

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA
U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE**

PROGETTO DEFINITIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

INDAGINI GEOFISICHE

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I F 0 G 0 0 D 6 9 I G G E 0 0 0 5 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	VICENZETTO	Aprile 2017	S. GIUGLIANO 	Aprile 2017	D. APREA 	Aprile 2017	F. MARCHESE APRILE 2017

File: IF0G00D69IGGE0005001A.pdf

n. E

ITALFERR S.p.A.
Dipartimento Geologia, Gestione Terre e Bonifiche
Ordine Geologo Lazio n. 179 ES

INDICE

1 - INTRODUZIONE	2
2 - INDAGINI SVOLTE	3
3 - STRUMENTAZIONI	4
4 - FINALITÀ DELLA PROSPEZIONE	6
5 - ESECUZIONE DEI RILIEVI	7
6 - METODOLOGIA INTERPRETATIVA	20
7 - ANALISI DEI RISULTATI	37

ALLEGATI

Elaborato	Titolo	scala
02	- Tavola elettromagnetismo	1:200
03	- Profili sismici AA'-BB' e CC'-DD'	1:1.000
04	- Profili sismici EE'-FF' e GG'-HH'	1:1.000
05	- Profili sismici II'-JJ' e KK'-LL'	1:1.000
06	- Profili sismici MM'-NN'	1:1.000
07	- Profili sismici OO'-PP' e QQ'-RR'	1:1.000
08	- Profili sismici SS'-TT' e UU'-VV'	1:1.000
09	- Profili sismici WW'-XX' e YY'-ZZ'	1:1.000

1 - INTRODUZIONE

Lo scrivente Vicenzetto S.r.l., su incarico della Società ITOLFERR S.p.A., ha eseguito una campagna di indagini geofisiche per il progetto definitivo del “Raddoppio Apice-Orsara”.



Figura 1.1 – Sito di indagine

Lo scopo della prospezione è stato quello di identificare e ricostruire, sulla base delle loro caratteristiche fisiche e meccaniche, i rapporti geometrici degli strati di terreno ed il valore di v_{s30} delle aree interessate. A tal scopo sono stati realizzati **una serie di profili sismici a rifrazione** per determinare la velocità delle onde di compressione P, una **analisi della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh** per la definizione del modello monodimensionale di Vs e del valore di v_{s30} utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica e dei **carotaggi sismici down-hole** per una caratterizzazione dinamica dei terreni attraverso il parametro della velocità sismica delle onde P e delle onde S_H .

Nella presente relazione sono descritti i modi d'esecuzione della fase di acquisizione dei dati sperimentali e le metodologie esecutive ed interpretative dei dati secondo un criterio essenzialmente geofisico.

2 - INDAGINI SVOLTE

La prospezione geofisica è stata eseguita nel periodo 31 gennaio-3 febbraio 2017, 14-17 febbraio 2017 e 20-21 aprile 2017. L'ubicazione delle indagini geofisiche è riportata in dettaglio negli elaborati ed in relazione.

Sismica a rifrazione

L'indagine geofisica si è svolta attraverso l'esecuzione di n°26 profili sismici a rifrazione in onde di volume P ed elaborati con metodo tomografico. Gli stendimenti sismici sono stati approntati con sismografo a 48 canali su basi da 48 geofoni con 2 tiri sorgente esterni alla base e con tiri sorgente ripetuti ogni tre ricevitori internamente alla stessa.

Prova MASW

La prospezione sismica per l'analisi della dispersione delle onde superficiali (MASW - *Multi-channel Analysis of Surface Waves*) si è svolta attraverso l'esecuzione di °22 prove MASW. L'analisi delle onde superficiali è una prospezione sismica di tipo attivo realizzata con un sismografo da 24 canali ed un allineamento di 24 ricevitori verticali con frequenza nominale da 4.5 Hz, inter spazati 2.5 ÷ 5 metri; le energizzazioni, 3 per ogni lato dello stendimento, sono eseguite ad almeno 3, 4 e 5 volte la spaziatura geofonica, ottenendo pertanto 6 registrazioni di onde superficiali.

Carotaggio sismico down hole

Al momento dell'esecuzione del carotaggio sismico, ogni sondaggio meccanico risultava completamente rivestito con tubazione in pvc cementata alle pareti del foro stesso ed al momento della prova vi era acqua all'interno del foro. Le registrazioni sismiche sono state eseguite con un'interdistanza fra le misure pari ad 1,0 metri, a partire dal fondo foro fino al piano campagna.

I carotaggi sismici Down-Hole per la caratterizzazione dinamica dei terreni sono stati eseguiti tramite geofono tridimensionale (frequenza propria di 15 Hz).

Piazzola elettromagnetismo

All'interno delle piazzole è stata eseguita la prospezione elettromagnetica finalizzata alla ricerca di masse metalliche.

3 – STRUMENTAZIONI

Per l'esecuzione della prospezione sono state utilizzate le seguenti strumentazioni ed attrezzature:

N°	Strumentazione per indagini sismiche
2	sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch- 24 bit
1	notebook HP per registrazione dei dati di campagna con MultipleGeodeOptimSoftware (MGOS)
48	geofoni verticali con frequenza pari a 4,5 Hz
2	cavo geofonico GEOSPACE con 24 take-out spaziate di 5 metri
1	hammer switch per dispositivo time-break
1	massa battente da 5 kg
	cavi e prolunghe per il dispositivo di time-break e per il collegamento GEODE-notebook
1	GPS ricevitore STONEX S9N plus

N°	Strumentazione per prove sismiche attive di superficie (MASW)
1	sismografo digitale geode 24 ch - 24 bit (Geometrics)
1	notebook HP per registrazione dei dati
24	geofoni verticali con frequenza 4,5Hz (OYO-Geospace)
1	cavo di collegamento per geofoni 24 take-out/5,0 metri (OYO-Geospace)
1	massa battente del peso di 5kg
1	linea trigger con dispositivo hammer-switch

N°	Strumentazione prove down-hole
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit
1	Computer portatile per registrazione dei dati di campagna
1	Cavo di collegamento per geofoni
1	Geofono tridimensionale da foro Geostuff, a frequenza propria di 15 Hz, munito di bussola elettronica per orientamento del geofono stesso e di ancoraggio meccanico motorizzato alla parete del foro
1	Sistema specifico per la generazione di onde polarizzate SH
1	Trigger dispositivo "arm switch" + cavo geofonico
2	Masse battenti del peso di 5 e 10 kg

N°	Strumentazione profili elettromagnetici
1	elettromagnetometro EM34-3 (Geonics)
1	cavi di collegamento Tx-Rx, intercoil 10 metri (Geonics)
1	sistema GPS STONEX S4C

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOG	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

4 - FINALITÀ DELLA PROSPEZIONE

Le finalità della prospezione geofisica possono così essere sinteticamente riassunte:

- *definire il modello del sottosuolo in riferimento alla velocità delle onde di volume P;*
- *definire la velocità di propagazione delle onde sismiche P ed S_H nel sottosuolo;*
- *parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso le misure geofisiche;*
- *definizione del valore Vs₃₀ per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica;*
- *misure della conducibilità elettrica, in corrispondenza delle zone di esecuzione dei sondaggi geognostici, per la ricerca di eventuali masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo, con metodologia elettromagnetica FDEM;*

Per quanto riguarda le principali proprietà dinamiche dei terreni, è opportuno ricordare che, per sottosuoli naturali, il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali.

Per questo motivo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un treno d'onde S, che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno in pratica orizzontale. Tale assunzione è oltretutto giustificata dal fatto che il moto più verosimile, ai fini della verifica sismica dei manufatti, è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni inferiori a 10-3%).

Le velocità delle onde S e delle onde di superficie, sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni sotto falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio e, subordinatamente, le onde di superficie.

5 – ESECUZIONE DEI RILIEVI

Sismica a rifrazione con onde di volume P

Il fine delle indagini sismiche a rifrazione è di risalire a modelli di terreni caratterizzati da una differente velocità delle onde elastiche, nell'individuare i loro spessori e la loro distribuzione spaziale.

Il metodo sismico a rifrazione si occupa dell'esplorazione del sottosuolo, attraverso lo studio della propagazione delle onde elastiche generate da masse battenti o esplosioni controllate. Si basa sull'analisi dei tempi di arrivo delle onde rifratte alle varie discontinuità litologiche.

In riferimento all'indagine geofisica di sismica a rifrazione con onde di volume P sono state adottate le seguenti caratteristiche:

- *24/48 geofoni verticali con frequenza di 4,5 Hz;*
- *spaziatura dei geofoni: 2,5 metri;*
- *spaziatura dei punti di scoppio: 7,5 metri;*
- *numero minimo punti di scoppio: 11;*
- *sorgente: massa battente da 5 kg;*
- *lunghezza registrazione del singolo evento: 2,0 secondi;*
- *campionamento: 0,125 millisecondi.*



Figura 5.1 – fasi di acquisizione dati geofisici - stese sismiche

Prove MASW

La prospezione geofisica è stata svolta con l'esecuzione di n°22 prove MASW, per la definizione del valore di Vs30 utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica.



Fig.5.2 – Area interessata da tutte le indagini geofisiche foto-planimetria di Google Earth.



Fig.5.2a – Planimetria delle indagini MASW; primo tratto Nord-Ovest.



Fig.5.2b – Planimetria delle indagini MASW; secondo tratto centrale.

Fig.5.2c – Planimetria delle indagini MASW; terzo tratto a Sud-Est.

