative pseudosezioni sismiche.

Queste sono riportate esprimendo i dati di velocità delle onde di compressione e di taglio mediante isolinee e campitura a falsi colori.

Di seguito, per il profilo eseguito, si riportano le seguenti informazioni / elaborazioni:

- dromocrone ottenute dalla lettura dei primi tempi d'arrivo delle onde P ed SH;
- stralcio della planimetria delle indagini, con l'ubicazione del profilo elaborato;
- pseudosezioni sismiche in onde P e in onde S;
- analisi dei dati in velocità di propagazione delle onde elastiche in termini di gradiente geosismico per l'individuazione dei sismostrati.

2.5.1 BS1

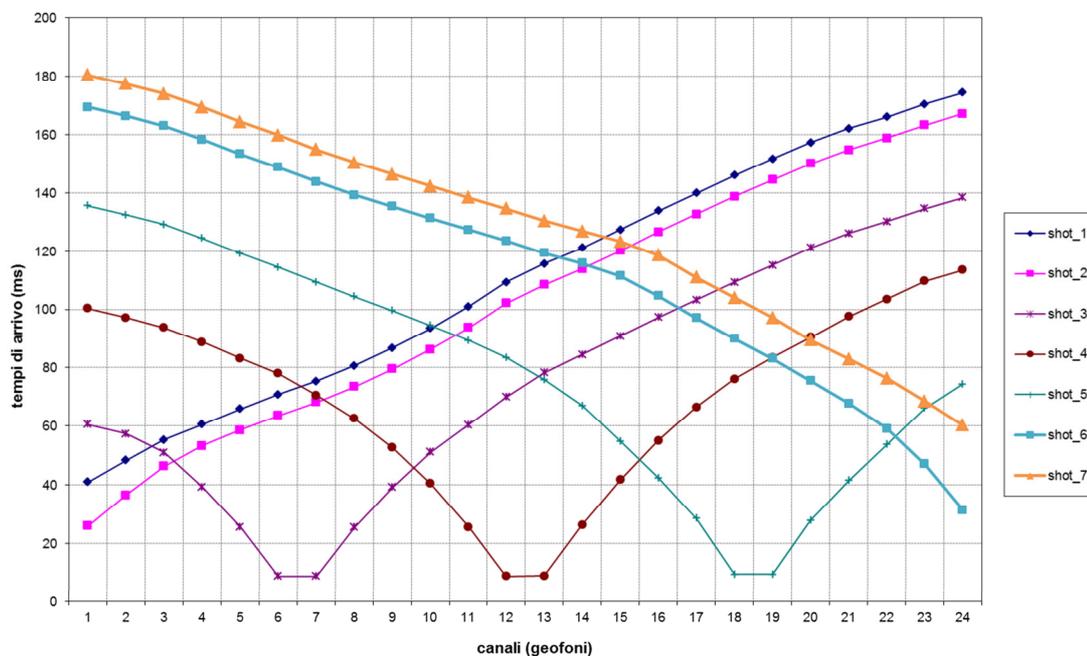


Fig. 2.6 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica in onde P. Profilo BS1. Dromocrone.

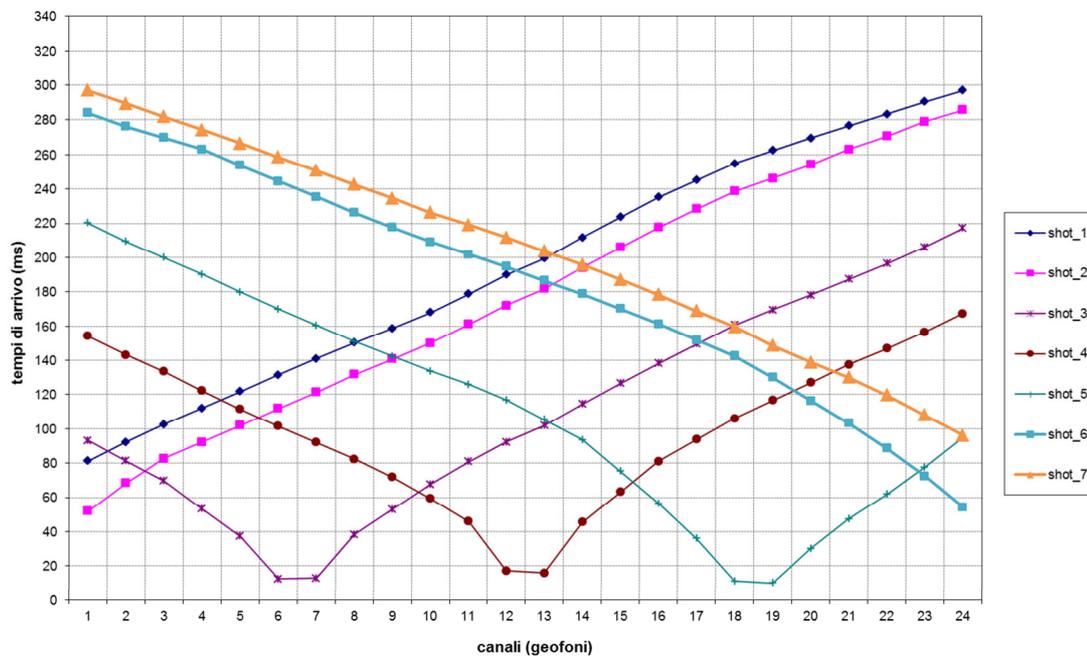


Fig. 2.7 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica in onde S. Profilo BS1. Dromocrone.

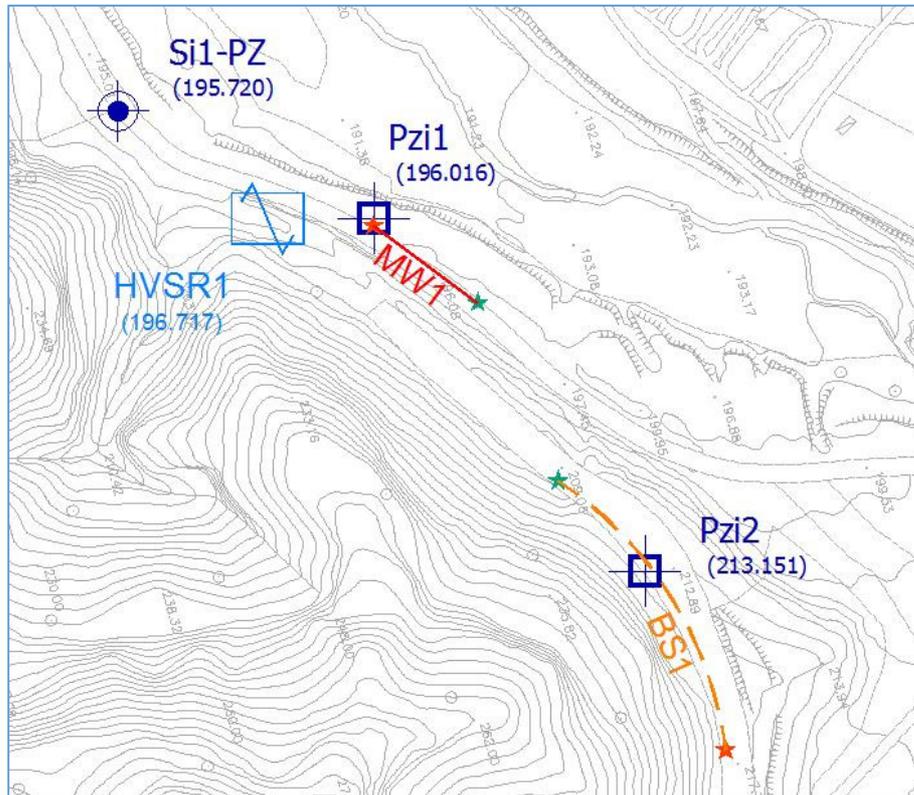


Fig. 2.8 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

Le pseudosezioni elaborate per il profilo simico **BS1** hanno permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota compresa tra 200 e 205 m s.l.m., è costituito da depositi sabbiosi da debolmente limosi a limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 200 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 700 e 1.200 m/s.

In profondità, si rinvencono depositi limo sabbiosi debolmente argillosi, caratterizzati da una maggiore consistenza. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 350 e 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.200 e 1.650 m/s.

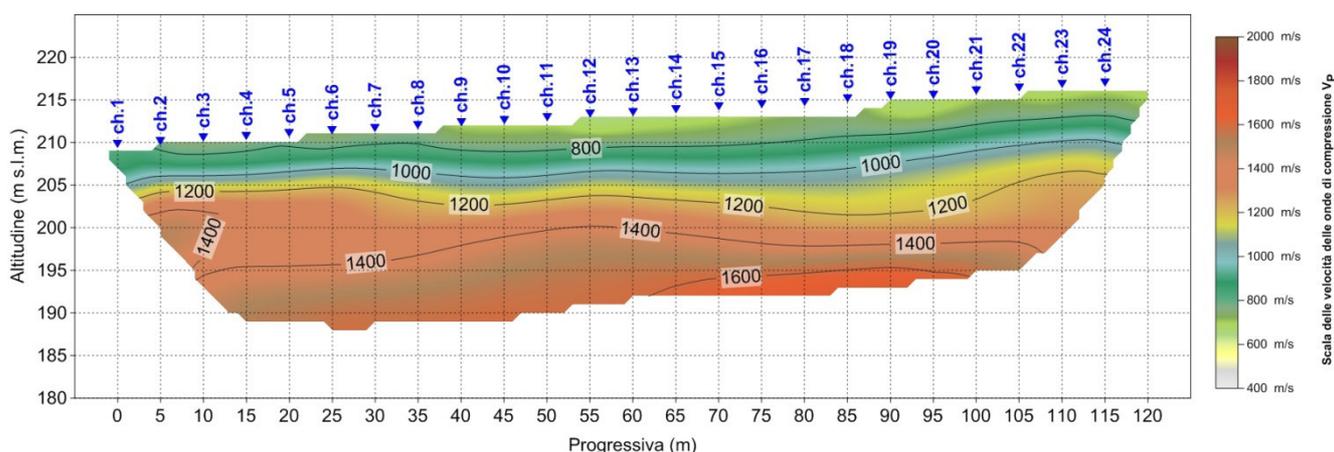


Fig. 2.9 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS1.

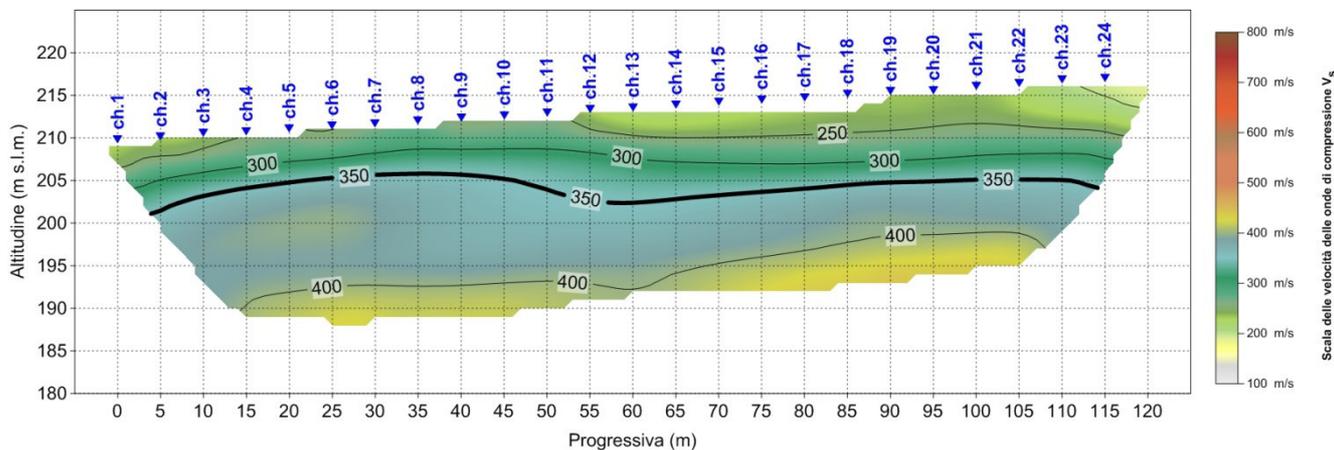


Fig. 2.10 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS1.