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidezza del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio). La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

In riferimento all'acquisizione di onde S con tecnica di sismica attiva (prova MASW), sono state adottate le seguenti caratteristiche:

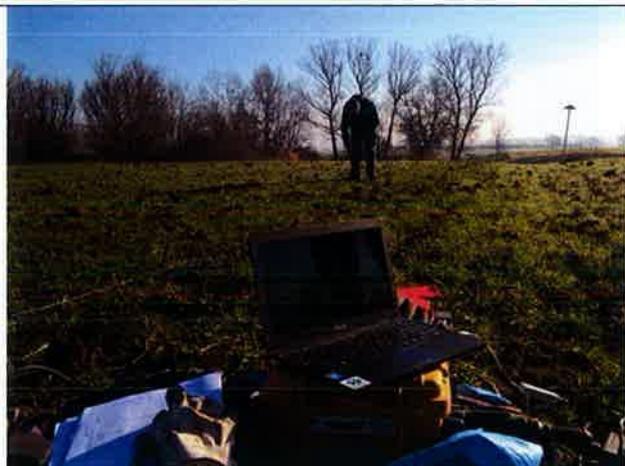
- 24 geofoni verticali con frequenza di 4,5Hz;
- spaziatura dei geofoni: 2.5 metri;

- sorgente: massa battente da 5kg;
- distanza delle energizzazioni: 2,5 - 5,0 - 10,0 metri;
- lunghezza registrazione del singolo evento: 2000 millisecondi;
- campionamento del segnale: 0,250 millisecondi.

Alcune foto relative ai MASW svolti;



AU_1



AU_4



AU_5



AU_8



AU_13



AU_11



C2



C4

Carotaggi sismici down-hole

Lo scopo della prova down-hole consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S_H), calcolando il tempo ad esse necessario per raggiungere il geofono ricevitore (all'interno del foro di sondaggio) dalla zona sorgente (su piano campagna a distanza nota dal foro). Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno d'ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

La prova consiste nel produrre in superficie sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione P, ed orizzontali per la generazione di onde di taglio polarizzate orizzontalmente S_H e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una terna di geofoni, ancorati a profondità nota nel foro di sondaggio (fig. 5.3).

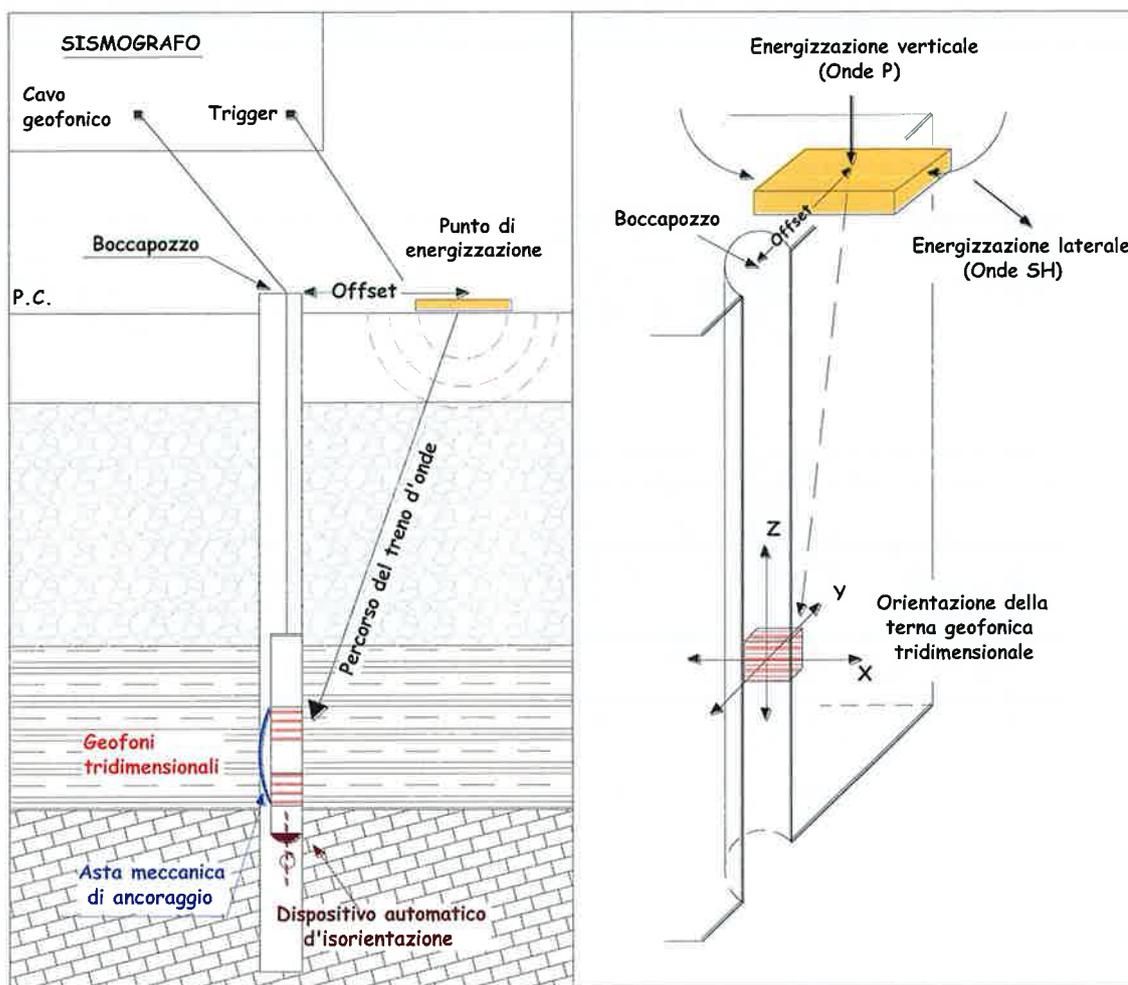


Figura 5.3 - Rappresentazione schematica di un carotaggio sismico down-hole.

Conosciuta la distanza tra la sorgente ed i ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P e S_H) in corrispondenza della verticale di misura.

Per generare le onde di compressione P è stata utilizzata una massa battente da 5 kg. Per le onde S_H è stato invece utilizzato, come sorgente, un apposito dispositivo, la cui forma permette colpi laterali su entrambi i lati. Tale dispositivo viene gravato con sacchi di sabbia, al fine di assicurare una perfetta aderenza con il terreno, così da evitare ogni tipo di dispersione dell'energia prodotta. Il sistema energizzante adottato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza, con forme d'onda ripetibili e direzionali, vale a dire con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali, ed eventualmente anche verticali. Come sistema di ricezione è stata utilizzata una sonda meccanizzata al cui interno sono alloggiati tre ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità. Il trasduttore verticale è orientato secondo la lunghezza della sonda, mentre i trasduttori orizzontali, orientabili automaticamente secondo il Nord geografico, sono disposti in direzioni ad essa perpendicolare (N-S ed E-W). I trasduttori hanno una frequenza propria di 15 Hz ed una sensibilità tale da poter ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La sonda possiede un'asta meccanica motorizzata che garantisce l'aderenza tra i ricevitori e le pareti del rivestimento. Il sistema d'acquisizione dati è di tipo multicanale ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit.

Le due prove si sono sviluppate secondo le seguenti fasi:

1. Dopo ad aver predisposto un opportuno piano d'appoggio, il dispositivo sorgente è stato collocato sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 3,0 m ed orientato con direzione Est-Ovest perpendicolarmente al raggio condotto dal foro.
2. Il sistema, costituito dai tre ricevitori è stato calato a fondo foro collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie.
3. Dopo aver ancorato la sonda geofonica alle pareti del rivestimento, si è proceduto con le fasi di orientamento dei trasduttori.

4. Campionamento del rumore ambientale.
5. È stato quindi attivato il dispositivo sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger (dispositivo "arm-switch"), si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo compressionale; di seguito (con energizzazione separata e distinta) sono state generate vibrazioni di tipo S_H , dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Per l'ottenimento di una buona qualità dei dati, è necessario produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni d'ogni singolo arrivo, così da individuare in modo migliore l'istante di primo arrivo (metodo cross-over).
6. La prova è stata quindi ripetuta con interdistanza fra le misure pari a 1,0 m per tutto il tratto di sondaggio.

Ubicazioni e foto relative ai Down-Hole svolti;



C1 DH



C9 DH



C11 DH



C15 DH



C18 DH

La prospezione geofisica è stata svolta con l'esecuzione di n° 5 carotaggi sismici down-hole.

Di seguito si riporta il dettaglio delle indagini:

Sondaggio	Profondità m	Offset m	Livello dell'acqua nel tubo m p.c.	Data
C1 DH	30	3	da -15	20-04-2017
C9 DH	50	5	da -3	21-04-2017
C11 DH	30	3	da -29	20-04-2017
C15 DH	30	3	da -12	21-04-2017
C18 DH	30	3	da -15	21-04-2017

In totale sono stati quindi eseguiti 170 metri di carotaggio sismico down hole.

Ricerca masse metalliche

Al fine di garantire un'ottima copertura fino a 5 metri di profondità da piano campagna, l'indagine elettromagnetica è stata eseguita con elettromagnetometro EM34-3 Geonics, con accoppiamento orizzontale dei dipoli, Tx ed Rx, ed operando con intercoil fisso pari a 10 metri.

L'utilizzo di detta spaziatura, congiuntamente all'utilizzo delle bobine riceventi e trasmettenti in assetto verticale (dipoli orizzontali), garantisce, infatti, un'ottima risoluzione delle misure di conducibilità elettrica nei primi 5-6 metri di profondità.

L'elettromagnetometro EM34 Geonics è uno strumento multifrequenza; l'uso di un intercoil di 10 metri applica una frequenza di indagine pari a 6,4kHz (Fig 5.1). Nelle piazzole oggetto di indagine è stata adottata una griglia di lettura pari a 2,5x2,5m. Ciascuna lettura della conducibilità elettrica, espressa in mmhos/m, è stata tabellata e conseguentemente interpretata con l'uso di software di surface-map contouring.

Measured Quantities	Apparent conductivity in millisiemens per metre (mS/m)
Primary Field Source	Self-contained dipole transmitter
Sensor	Self-contained dipole receiver
Reference Cable	Lightweight, 2 wire shielded cable
Inter-coil Spacing Operating Frequency	10m at 6.4 kHz 20m at 1.6 kHz 40m at 0.4 kHz
Power Supply	Transmitter: 8 disposable or rechargeable 'D' cells Receiver: 8 disposable or rechargeable 'C' cells
Conductivity Ranges	10, 100, 1000 mS/m
Measurement Resolution	+/- 0.1% of full scale
Measurement Accuracy	+/- 5% at 20 mS/m
Noise Levels	0.2 mS/m (can be greater in regions of high power line interference)
Dimensions	Receiver Console: 19 x 13.5 x 26 cm Transmitter Console: 15.5 x 8 x 26 cm Receiver & Transmitter Coil: 63 cm dia. Shipping Case: 27.5 x 75 x 75 cm
Weight	Instrument 20.5 kg Shipping: 43 kg

Fig. 5.4 – Specifiche tecniche dell'elettromagnetometro EM34-3 Geonics.



Fig. 5.5 – Ubicazione prova ricerche masse metalliche.

6 – METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Sismica a rifrazione con onde di volume P

La fase d'interpretazione dei dati acquisiti in campagna è preceduta dalla lettura dei tempi sismici registrati.

I tempi d'arrivo delle onde "P" sono letti attraverso uno specifico programma di *picking* ed in seguito tabellati. Tale programma permette di apprezzare variazioni di tempo dell'ordine di 0,1 millisecondi. Quindi, per mezzo dello specifico programma SEISOPTPRO v5.0, è eseguita un'interpretazione con metodologia tomografica del profilo sismico.

La metodologia tomografica prevede la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle secondo una maglia prefissata, con l'attribuzione ad ognuna di un determinato valore di velocità sismica. Il programma calcola quindi il tempo di transito dell'onda sismica attraverso le maglie del modello e confronta tale valore con quello sperimentale, impiegando iterativamente algoritmi di calcolo adeguati, previo controllo dei tragitti dei raggi sismici. Per successive iterazioni si perviene a dei valori di velocità sismica per le diverse celle che soddisfino contemporaneamente più raggi sismici.

L'elaborazione dei dati è sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropa, la quale fornisce, in seguito ad un'elaborazione con metodologie iterative R.T.C. e ad algoritmi di ricostruzione tomografica, il campo delle velocità sismiche del sottosuolo attraverso la suddivisione dello spazio in celle regolari.

Nel caso specifico è stata utilizzata una maglia rettangolare di dimensioni 1,85x0,97 metri; nella restituzione grafica i valori di velocità sismica attribuiti alla singola cella sono rappresentati con scala colorimetrica 0-3.500 m/s. Inoltre, per facilitare la lettura delle velocità sulle sezioni, sono state riportate le curve di isovelocità sismica con equidistanza pari a 250 m/s.

Per la determinazione del modello d'interpretazione, il software utilizza il metodo d'inversione controllato MONTE CARLO, basato su una modellizzazione avanzata, dove i modelli derivati dagli algoritmi propri del programma sono accettati o rifiutati basandosi su un criterio statistico.

I risultati, in termini di affidabilità statistica dell'interpretazione operata, risultano essere i seguenti:

profilo sismico	precisione (s ²)	iterazioni n°
profilo AA' – onde P	6,45 x10 ⁻⁶	109471
profilo BB' – onde P	5,76x10 ⁻⁶	143987
profilo CC' – onde P	6,12x10 ⁻⁶	123653
profilo DD' – onde P	4,34x10 ⁻⁶	213098
profilo EE' – onde P	6,21x10 ⁻⁶	145932
profilo FF' – onde P	3,99x10 ⁻⁶	157111
profilo GG' – onde P	2,87x10 ⁻⁶	154922
profilo HH' – onde P	4,66x10 ⁻⁶	126754
profilo II' – onde P	5,54x10 ⁻⁶	187876
profilo JJ' – onde P	2,29x10 ⁻⁶	224665
profilo KK' – onde P	6,18 x10 ⁻⁶	125325
profilo LL' – onde P	4,72x10 ⁻⁶	143987
profilo MM' – onde P	7,02x10 ⁻⁶	523653
profilo NN' – onde P	3,35x10 ⁻⁶	213098
profilo OO' – onde P	2,66x10 ⁻⁶	145932
profilo PP' – onde P	5,98x10 ⁻⁶	157111
profilo QQ' – onde P	4,71x10 ⁻⁶	154922
profilo RR' – onde P	3,22x10 ⁻⁶	126754
profilo SS' – onde P	5,56x10 ⁻⁶	167876
profilo TT' – onde P	2,23x10 ⁻⁶	194665
profilo UU' – onde P	5,44 x10 ⁻⁶	245932
profilo VV' – onde P	3,26x10 ⁻⁵	157111
profilo WW' – onde P	2,17x10 ⁻⁵	154922
profilo XX' – onde P	6,45 x10 ⁻⁶	126754
profilo YY' – onde P	4,76x10 ⁻⁶	167876
profilo ZZ' – onde P	3,88x10 ⁻⁶	194665

Dove per *precisione* si intende la sommatoria degli scarti al quadrato tra i valori sperimentali e quelli calcolati nelle dromocrone diviso per il numero dei punti; per *iterazioni* il numero di volte che il programma ha eseguito la verifica del modello totale.

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

Prove MASW

L'analisi delle onde di superficie risulta finalizzata al computo del Vs30. Il parametro Vs30, corrisponde alla velocità equivalente di propagazione entro i primi 30 metri di profondità delle onde superficiali ed è calcolato secondo l'espressione seguente:

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

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde S (per deformazioni di taglio $< 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità. Il valore del parametro Vs30, è riportato, per convenzione, al centro del relativo stendimento geofonico.

Per l'interpretazione dei dati sperimentali è stato utilizzato uno specifico programma (winMASW ver 4.3pro). Il profilo verticale di Vs è ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. La procedura si sviluppa in due fasi:

- determinazione dello spettro della velocità sulla quale si identifica la curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

L'elaborazione del segnale consiste innanzitutto nella normalizzazione delle tracce di ogni singolo geofono.

Sullo spettro di velocità è eseguito il picking della curva di dispersione (soprassegno con cerchietti) individuando un insieme di punti che appartengono ad un certo modo (modo fondamentale e primo modo superiore) di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh.

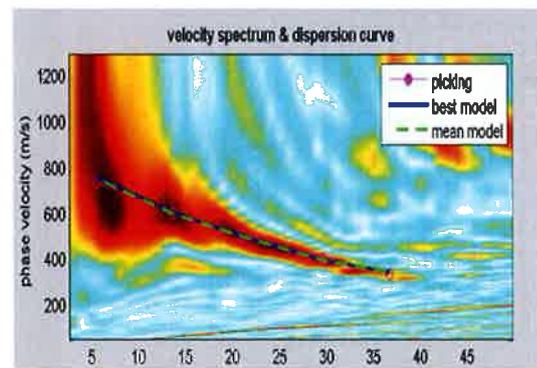
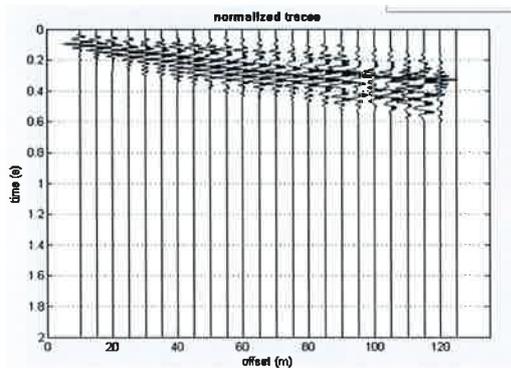


Fig 6.1 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_1

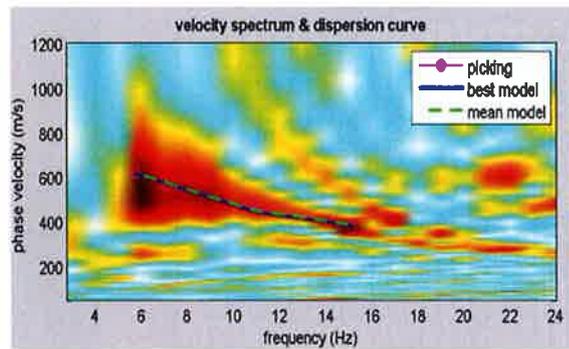
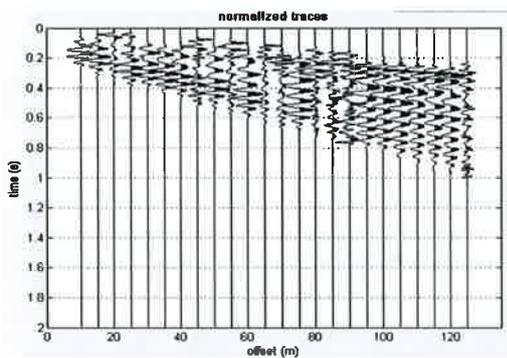


Fig 6.2 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_2

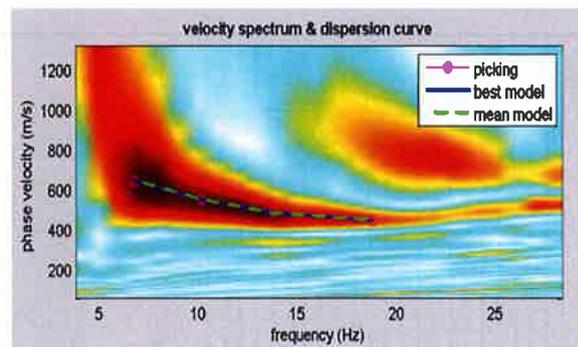
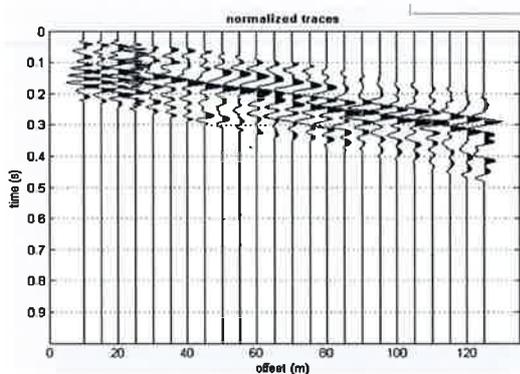


Fig 6.3 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_4

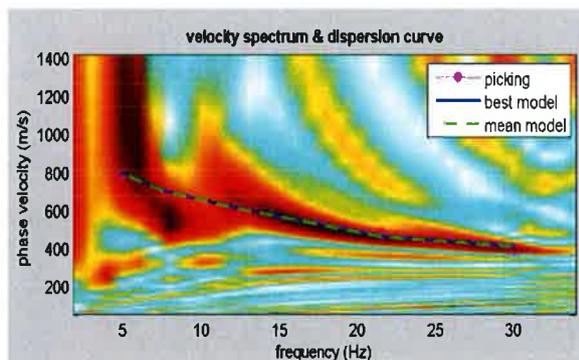
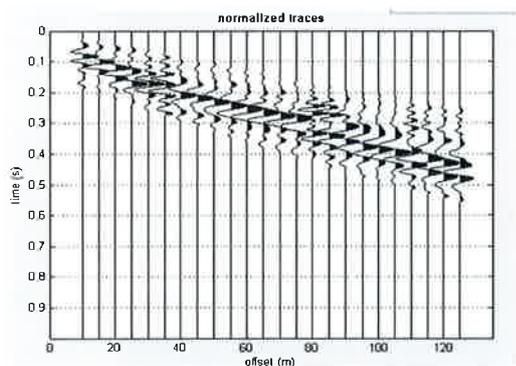


Fig 6.4 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_5.