2.5.2 BS2

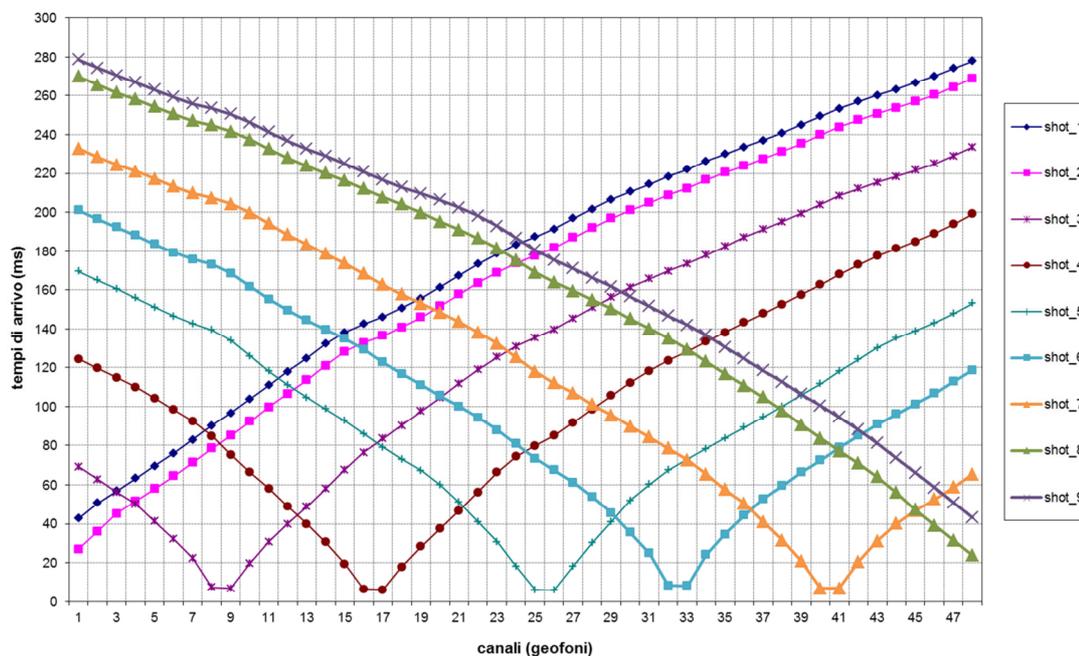


Fig. 2.11 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica in onde P. Profilo BS2. Dromocrone.

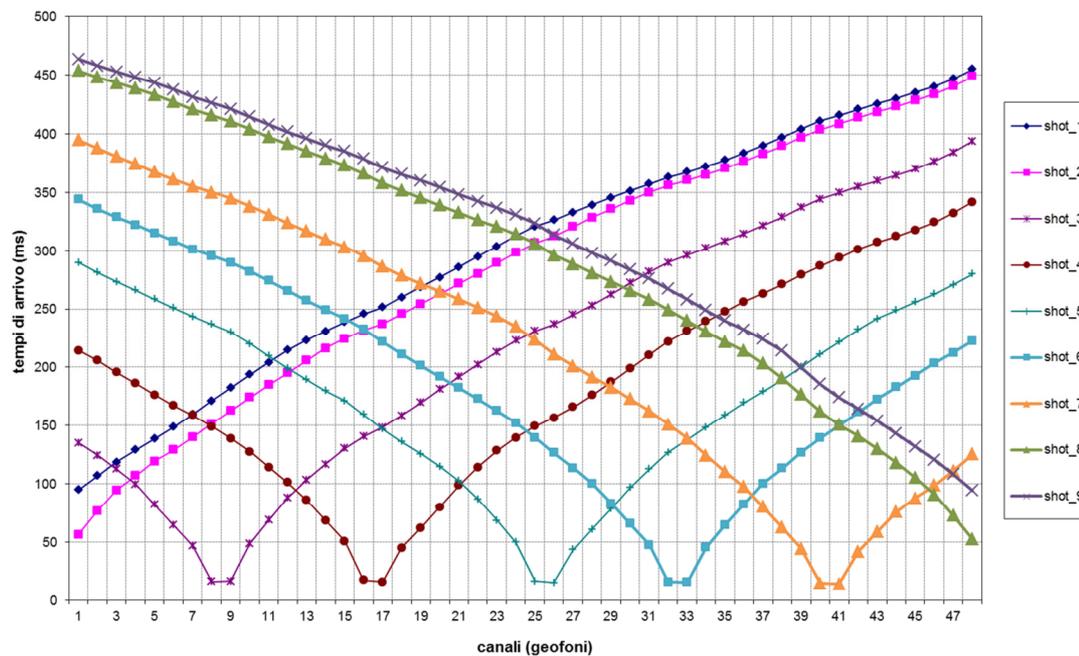


Fig. 2.12 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica in onde S. Profilo BS2. Dromocrone.

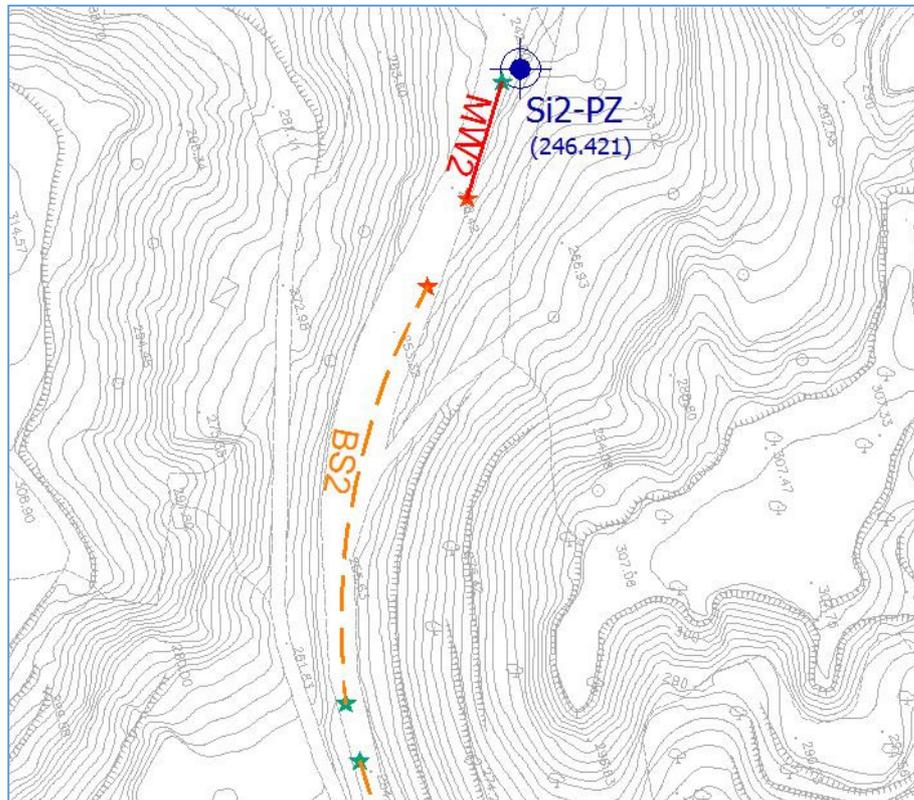


Fig. 2.13 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Stralcio dell'ubicazione indagine.

  I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

Le pseudosezioni elaborate per il profilo simico **BS2** hanno permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota pari a circa 240 m s.l.m., è costituito da depositi sabbiosi da debolmente limosi a limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 750 e 1.200 m/s.

Il secondo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota pari a circa 225 m s.l.m., è costituito da depositi limo sabbiosi debolmente argillosi alternati a depositi sabbioso limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 350 e 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.200 e 1.600 m/s.

In profondità, si rinvencono depositi limo sabbiosi debolmente argillosi, caratterizzati da una maggiore consistenza. La velocità delle onde di taglio è superiore a 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è superiore a 1.600 m/s.

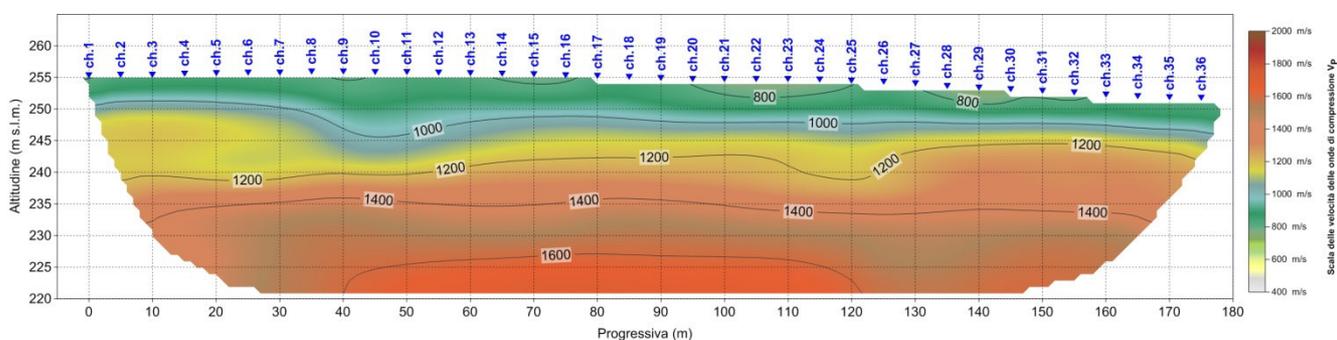


Fig. 2.14 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS2.

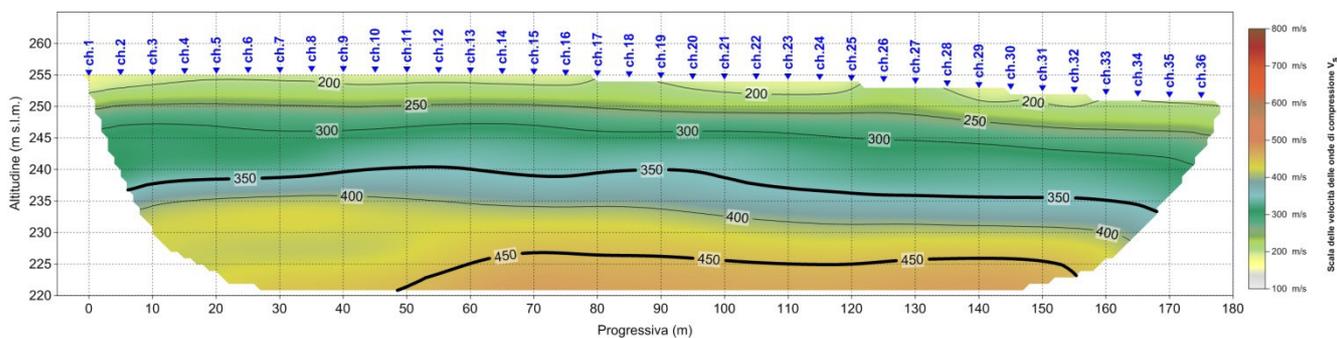


Fig. 2.15 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS2.