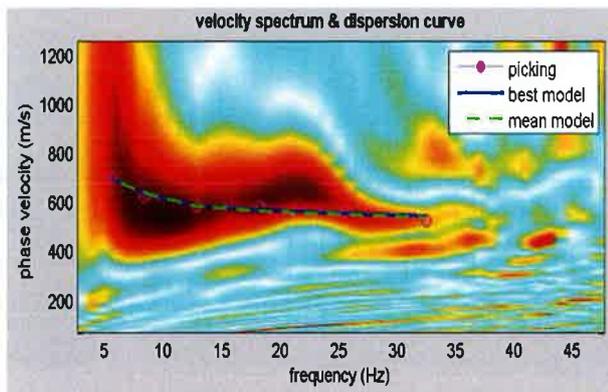
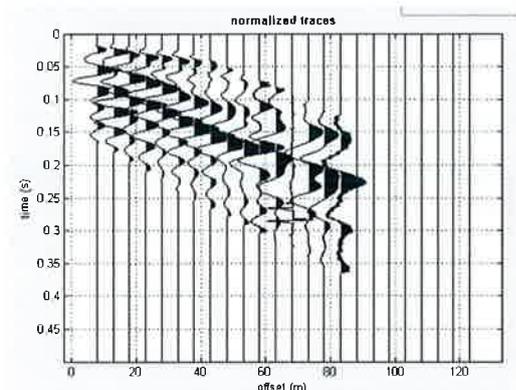


Fig 6.5 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_6.

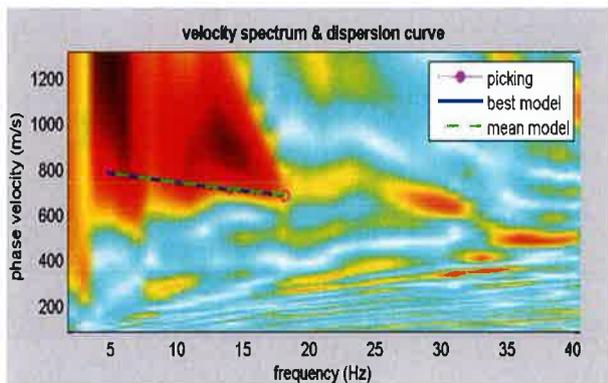
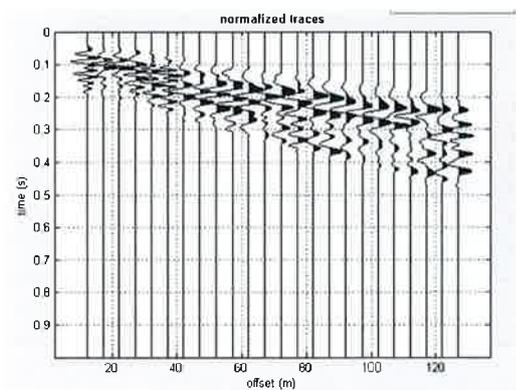


Fig 6.6 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_7.

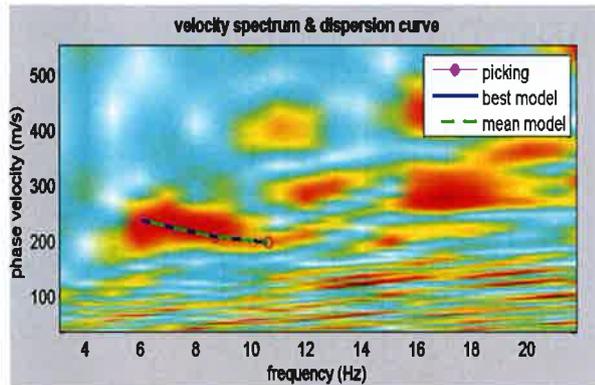
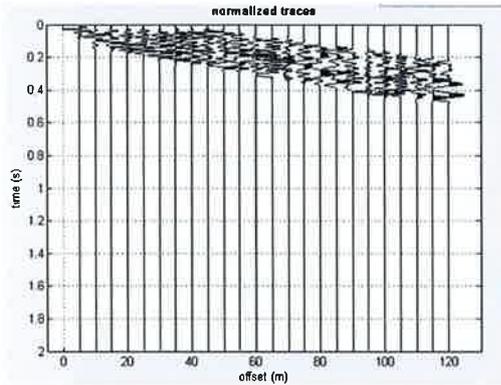


Fig 6.7 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_8.

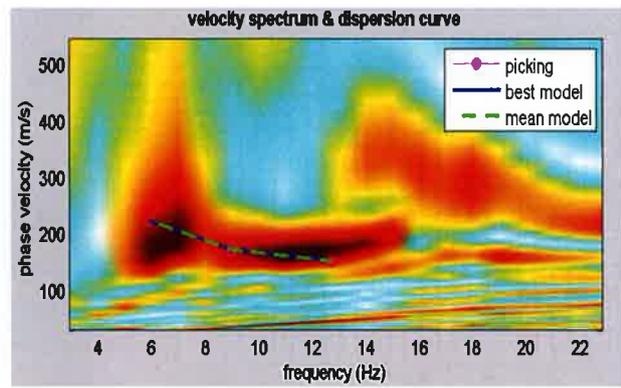
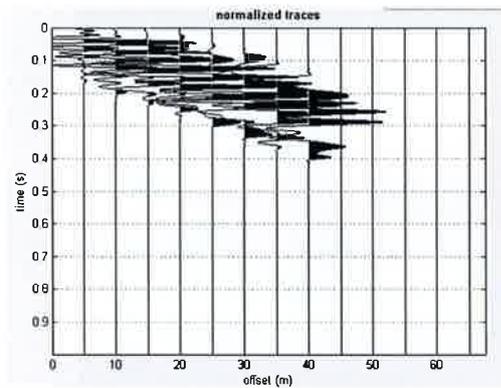


Fig 6.8 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_9.

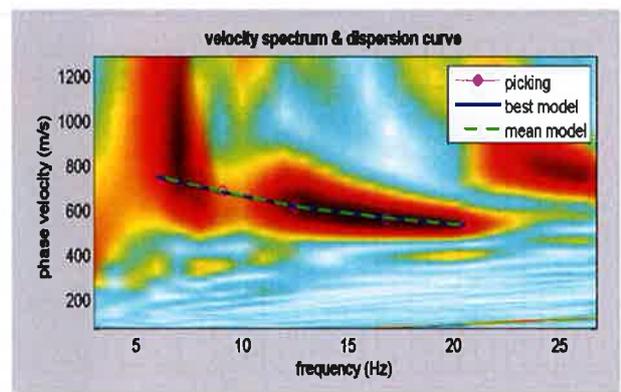
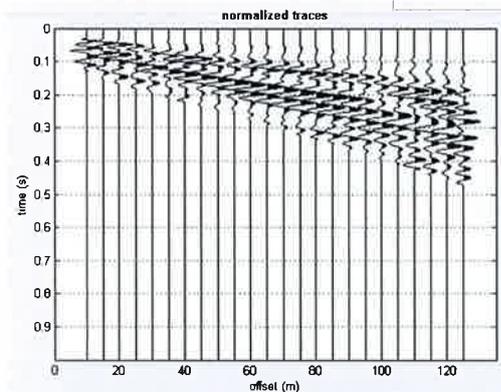


Fig 6.9 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_11.

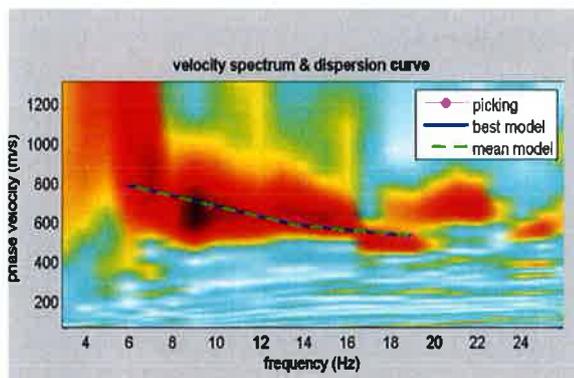
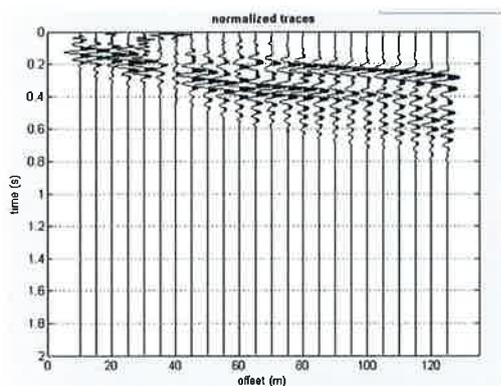


Fig 6.10 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_12.

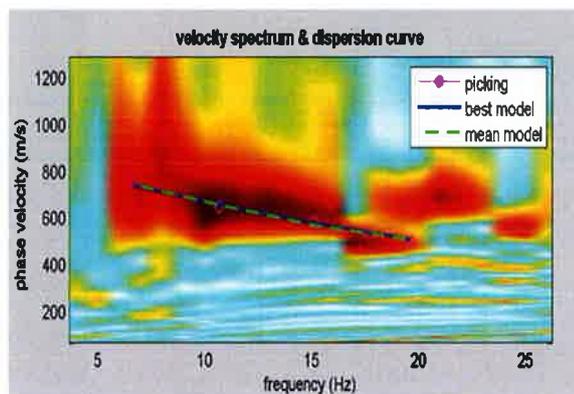
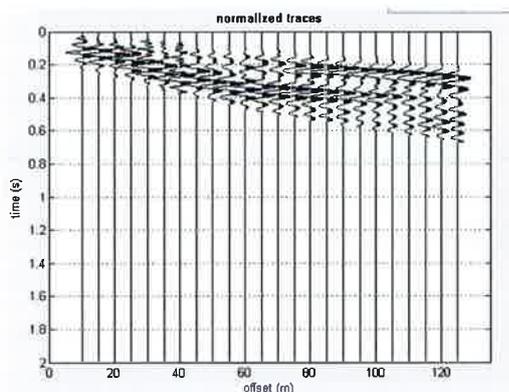


Fig 6.11 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_13.

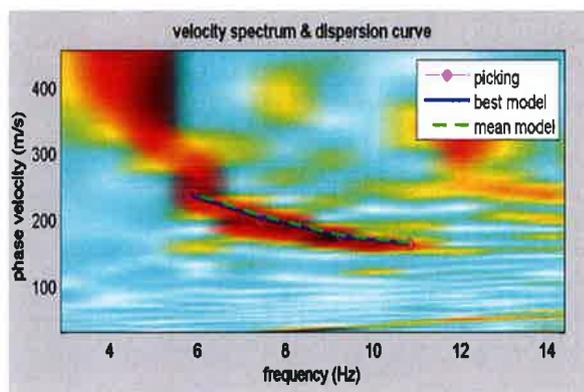
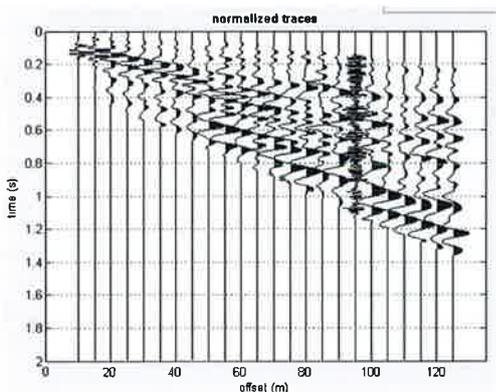


Fig 6.12 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C16.

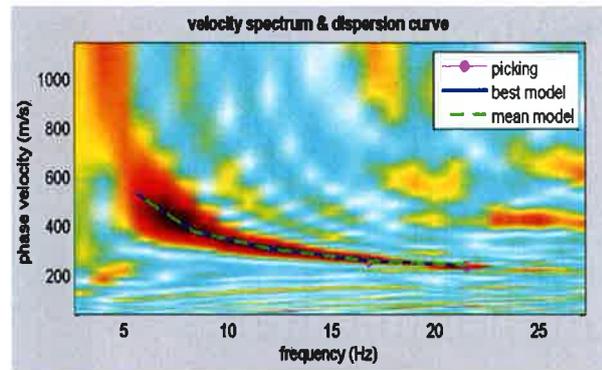
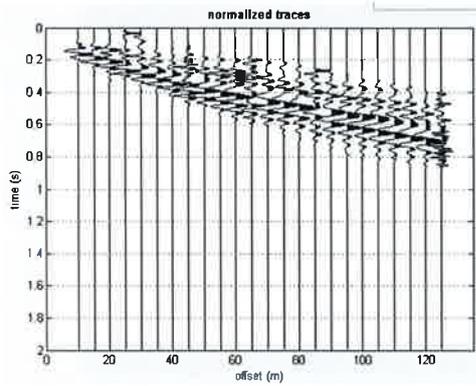


Fig 6.13 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C4/2.

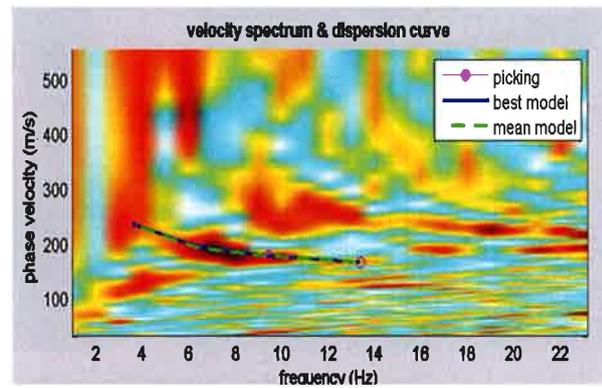
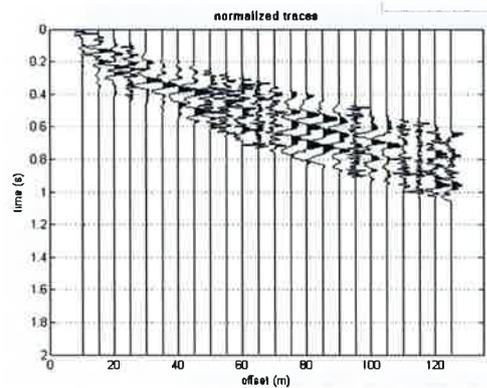


Fig 6.14 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_14.

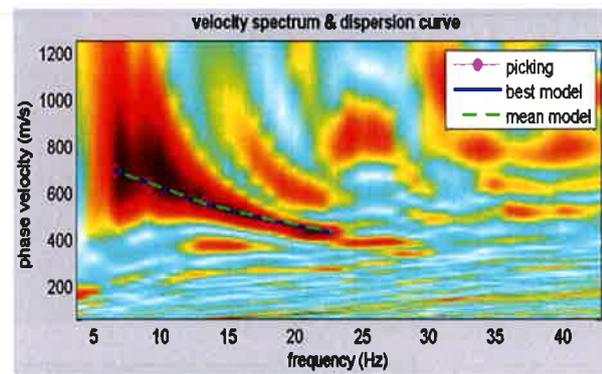
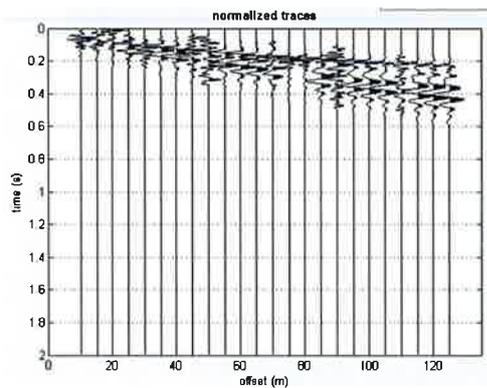


Fig 6.15 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_15.

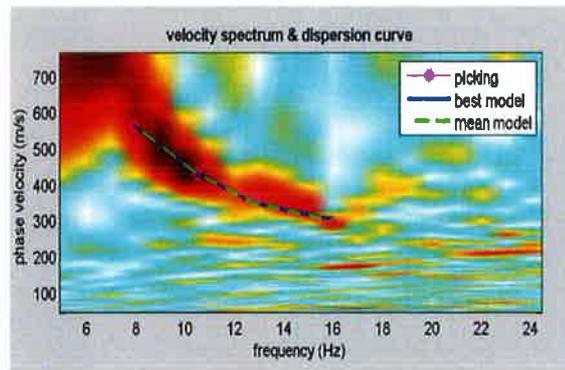
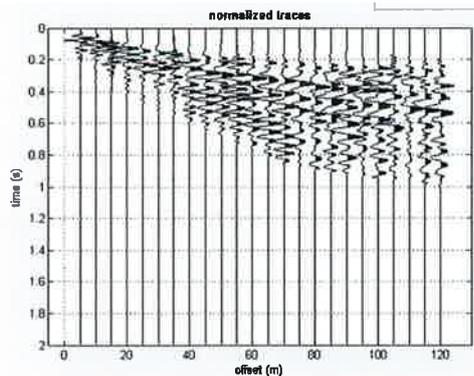


Fig 6.16 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU_16.

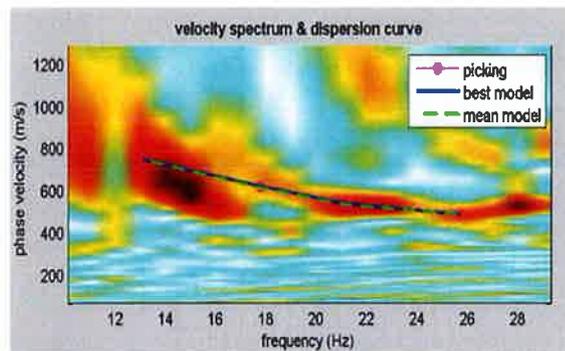
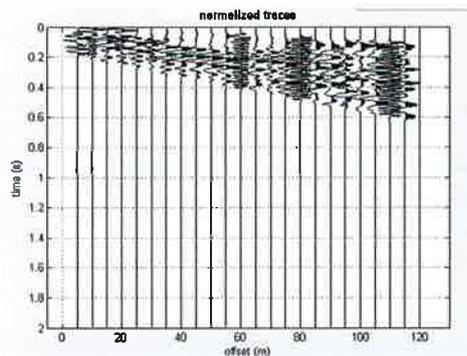


Fig 6.17 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova F21.