2.5.3 BS3

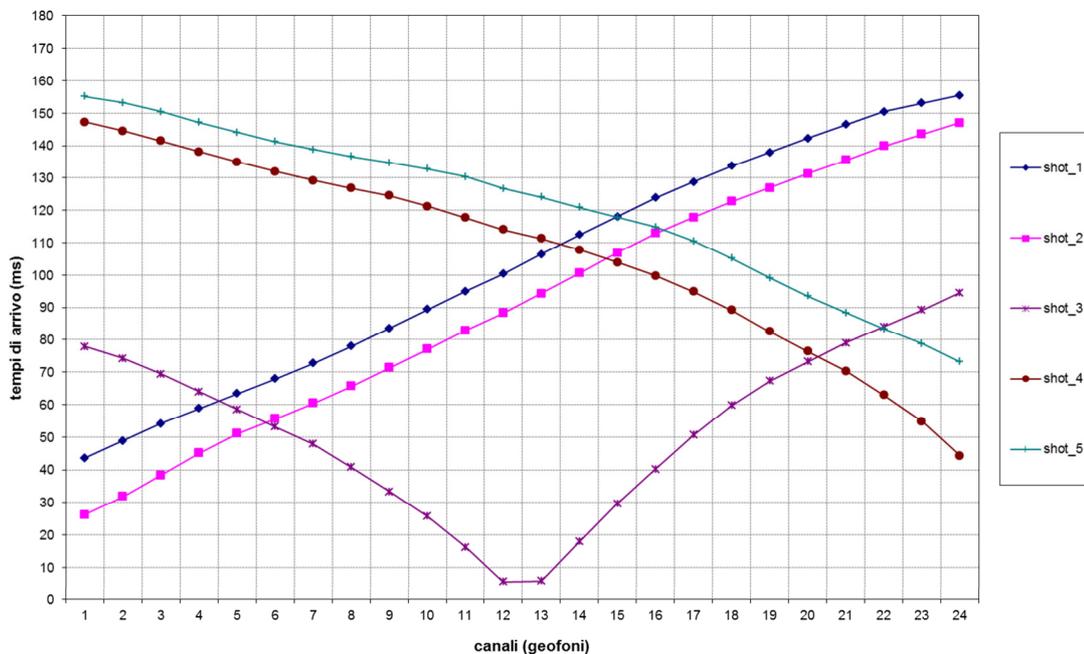


Fig. 2.16 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica in onde P. Profilo BS3. Dromocrone.

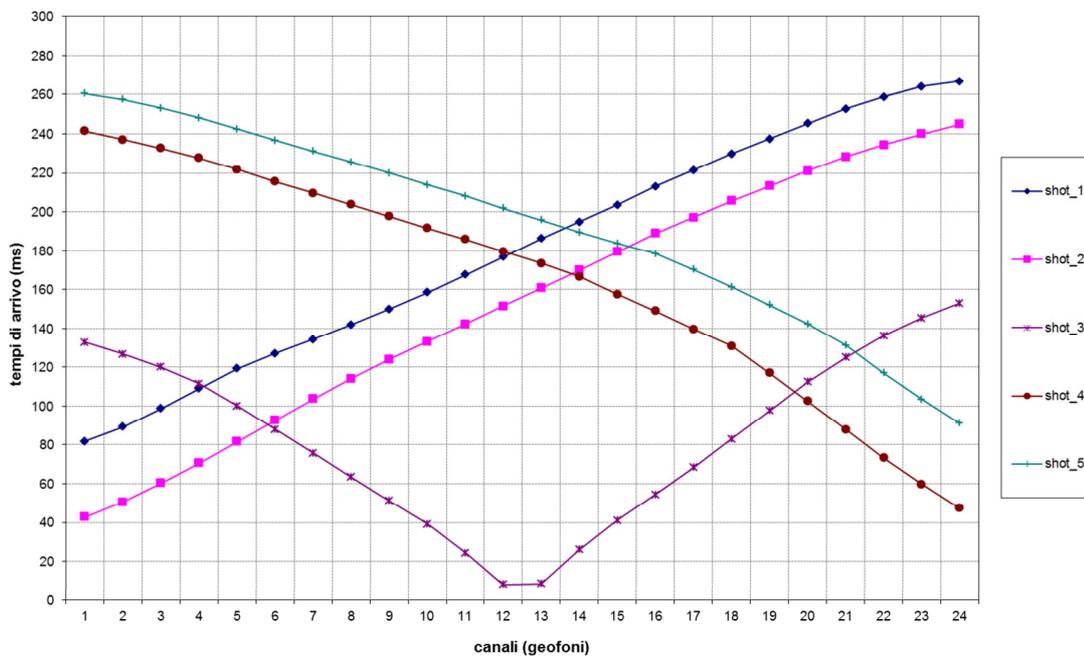


Fig. 2.17 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Tomografia sismica in onde S. Profilo BS3. Dromocrone.

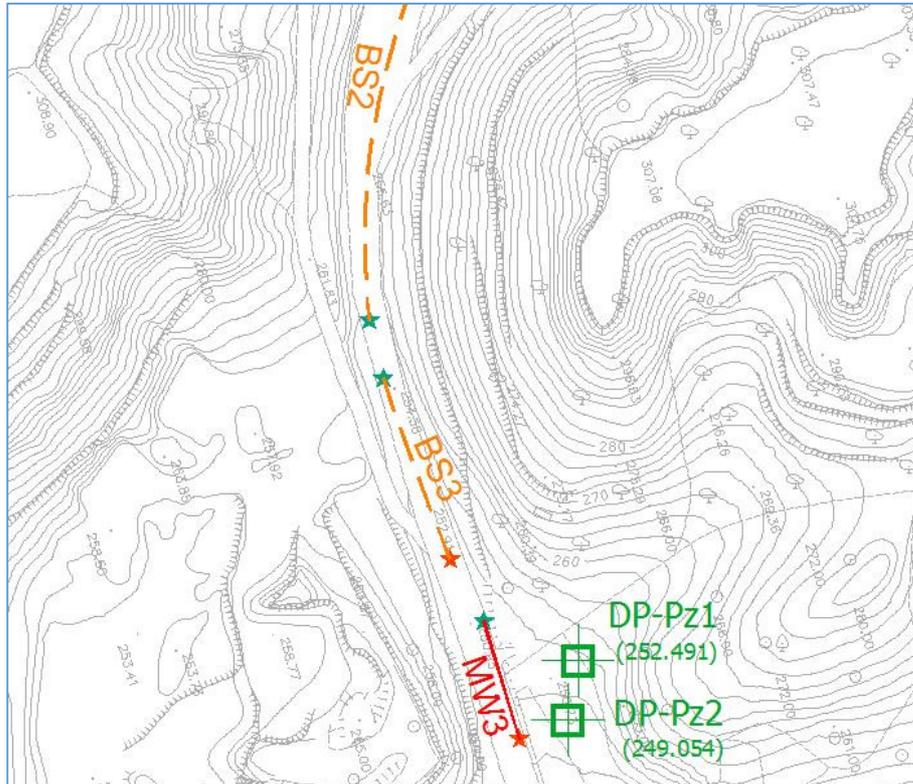


Fig. 2.18 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Stralcio dell'ubicazione indagine.

  I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico **BS3** hanno permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota compresa tra 247 e 240 m s.l.m., è costituito da depositi sabbiosi da debolmente limosi a limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 160 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 650 e 1.200 m/s.

Il secondo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota pari a circa 230 m s.l.m., è costituito da depositi limo sabbiosi debolmente argillosi alternati a depositi sabbioso limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 350 e 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.200 e 1.550 m/s.

In profondità, si rinvencono depositi limo sabbiosi debolmente argillosi, caratterizzati da una maggiore consistenza. La velocità delle onde di taglio è superiore a 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è superiore a 1.600 m/s.

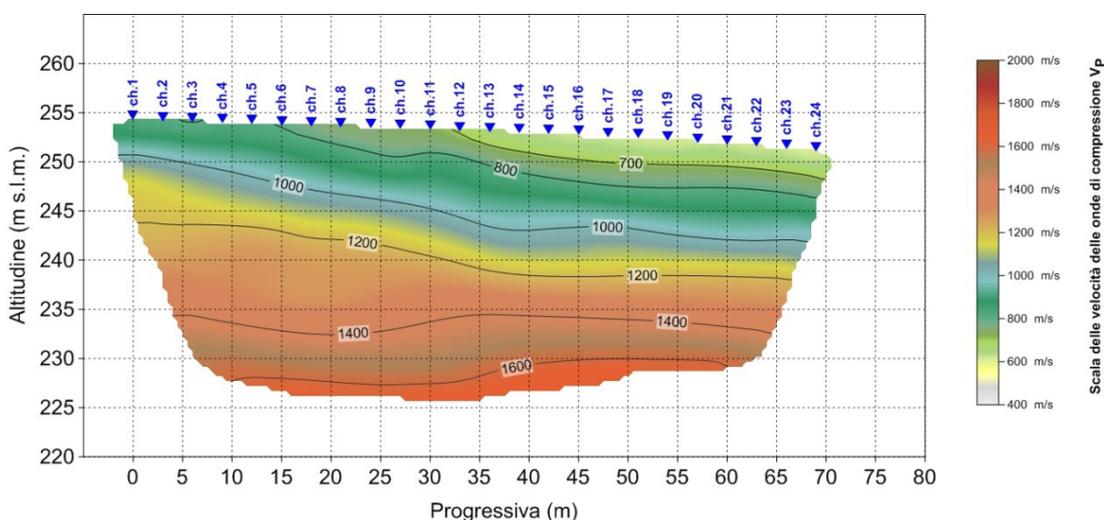


Fig. 2.19 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS3.

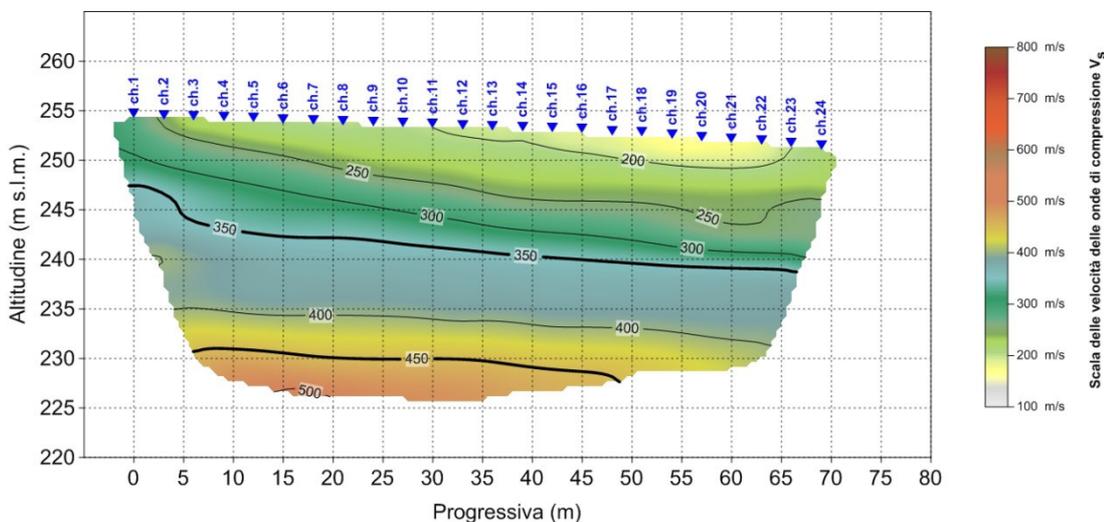


Fig. 2.20 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS3.