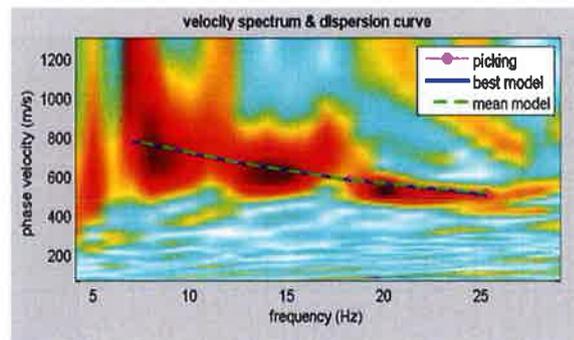
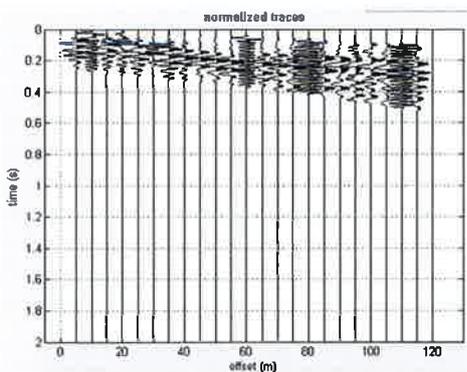


Fig 6.18 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova F22

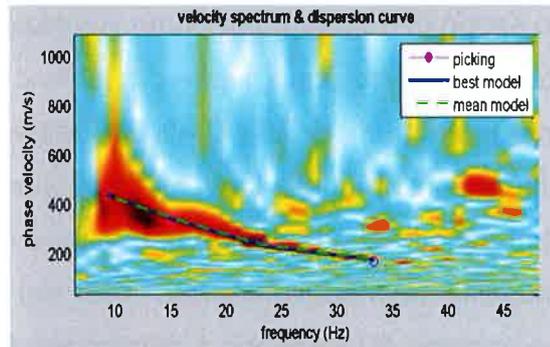
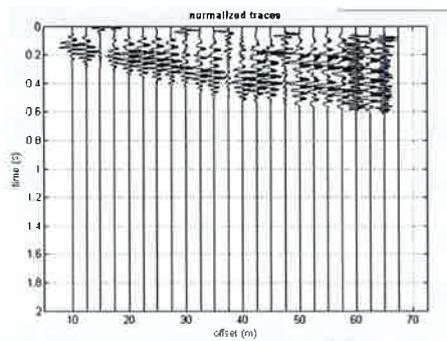


Fig 6.19 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C23

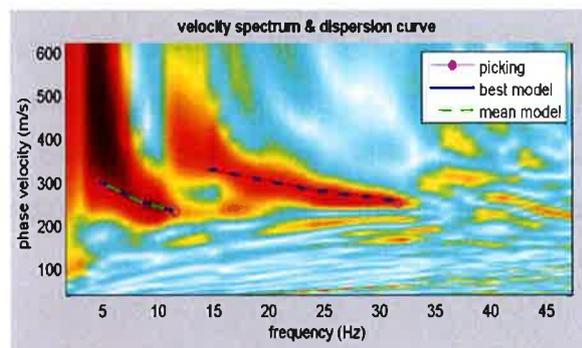
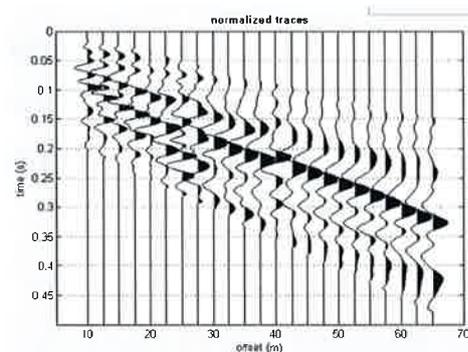


Fig 6.20 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C2

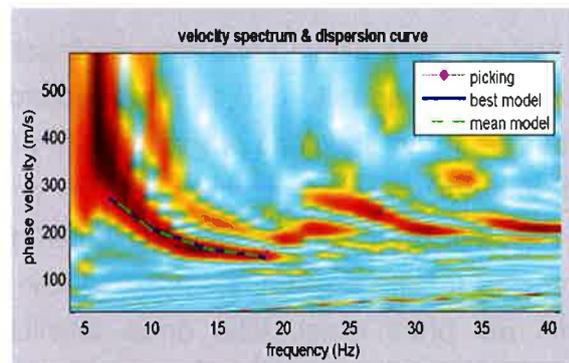
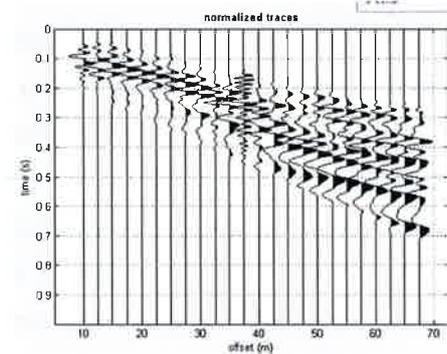


Fig 6.21 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C4/1

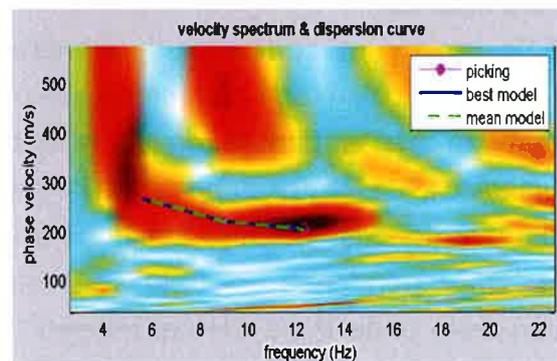
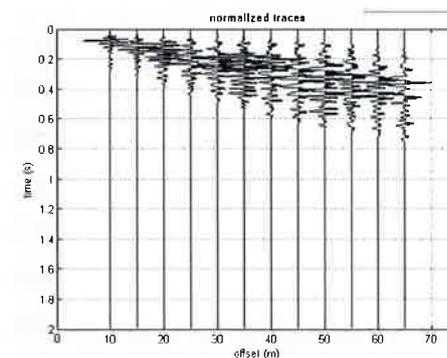


Fig 6.22 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C20

Allo scopo di ottenere una prima valutazione del possibile modello del terreno è altresì effettuata una modellazione diretta del terreno tramite il calcolo di una curva di dispersione appartenente ad un modello a strati. Successivamente, per ottenere il profilo verticale di V_s è eseguita l'inversione della curva di dispersione. Tale inversione è operata tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard.

L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di V_s e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione.

Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui (ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori) sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.

Carotaggi sismici down-hole

Nel presente rilievo sono stati impiegati rispettivamente fondo scala di 1,0 secondo e passo di campionamento di 0,125 millisecondi. I tempi relativi alle onde P ed SH sono stati letti attraverso uno specifico programma di picking (SeisOptPicker; precisione dell'ordine di 0,1 millisecondi).

Per avere un buon controllo sulla procedura di lettura dei tempi e valutare al contempo la qualità dei dati sismici acquisiti per tutto il tragitto di ogni sondaggio, i valori numerici dei primi arrivi delle onde sismiche P ed SH sono stati riportati su sezioni tempo/tracce ove le varie tracce sono scelte in funzione dell'orientamento del sistema ricevitore/sorgente.

Tale procedura consente di ottenere così delle forme d'onda più definite nelle ampiezze. In particolare con riferimento alle onde di taglio sono state scelte le tracce riferite alla differenza tra la battuta destra e quella sinistra. I tempi d'arrivo delle onde di compressione e di taglio sono stati corretti, rispetto alla verticale, e riportati su un diagramma profondità – tempi sui quali sono stati individuati i tratti a pendenza circa costante. Dalla pendenza dei tratti sono state determinate successivamente le velocità intervallari delle onde P ed SH nel terreno (Figura 7.23). Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.

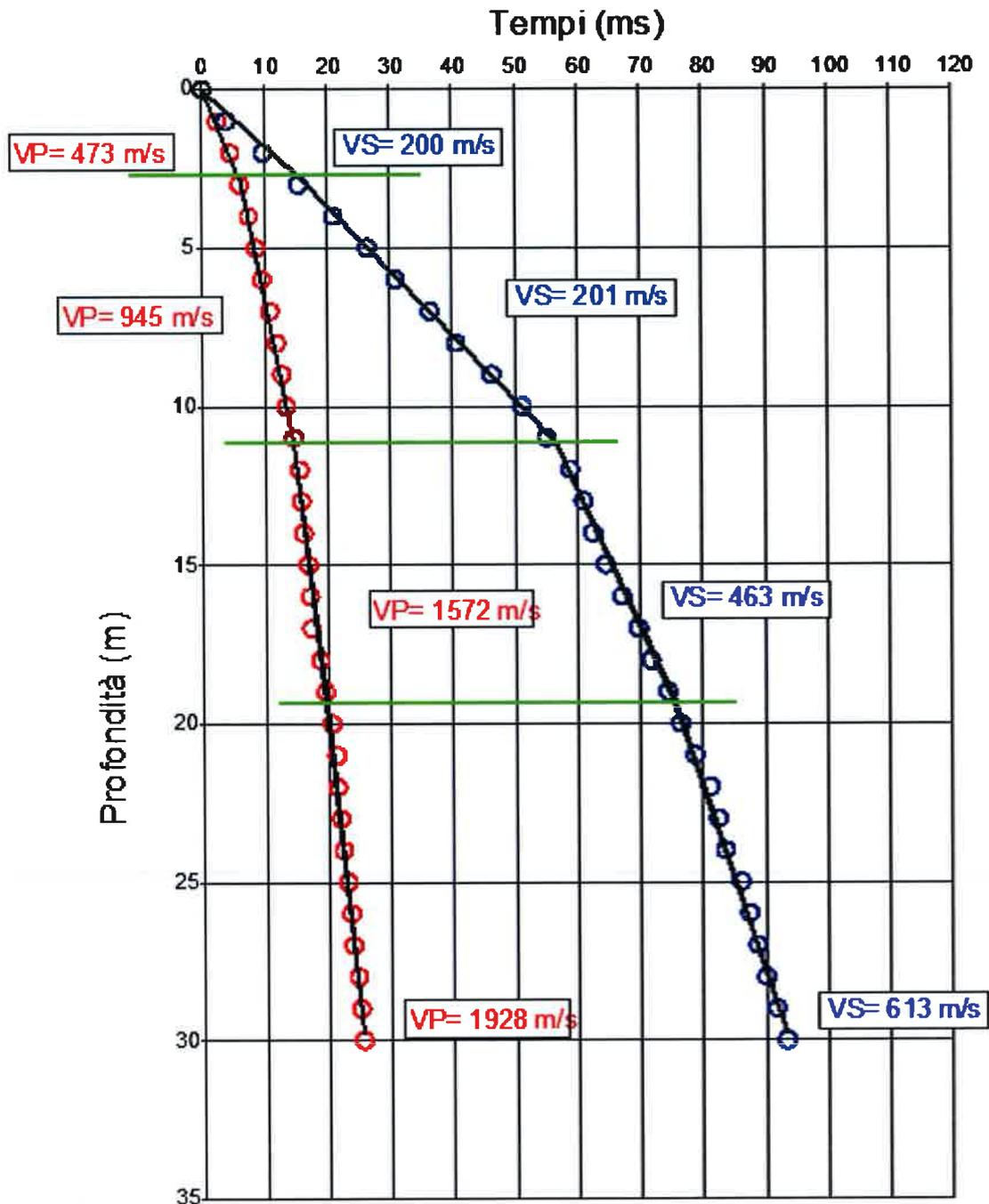


Figura 6.23 – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C1 DH. Vp e Vs rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde SH, in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.

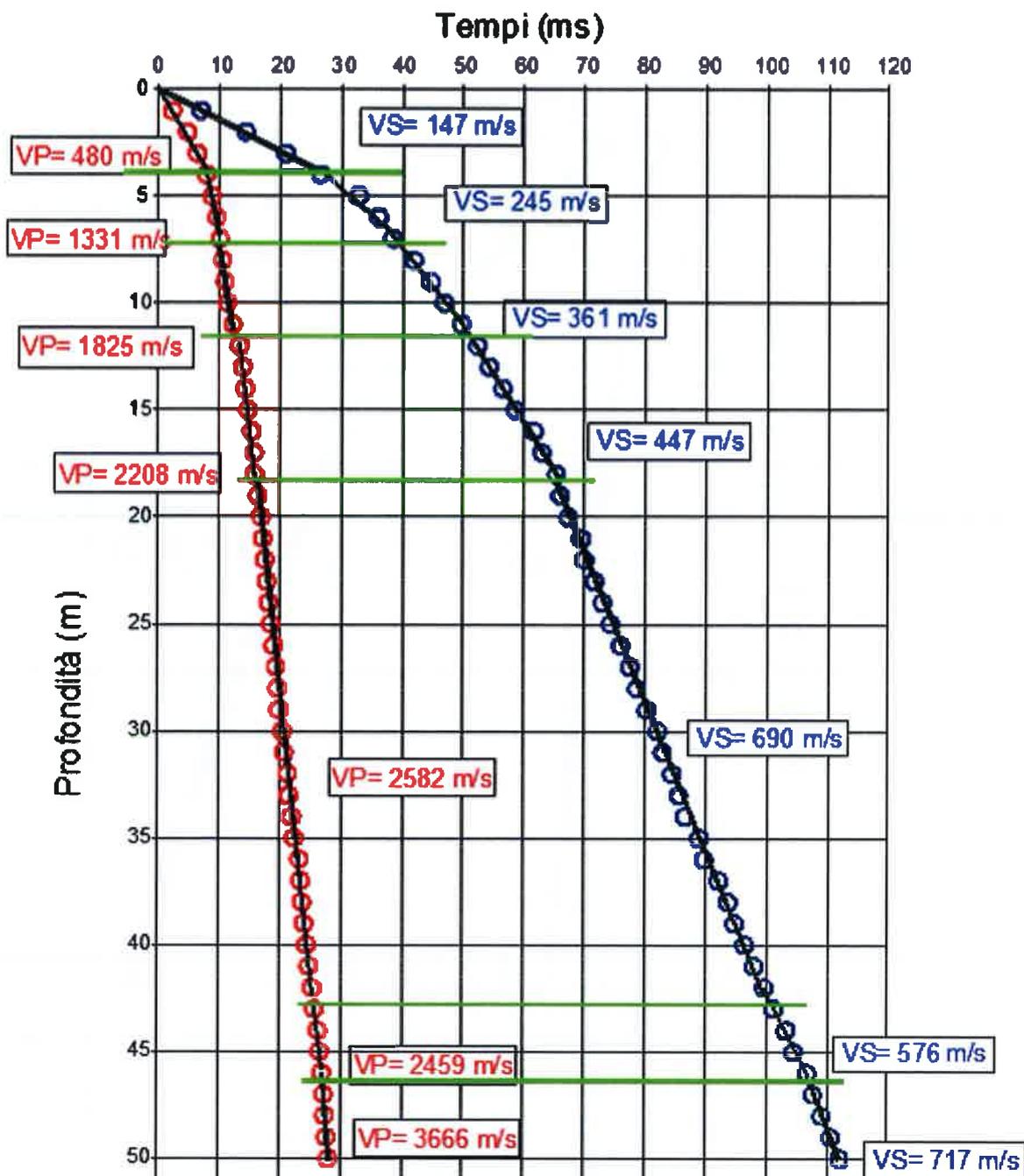


Figura 6.24 – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C9 DH. V_p e V_s rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde SH, in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.

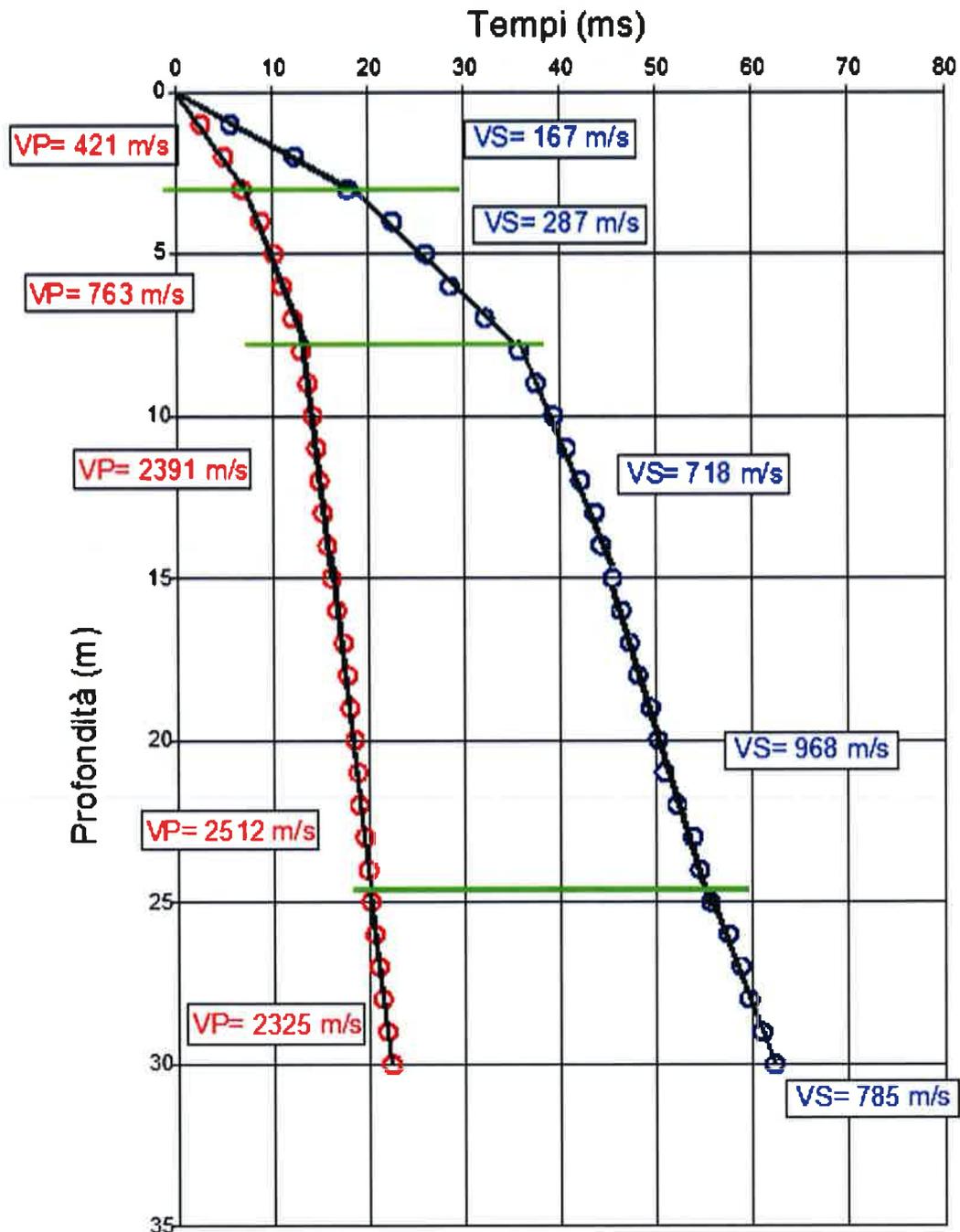


Figura 6.25 – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C11 DH. V_p e V_s rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde S_H , in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.