3 INDAGINE M.A.S.W.

3.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ED ELABORAZIONE DATI

La tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di uno stendimento di sensori multipli (geofoni), disposti sulla superficie libera del terreno. Quando si energizza in un punto della sua superficie libera del terreno, si generano diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie, hanno origine onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera, si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love.

Nel metodo MASW di seguito descritto, si usano le onde di superficiali di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali, intervengono due aspetti che rendono il contributo di dette onde prevalente sul contributo delle onde di volume. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che, allontanandosi dalla sorgente, le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perché esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo d'indagine MASW, descritto nella presente nota, è del tipo attivo ovvero le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate ad uno stendimento lineare di sensori.

Un tipico schema di acquisizione di indagine MASW è mostrato in Fig. 3.1.

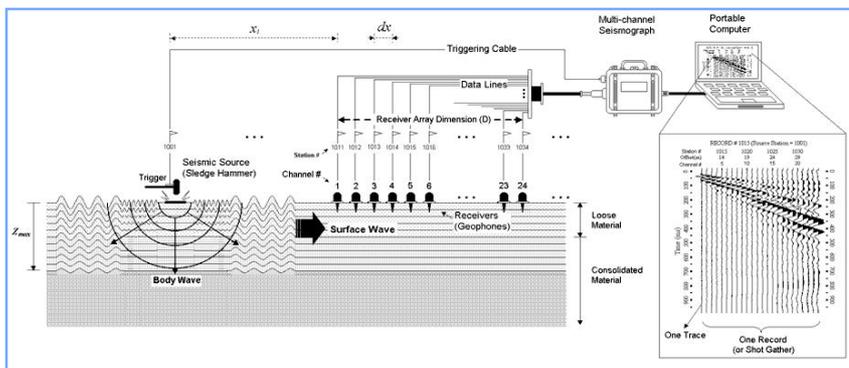


Fig. 3.1 - Esempio configurazione sorgente-ricevitori per l'esecuzione di un rilievo MASW.

Questo consente di ottenere uno spettro delle velocità di fase (ovvero una curva di dispersione) sperimentale apparente, generalmente nel range di frequenze compreso tra 4.5÷100 Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa (di norma) entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidità o rigidità sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo e della lunghezza dell'allineamento di sensori.

Il processo che viene usato per produrre profili di velocità delle onde S a partire dalle onde di Rayleigh, con la tecnica MASW, richiede tre passi descritti di seguito:

1. Dopo aver visionato i file d'interesse ed impostate le caratteristiche geometriche del profilo, in primo luogo viene calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, mediante un processo di elaborazione che consente di estrarre la suddetta curva dallo spettro nel dominio frequenza-numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo di moto misurato originariamente nel dominio spazio-tempo.
2. Successivamente, viene calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente numerica mediante modellazione del sottosuolo in termini di velocità delle onde P ed S, intervallo dei valori del coefficiente di Poisson e densità dei terreni.
3. La terza fase consiste, infine, nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio, modificando opportunamente lo spessore degli orizzonti litologici e la densità fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e quella numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

L'analisi multicanale delle onde di superficie può essere applicata in due differenti modi: attiva o passiva. La differenza tra le due tecniche, oltre al fatto che nella passiva non si prevedono energizzazioni artificiali, è essenzialmente legata alla possibilità di avere sorgenti naturali che possono fornire l'energia sufficiente per ottenere curve di dispersioni di buona qualità. Il sistema d'indagine attiva consiste nell'usare una sorgente sismica ed una serie di ricevitori posti su una linea retta.

L'algoritmo di inversione della curva di dispersione del modo fondamentale delle onde di Rayleigh, utilizzato per i dati acquisiti, è quello proposto da Xia et al., 1999, caratterizzato da un metodo iterativo basato sul gradiente. Tale metodo utilizza un modello di sottosuolo iniziale stratificato, caratterizzato dai seguenti parametri: velocità delle onde S (V_S), velocità delle onde P (V_P), densità (ρ), spessore (h) e coefficiente di Poisson (Fig. 3.2). Con questa serie di parametri, l'algoritmo di inversione cerca una soluzione in modo iterativo. Il modello iniziale di velocità delle onde S (V_S) è approssimato dalla misura della curva di dispersione mentre il modello iniziale di velocità delle onde P (V_P) è individuato utilizzando V_S e il coefficiente di Poisson.

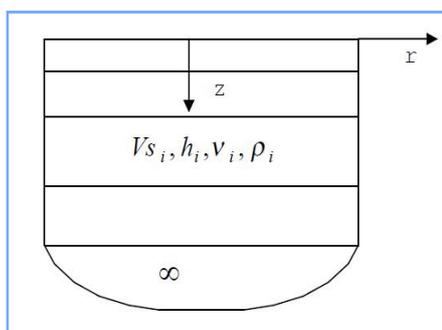


Fig. 3.2 - Modello di semispazio semplificato.

Viene poi definita una funzione obiettivo ed una matrice di pesi e, successivamente, minimizzata la funzione obiettivo con il metodo di Levenberg – Marquardt (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963). Si individua così il nuovo valore di V_S (Xia et al., 1999). L'inversione della curva di dispersione permette di ricavare un profilo di velocità delle onde S, che è posto in corrispondenza della metà della stesa dei geofoni.

L'elaborazione dei dati è avvenuta avvalendosi dei seguenti software specialistici:

- IXSeg2Segy software per la visualizzazione dei segnali acquisiti;
- SURFSEIS 3.0 sviluppato dal Kansas Geological Survey – University of Kansas.

3.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Di seguito, sono riportate le specifiche della strumentazione utilizzata per le prove MASW:

- Geofoni, 24 velocimetri a componente verticale, con frequenza pari a 4,5 Hz della OYO GEOSPACE.
- Trigger, costituito da un dispositivo, collegato al sistema di acquisizione, che permette di avviare la registrazione del segnale sismico acquisito dai geofoni nell'istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Il sistema di "innesco" è stato realizzato mediante un geofono di superficie posizionato in prossimità della sorgente e attivato dall'impatto, nell'istante in cui la massa battente colpisce la sorgente.
- Sistema di energizzazione, costituito da una sorgente impattiva. Per la generazione delle onde di compressione è stato utilizzato un martello da 10 kg e un piattello metallico posto al suolo.

I segnali sismici, sono stati acquisiti mediante un sismografo MAE X610S a 24 bit, le cui caratteristiche sono state riportate in precedenza.

3.3 DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE

Nell'ambito della commessa in oggetto, come accennato in premessa, è stata eseguita n. 3 indagini MASW la cui ubicazione è riportata nelle tavole allegate.

Di seguito, si riporta la specifica della prospezione. Si precisa che nella tabella seguente è riportata la coordinata del centro dello stendimento.

Codice indagine	Lunghezza (m)	UTM WGS84			
		Coordinata iniziale EST	Coordinata iniziale NORD	Coordinata finale EST	Coordinata finale NORD
MW1	46	607264,359	4279043,005	607227,094	4279070,727
MW2	46	607375,007	4278552,777	607362,661	4278511,248
MW3	46	607359,898	4278225,123	607372,396	4278183,483

Tab. 3.1 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Indagini sismiche MASW.

Per l'esecuzione del profilo MASW sono posizionati i geofoni sul terreno. Essi sono collegati con appositi morsetti al cavo multipolare che viene connesso al sismografo. Ultimata l'installazione sono effettuati alcuni tiri di prova per tarare i parametri di acquisizione del sismografo stesso.

Effettuate le operazioni di verifica e taratura della strumentazione, si è proceduto all'acquisizione dei segnali su ciascun punto prestabilito, esternamente al profilo stesso, ed alla memorizzazione dei dati sia sulla memoria di massa del sismografo sia sul pen drive.



*Fig. 3.3 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Indagine MASW - MW1.*



*Fig. 3.4 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Indagine MASW - MW2.*



*Fig. 3.5 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Indagine MASW – MW3.*

3.4 RISULTANZE DELL'INDAGINE MASW

Di seguito, sono riportate le risultanze della prospezione sismica MASW, riepilogata tramite i seguenti elaborati:

- Sismogramma originale, in cui sono riportate le tracce registrate sull'intero array di geofoni costituenti lo stendimento.
- Diagramma della trasformata bidimensionale del campo d'onda (nel sistema velocità di fase - frequenza f-k) con i massimi spettrali evidenziati.
- Diagramma dell'andamento del valore di discrepanza (*misfit*) tra curva osservata e calcolata col passare della generazione di modelli.
- Profilo verticale dell'andamento della velocità delle onde S, in funzione della profondità, e confronto tra il profilo V_S di primo tentativo con quello finale, risultante del processo di inversione dei dati.

Infine, a seguito del processo di elaborazione esposto nei paragrafi precedenti, è stato ricavato il valore di velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$.

3.4.1 MASW 1

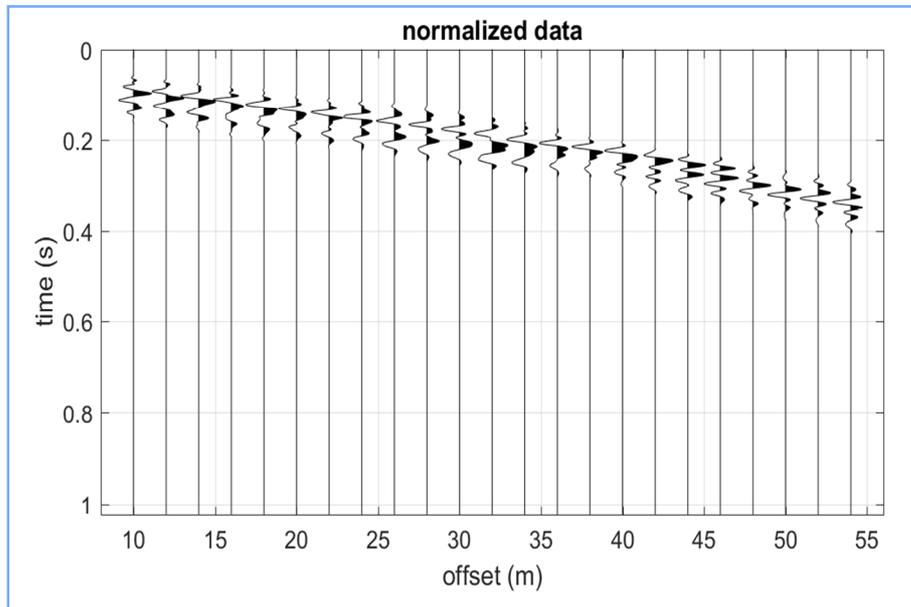


Fig. 3.6 - Sismogramma.

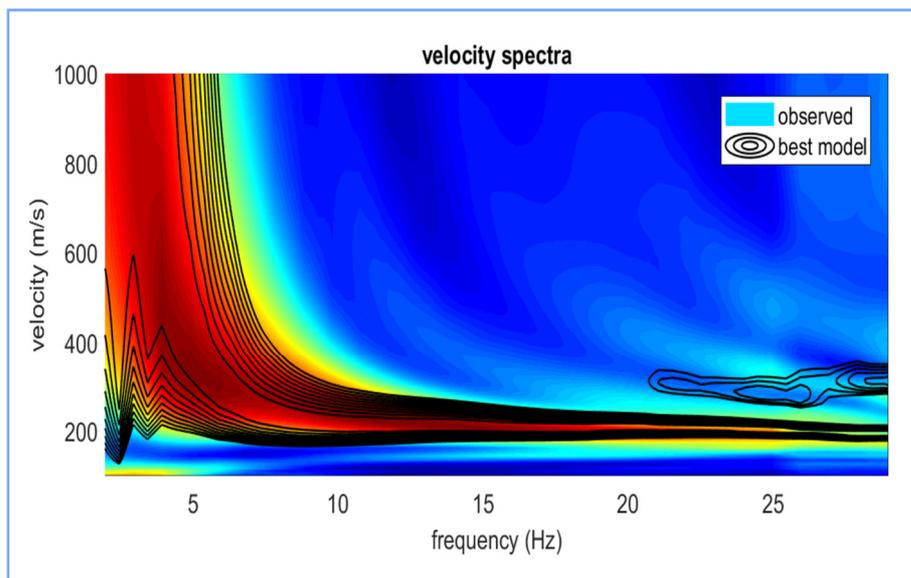


Fig. 3.7 - Curva di dispersione.

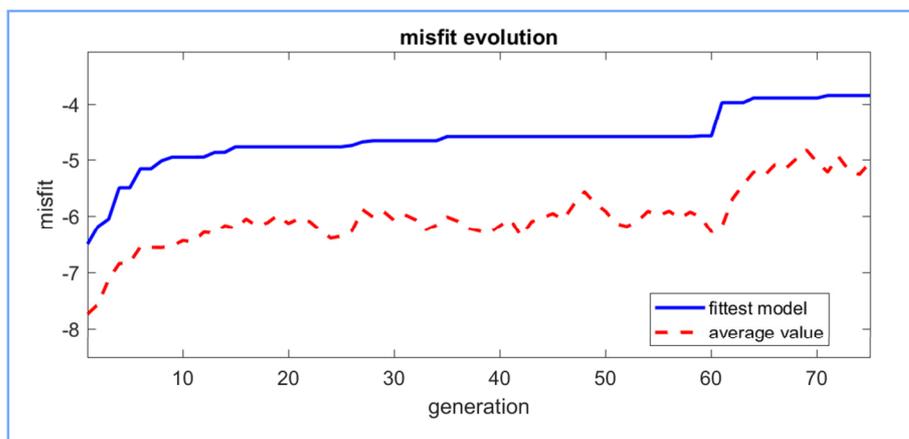


Fig. 3.8 – Diagramma dell'andamento del valore di discrepanza (misfit) tra curva osservata e calcolata col passare della generazione di modelli.

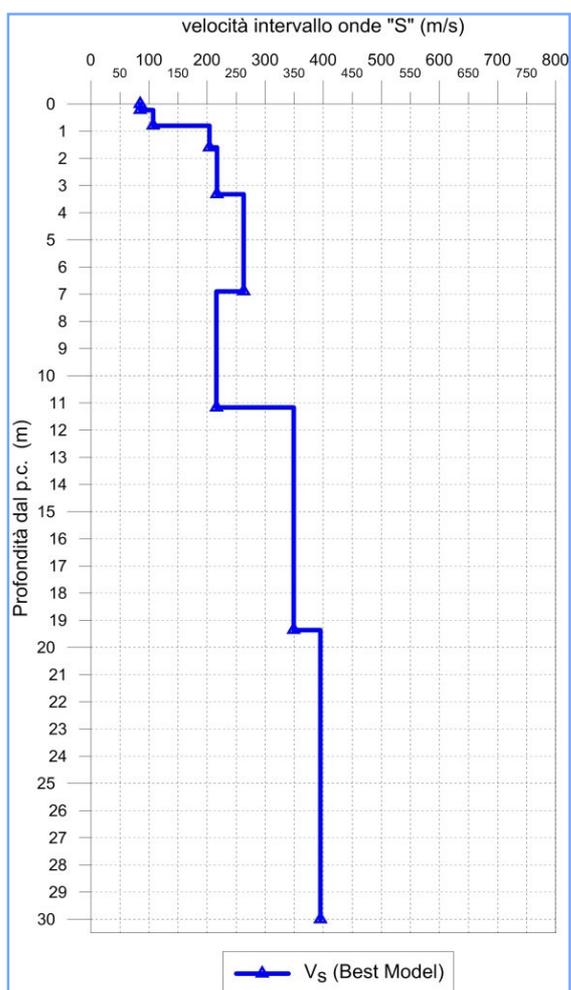


Fig. 3.9 - Profilo verticale della velocità delle onde S, in funzione della profondità.

3.4.2 MASW 2

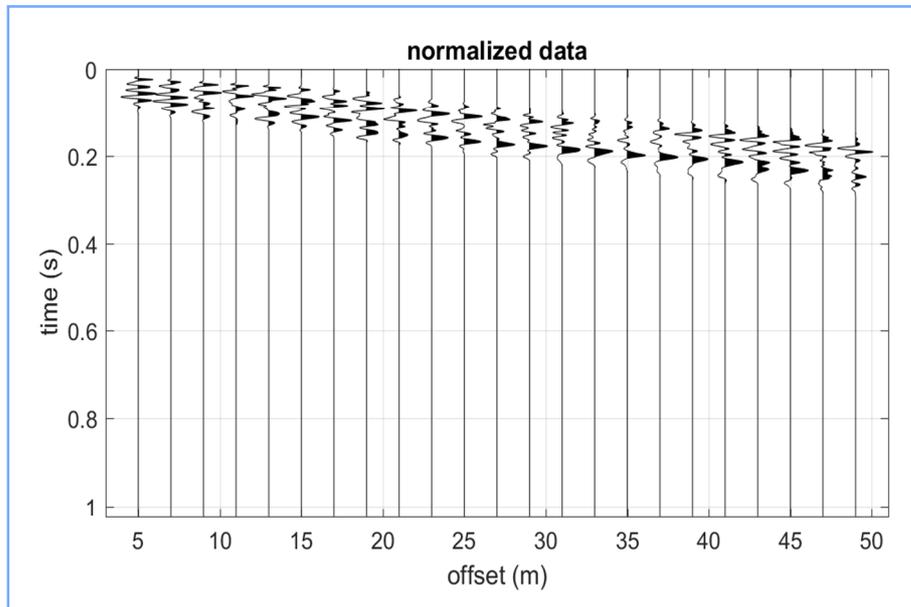


Fig. 3.10 - Sismogramma.

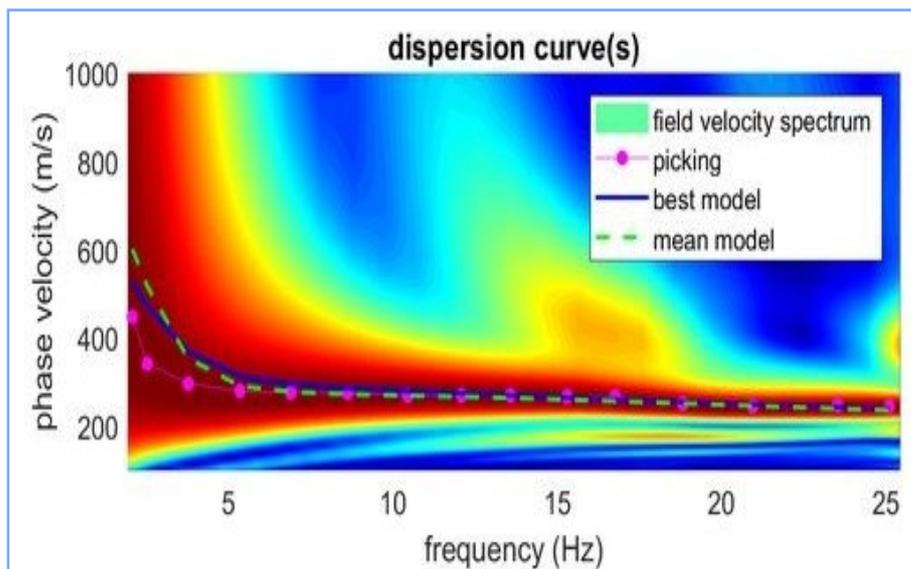


Fig. 3.11 - Curva di dispersione.

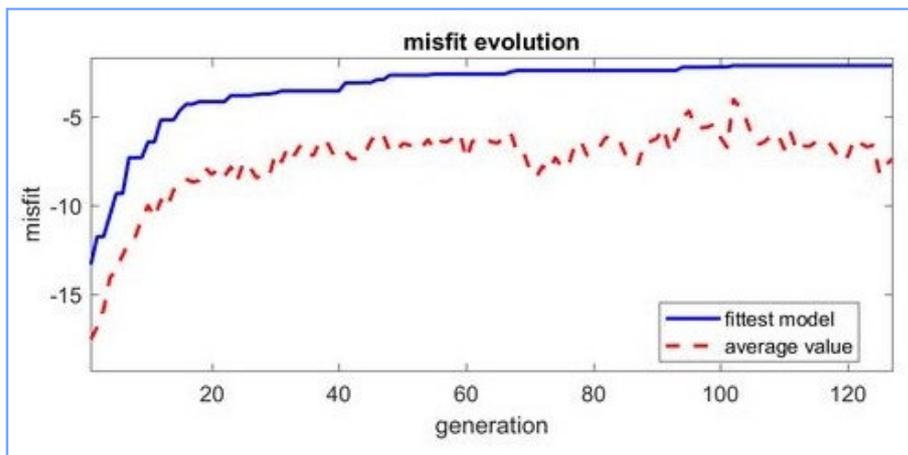


Fig. 3.12 - Diagramma dell'andamento del valore di discrepanza (misfit) tra curva osservata e calcolata col passare della generazione di modelli.

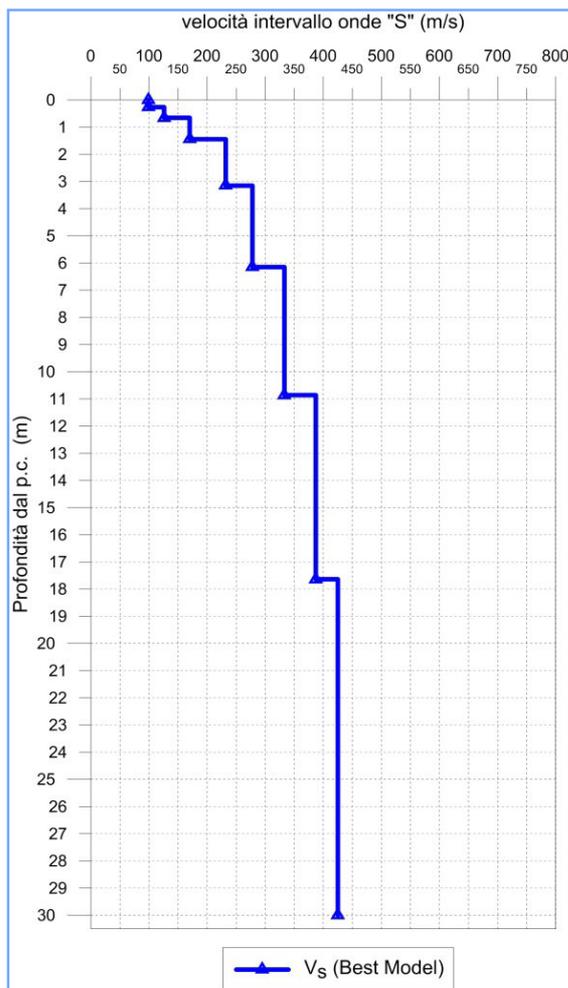


Fig. 3.13 - Profilo verticale della velocità delle onde S, in funzione della profondità.

3.4.3 MASW 3

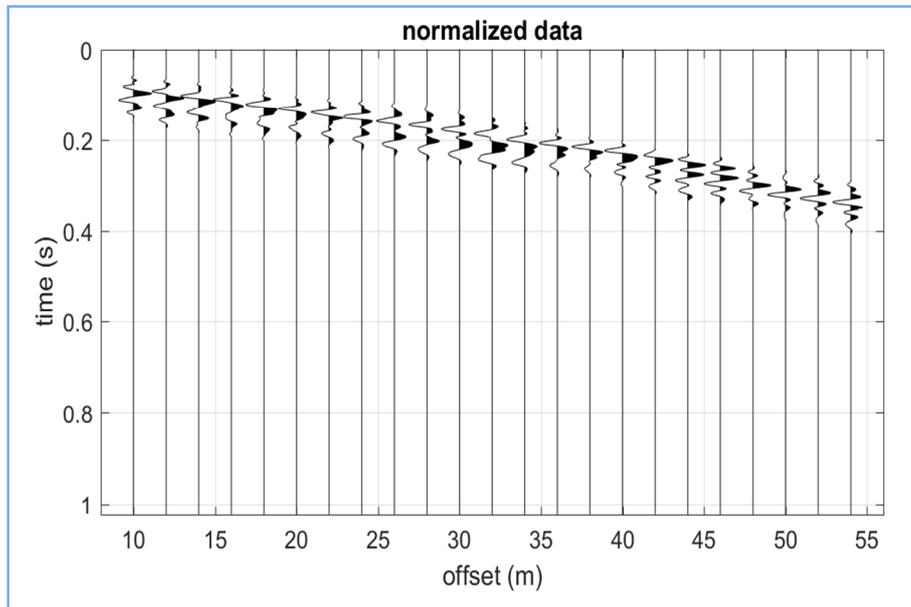


Fig. 3.14 - Sismogramma.

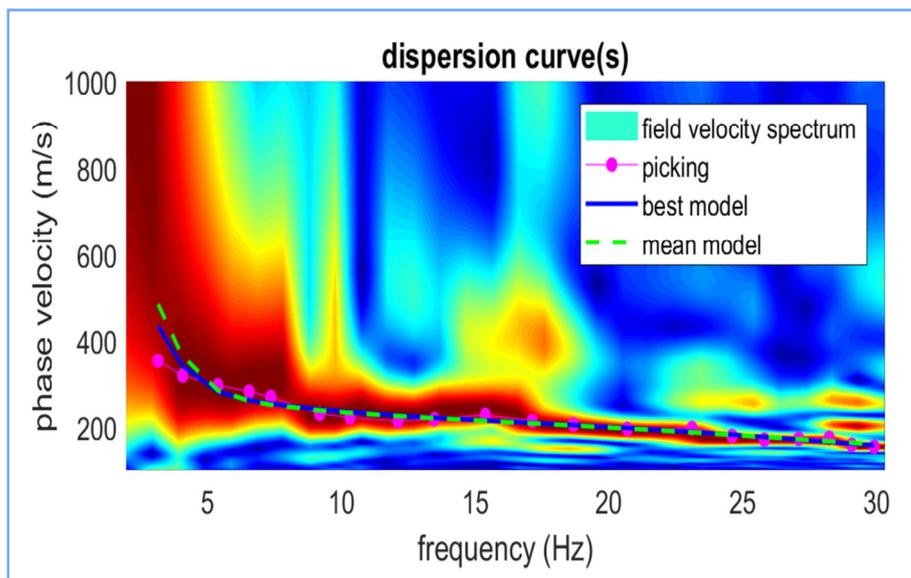


Fig. 3.15 - Curva di dispersione.

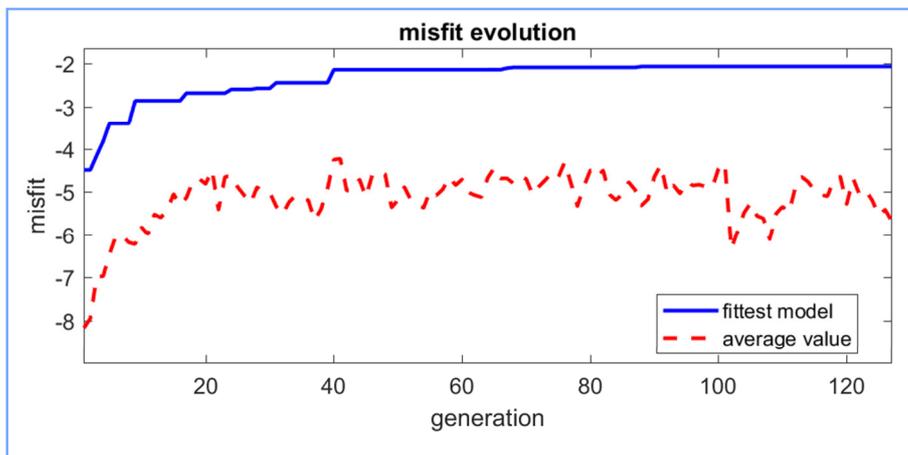


Fig. 3.16 - Diagramma dell'andamento del valore di discrepanza (misfit) tra curva osservata e calcolata col passare della generazione di modelli.

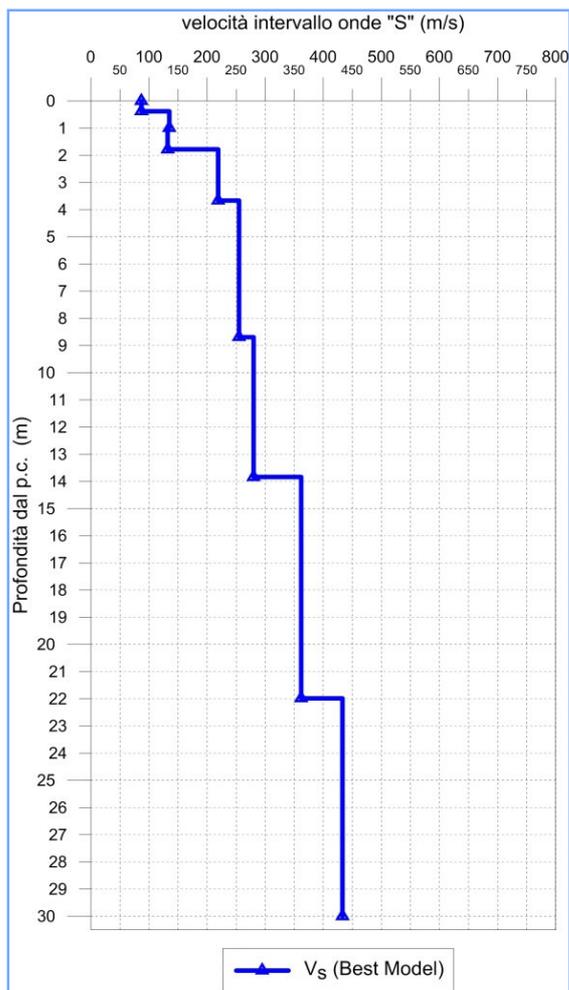


Fig. 3.17 - Profilo verticale della velocità delle onde S, in funzione della profondità.

3.5 DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S,eq}$

Al fine di classificare il sottosuolo da un punto di vista sismico nonché per definire l'azione sismica di progetto e l'effetto della risposta sismica locale, la normativa europea (EUROCODICE 8) e quelle italiane, dall'OPCM 3274/2003 sino alle recenti "Norme Tecniche per le Costruzioni", approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, adottano, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili a determinate categorie, un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S .

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s) è 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 $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Mediante le risultanze scaturite dalle prospezioni geofisiche descritte nel presente elaborato, l'elaborazione dei dati ha permesso di calcolare i seguenti valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$:

Codice indagine	Valore $V_{S,eq}$
MAWS MW1	289 m/s
MAWS MW2	336 m/s
MAWS MW3	292 m/s

Tab. 3.2 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
 Superamento del Colle dello Scornari. Tabella riepilogativa del valore $V_{S,eq}$.

4 INDAGINI HVSR

4.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ED ELABORAZIONE DATI

Le analisi sul rumore ambientale rappresentano una soluzione versatile ed economica per ottenere sia stime dirette della risposta di sito. La metodologia con cui viene analizzato il rumore ambientale studia il rapporto spettrale della componente orizzontale sulla componente verticale (H/V) di ogni singola stazione (HVSR o Tecnica di Nakamura).

La tecnica di Nakamura permette di conoscere la frequenza di risonanza di un bacino o di un pacco sedimentario, a partire dall'analisi dei rapporti spettrali H/V (componente/i orizzontale/i su verticale) effettuati su registrazioni di rumore ambientale, quindi di definire in termini di frequenza di risonanza, la risposta sismica in caso di terremoto.

I risultati dei rapporti spettrali H/V, sono una conseguenza diretta sia della composizione del campo d'onda del noise, che è funzione della sorgente di vibrazione e della struttura del sottosuolo, che degli effetti dei differenti tipi di onde sismiche sui rapporti H/V.

La stabilità è molto buona nel tempo, ma dipende dalle caratteristiche specifiche del sito. I rapporti spettrali H/V non sono sempre consistenti con le registrazioni di un singolo evento sismico, viceversa corrispondono bene ad un set di registrazioni di un certo numero di eventi, se pur rappresentandoli in piccola percentuale.

Le acquisizioni e le successive elaborazioni sono state effettuate tenendo conto di quanto riportato nell'ambito del progetto SESAME¹ (Site EffectS assessments using AMbient Excitation), che ha stabilito delle direttive per garantire la riproducibilità delle misure H/V, indispensabile per ottenere dei dati rappresentativi e poco influenzati dal contesto di misura ed ambientale.

Al termine di ciascuna prova si è proceduto all'elaborazione dei dati avvalendosi del software **Geopsy** (Geophysical Signal Database For Noise Array Processing) per il processing dei dati.

L'interpretazione dei dati è stata eseguita al fine di ottenere una curva, detta di ellitticità, che rappresenta appunto il rapporto spettrale tra il segnale delle componenti orizzontali e quello della componente verticale. Questa curva permette di valutare in modo diretto le frequenze di risonanza del sito indagato.

Come accennato in precedenza, la tecnica, in origine proposta da Nogoshi e Igarashi, in seguito diffusa da Nakamura, consiste nella stima del rapporto fra lo spettro di ampiezza delle componenti orizzontali e quello della componente verticale dei microtremori sismici ambientali registrati da una singola stazione.

¹ Progetto triennale di ricerca europeo, terminato nel 2005, con lo scopo di fornire delucidazioni sull'affidabilità e sulle procedure di acquisizione ed analisi del noise ambientale (<ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/SESAME/USER-GUIDELINES/SESAME-HV-User-Guidelines.pdf>).

Il calcolo del rapporto H/V segue queste fasi:

- Registrazione del segnale ambientale nelle 3 componenti.
- Scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti.
- Calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti.
- Combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate.
- Calcolo del rapporto H/V per ogni finestra.
- Calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenterà la curva H/V definitiva.

4.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle misurazioni HVSR è stato adoperato un tromografo Tromino[®] avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- 3 canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ± 1.5 mm/s);
- acquisizione alla frequenza di 172 Hz;
- conversione A/D a 24 bit.

4.3 DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE

Nell'ambito della commessa in oggetto, come accennato in premessa, sono state eseguite **n. 2** indagini HVSR la cui ubicazione è riportata nelle tavole allegate. Di seguito, si riportano le coordinate di ciascuna indagine.

Codice indagine	UTM WGS84	
	Coordinata EST	Coordinata NORD
HVSR 1	607189,416	4279073,250
HVSR 2	607516,814	4277999,309

*Tab. 4.1 – S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Indagini HVSR*

Per ciascuno dei siti d'indagine, si è proceduto con il posizionamento della strumentazione al suolo e con acquisizioni della durata di **20** minuti. Tale durata risulta appropriata per determinare l'eventuale contributo delle basse frequenze.

Effettuate le operazioni di verifica e taratura della strumentazione, si è proceduto all'acquisizione dei segnali su ciascun punto prestabilito ed alla memorizzazione dei dati sia sulla memoria di massa del dispositivo sia sul pen drive.



*Fig. 4.1 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Indagine HVSR 1.*



*Fig. 4.2 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. Indagine HVSR 2.*

4.4 RISULTANZE DELLE INDAGINI HVSR

Di seguito, sono riportate le risultanze delle indagini HVSR, riepilogate tramite i seguenti elaborati prodotti per ciascuno dei **due** siti:

- scheda di cantiere;
- segnale acquisito;
- continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione (diagramma frequenza vs tempo);
- diagramma in cui sono raggruppati gli spettri medi di tutte e tre le componenti V, N, E;
- diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze con indicazione dell'intervallo di frequenza in cui sono stati verificati i criteri del progetto SESAME;
- diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale.
- tabella riepilogativa delle grandezze d'interesse.

4.4.1 HVSR 1

DATE 11/04/2013		HOUR 11:00		PLACE Colle Scornari (VV)																																				
OPERATOR CALVANESE			GPS TYPE and #																																					
LATITUDE 4273073		LONGITUDE 607183		ALTITUDE																																				
STATION TYPE		SENSOR TYPE Tronino																																						
STATION # HVSR1		SENSOR #		DISK #																																				
FILE NAME 505A_01				POINT #																																				
GAIN HIGH		SAMPL. FREQ. 172 Hz		REC. DURATION 20' <small>minutes seconds</small>																																				
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): 10°C		Remarks _____																																				
GROUND TYPE		<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)																																				
		<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 checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> yes, type _____																																						
BUILDING DENSITY		<input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> scattered <input type="checkbox"/> dense <input type="checkbox"/> other, type _____																																						
TRANSIENTS		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>none</th> <th>few</th> <th>moderate</th> <th>many</th> <th>very dense</th> <th>distance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cars</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>trucks</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>pedestrians</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>other</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			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 _____	
	none	few	moderate	many	very dense	distance																																		
cars	<input checked="" type="checkbox"/>																																							
trucks	<input checked="" type="checkbox"/>																																							
pedestrians	<input checked="" type="checkbox"/>																																							
other																																								
		NEARBY STRUCTURES (trees, polls, buildings, bridges, underground structures, ...)																																						
OBSERVATIONS				FREQUENCY: _____ Hz (if computed in the field)																																				

Fig. 4.3 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Misure HVSR. Brogliaccio di cantiere HVSR 1.

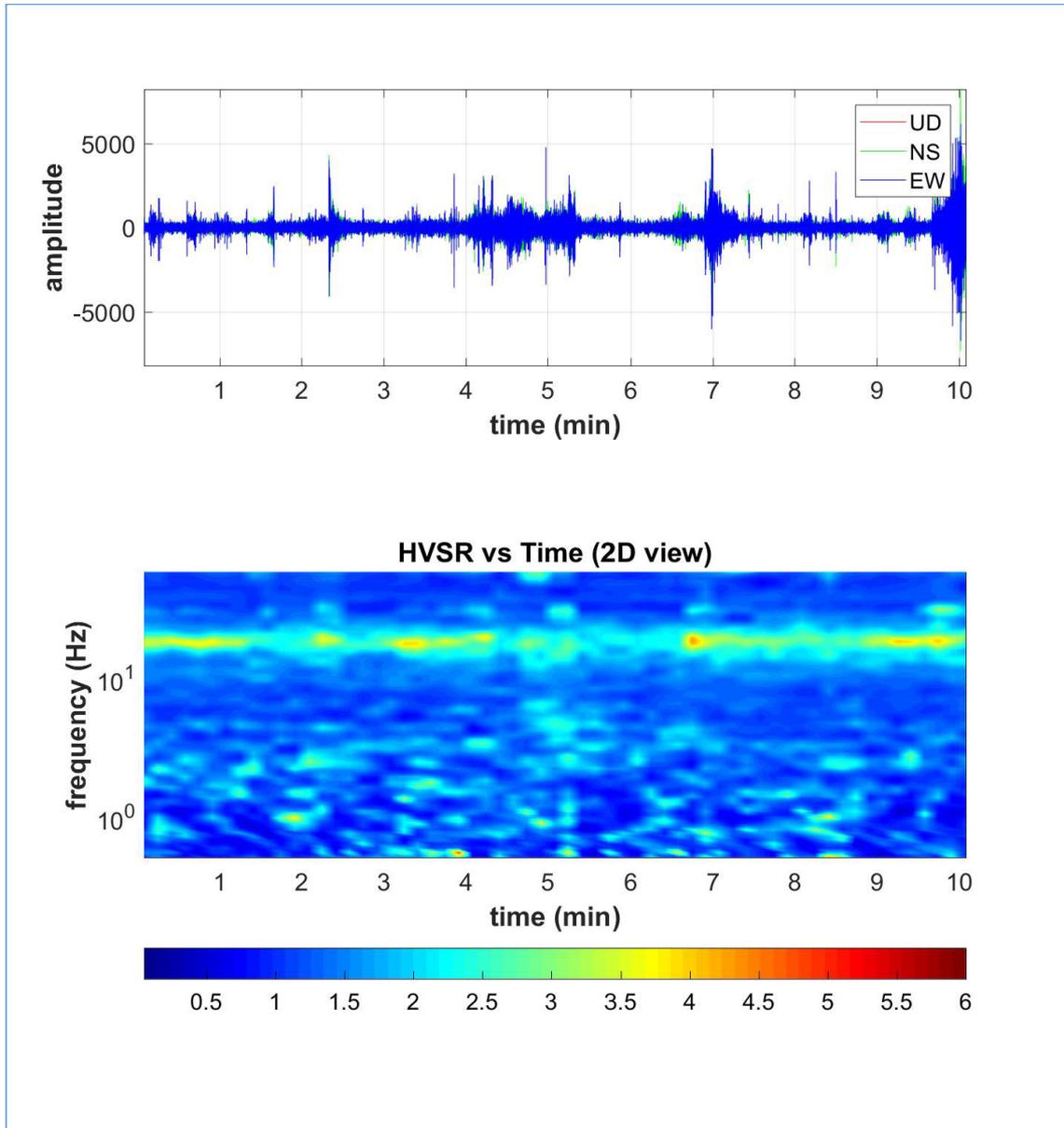


Fig. 4.4 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. HVSR 1.

In alto è riportato il segnale acquisito.

In basso è riportato il diagramma frequenza vs tempo della continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione.

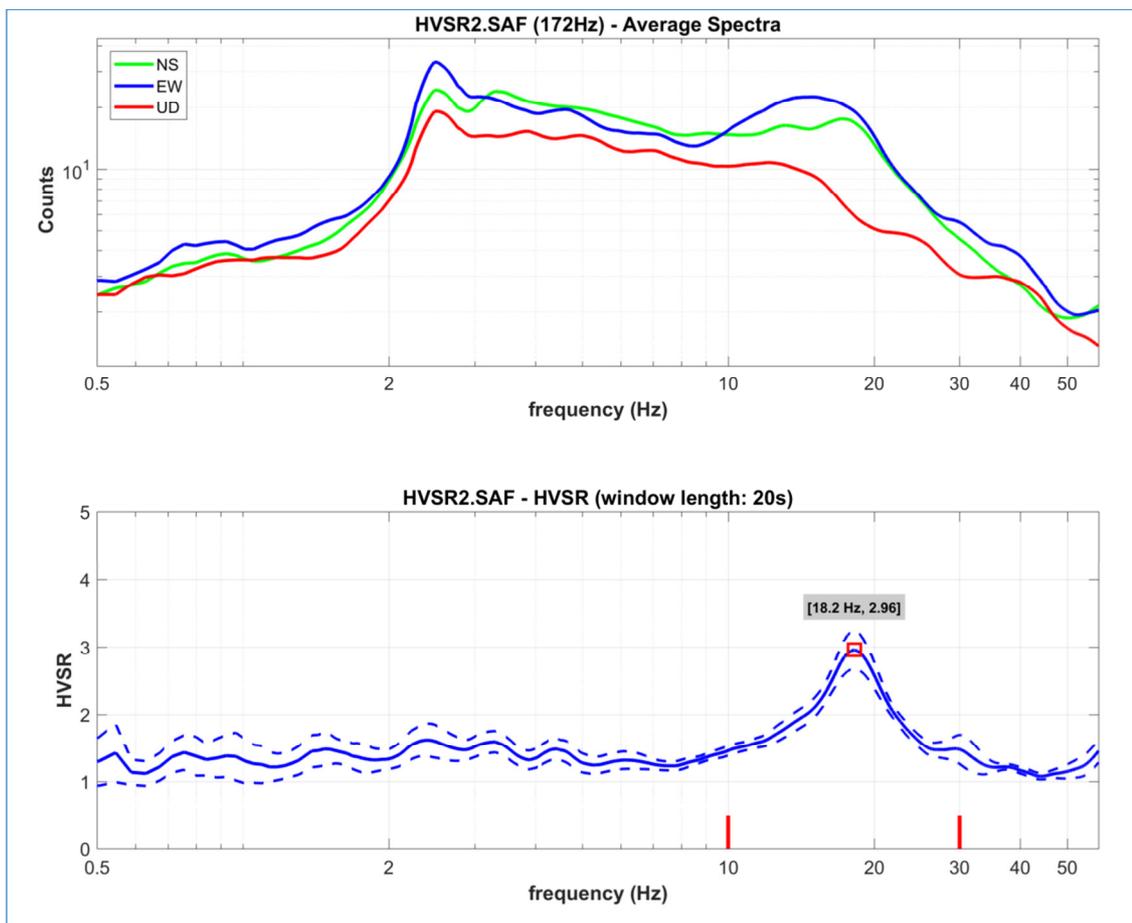
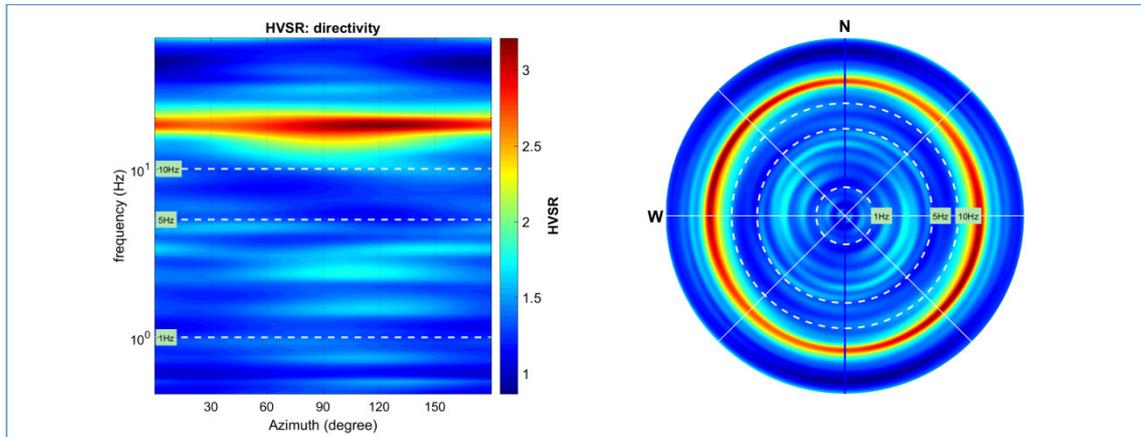


Fig. 4.5 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. HVSR 1.

In alto è riportato il diagramma in cui sono raggruppati gli spettri medi di tutte e tre le componenti V, N, E.

In basso è riportato il diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze con indicazione dell'intervallo di frequenza in cui sono stati verificati i criteri del progetto SESAME.



*Fig. 4.6 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. HVSR.1.*

Nella figura è riportato il diagramma della direzionalità del rapporto HV inerente la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale.

Verifica criteri SESAME

Di seguito, è riportato il riepilogo delle grandezze d'interesse per l'indagine in oggetto tenendo in considerazione i criteri riportati nel progetto SESAME cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 10.0-30.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 18.2 (± 1.0)

Peak HVSR value: 3.0 (± 0.3)

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

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: 18.191 > 0.5 (OK)

#2. [$n_c > 200$]: 22194 > 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 [$f_0/4, f_0$] | $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 4.6Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 8.2Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: 3.0 > 2 (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: 1.046 > 0.910 (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: 0.137 < 1.58 (OK)

4.4.2 HVSR 2

DATE 11/04/2013		HOUR 10:00		PLACE Colle Scornari (VV)			
OPERATOR CALVAJESI			GPS TYPE and #				
LATITUDE 4277883		LONGITUDE 607516		ALTITUDE			
STATION TYPE		SENSOR TYPE TORNINO					
STATION # HVSR2		SENSOR #		DISK #			
FILE NAME DATA-02				POINT #			
GAIN HIGH		SAMPL. FREQ. 172 Hz		REC. DURATION 20' <small>minutes seconds</small>			
WEATHER CONDITIONS	WIND	<input checked="" type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> weak (5m/s)	<input type="checkbox"/> medium	<input type="checkbox"/> strong Measurement (if any): _____		
	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 TYPE	<input checked="" type="checkbox"/> earth (<input checked="" type="checkbox"/> hard <input 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)	
	<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 checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> yes, type _____							
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, polls, buildings, bridges, underground structures, ...) /							
OBSERVATIONS							FREQUENCY: _____ Hz (if computed in the field)

Fig. 4.7 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Misure HVSR. Brogliaccio di cantiere HVSR 2.

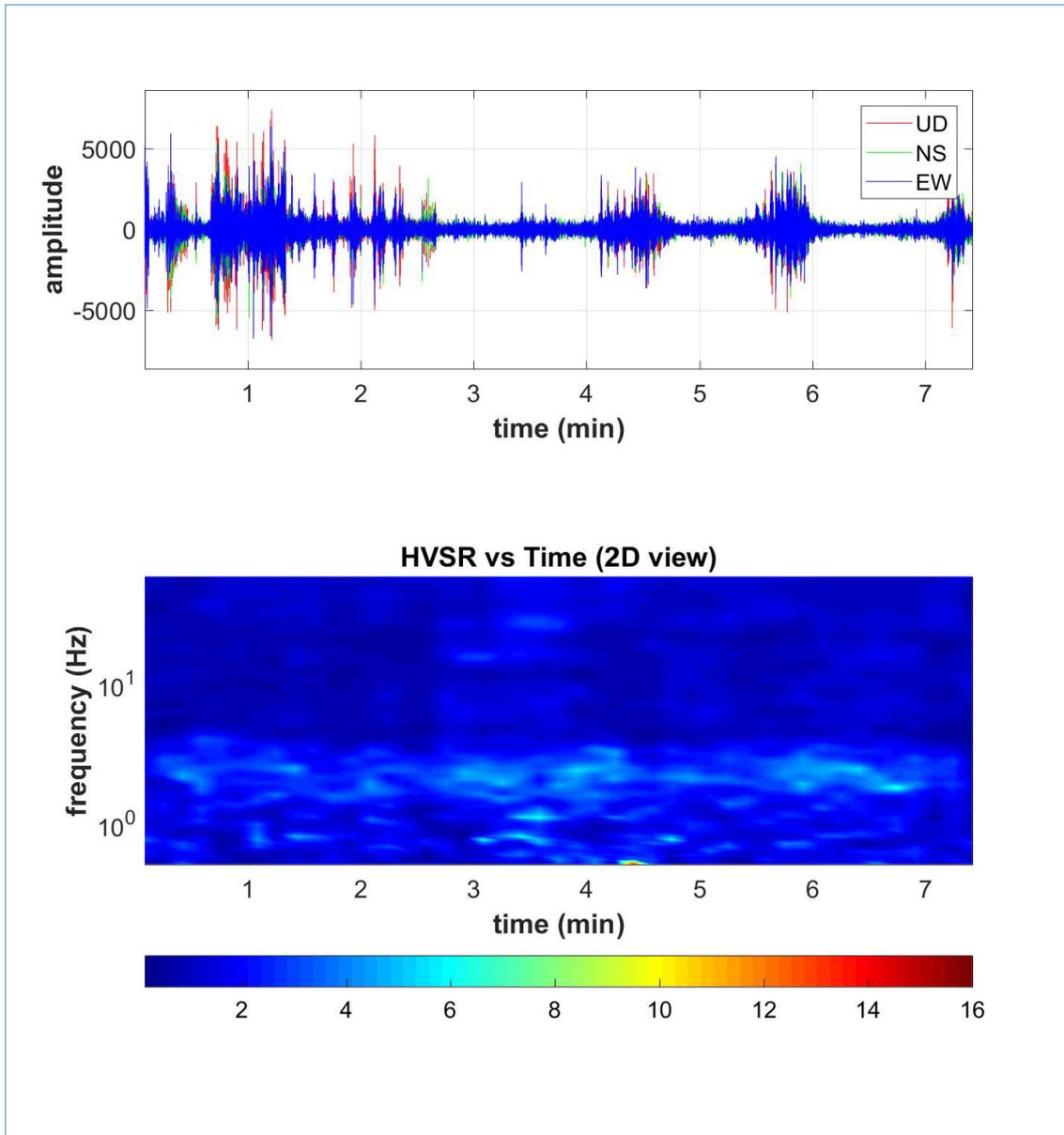


Fig. 4.8 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. HVSF 2.

In alto è riportato il segnale acquisito.

In basso è riportato il diagramma frequenza vs tempo della continuità del segnale HVSF durante l'acquisizione.

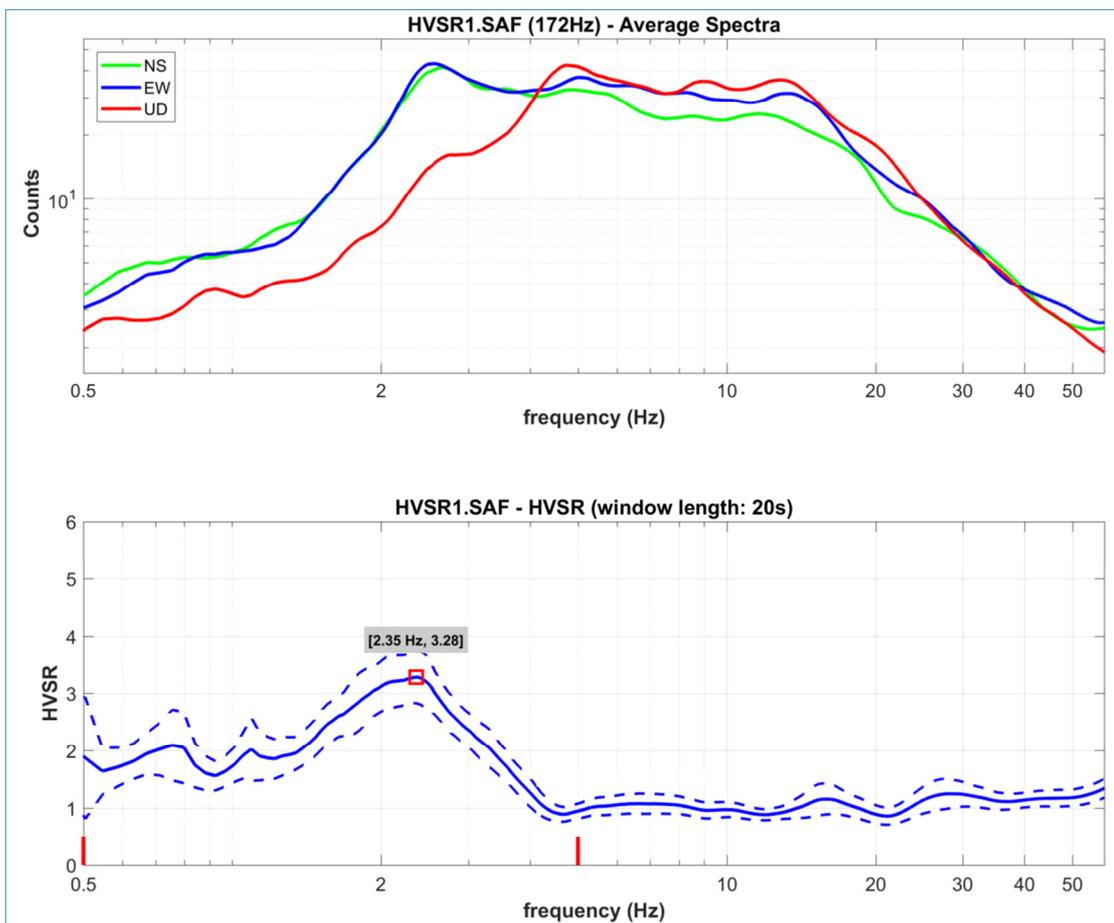
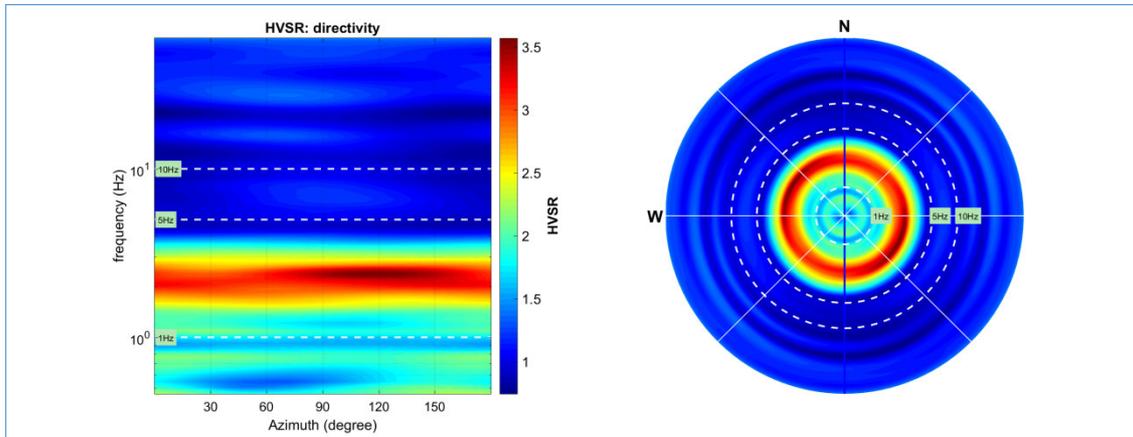


Fig. 4.9 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. HVSr 2.

In alto è riportato il diagramma in cui sono raggruppati gli spettri medi di tutte e tre le componenti V, N, E.

In basso è riportato il diagramma del segnale HVSr nel dominio delle frequenze con indicazione dell'intervallo di frequenza in cui sono stati verificati i criteri del progetto SESAME.



*Fig. 4.10 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento.
Superamento del Colle dello Scornari. HVSr 2.*

Nella figura è riportato il diagramma della direzionalità del rapporto HV inerente la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale.

Verifica criteri SESAME

Di seguito, è riportato il riepilogo delle grandezze d'interesse per l'indagine in oggetto tenendo in considerazione i criteri riportati nel progetto SESAME cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-5.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 2.4 (± 0.7)

Peak HVSR value: 3.3 (± 0.5)

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

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: 2.353 > 0.5 (OK)

#2. [$n_c > 200$]: 2117 > 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 [$f_0/4, f_0$] | $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.9Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 3.7Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: 3.3 > 2 (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: 0.657 > 0.118 (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: 0.967 < 1.58 (OK)