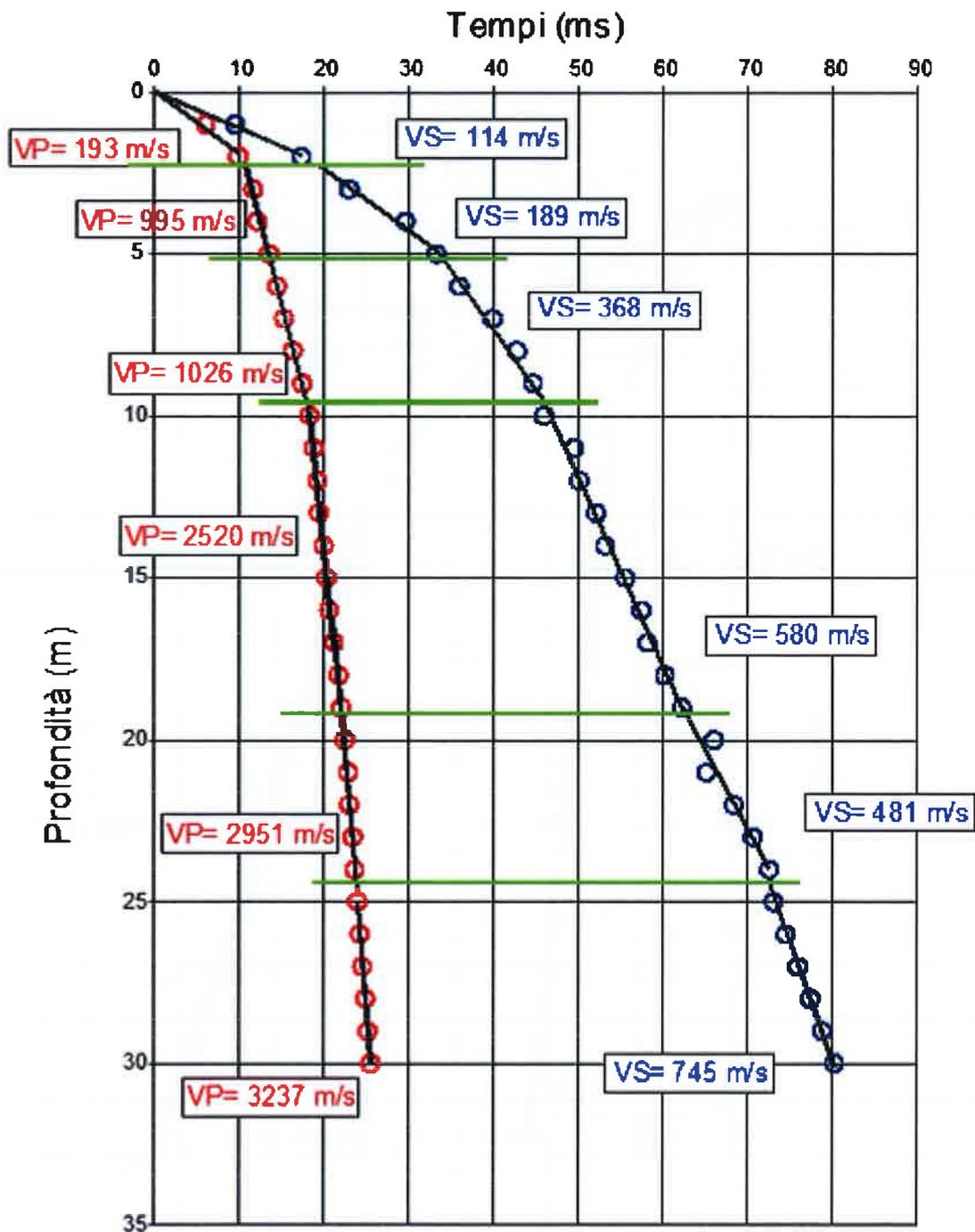


Figura 6.26 – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C15 DH. Vp e Vs rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde S_H, in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.

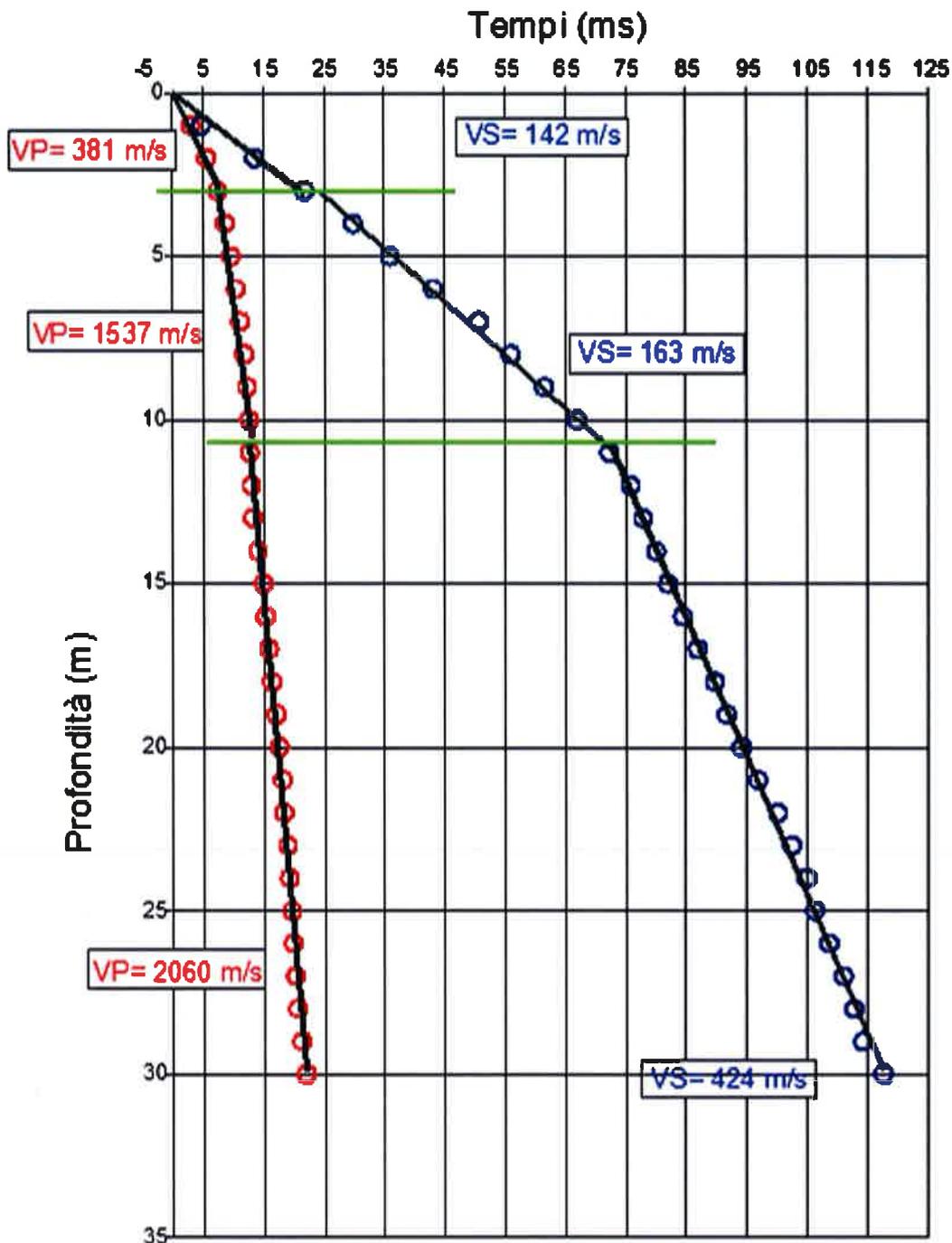


Figura 6.27 – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C18 DH. V_p e V_s rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde S_H , in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.

Ricerca masse metalliche

Le indagini elettromagnetiche nel dominio della frequenza (FDEM) rappresentano uno strumento di indagine speditivo per l'identificazione di anomalie riconducibili alla presenza di corpi sepolti con caratteristiche di elevata conducibilità elettrica. In questo specifico caso, l'indagine elettromagnetica è stata rivolta alla ricerca di eventuali masse metalliche sepolte.

I valori di conducibilità elettrica acquisiti (in mmhos/m), unitamente alla loro posizione spaziale, sono stati tabellati su foglio elettronico ed elaborati con software di *surface map contouring* – SURFER. E' stata quindi realizzata una carta della conducibilità elettrica, così da rendere visivamente efficaci i risultati dell'indagine FDEM e permettere l'ubicazione del sondaggio geognostico in zone prive della presenza di masse metalliche sepolte.

Per l'area è stato rilasciato un certificato con i risultati della prospezione elettromagnetica, riportato in appendice del presente rapporto.

7 – ANALISI DEI RISULTATI

ANALISI RISULTATI PROFILI SISMICI

L'indagine, relativamente al comportamento del terreno in merito alle onde di volume (onde P), ha permesso di evidenziare una distribuzione delle velocità delle onde sismiche piuttosto regolare su tutte le aree investigate (tavole in allegato).

Incroccio AA'-BB' – Galleria Rocchetta imbocco lato Napoli:



Incroccio AA'-BB' (Galleria Rocchetta imbocco lato Napoli) – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico AA' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 10 m nella parte centrale. I valori delle velocità sismiche evidenziano variazioni quasi improvvise nell'andamento del gradiente sismico, intorno ai 20 m circa, tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 142 m slm.

Superficialmente il profilo sismico BB' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 10/15 m.. I valori delle velocità sismiche evidenziano variazioni quasi improvvisi nell'andamento del gradiente sismico, intorno ai 20 m circa, tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 140/145 m slm.

Incrocio CC'-DD':



Incrocio CC'-DD' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico CC' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 20/25 metri. Spostandosi verso Sud-Est i valori di velocità sismiche aumentano presentando delle variazioni laterali nella loro distribuzione, probabilmente bedrock sismico posto più in superficie rispetto il restante profilo. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvisi nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi

litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica tranne soltanto nella zona a Sud-Est dove il bedrock sismico, identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 258 m slm.

Superficialmente il profilo sismico DD' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 20 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico non è identificato, in quanto i valori presunti di isovelocità del bedrock (2500 m/s) non sono raggiunti, in quanto il profilo non presentava una lunghezza sufficiente per raggiungerlo.

Incrocio EE'-FF'



Incrocio EE'-FF' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico EE' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15/20 metri. I valori delle

velocità sismiche non evidenziano variazioni grossolane nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 250 m slm da nord-Nord-Ovest al centro del profilo e a circa 278 m slm.

Superficialmente il profilo sismico FF' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15 metri. Il profilo non presenta delle variazioni nella distribuzione delle velocità sismiche. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s non è identificabile per le ragioni già spiegata in precedenza.

Incrocio GG'-HH':



Incrocio GG'-HH' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico GG' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 7/10 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando

variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 265 m slm solo nella zona a Nord-Est.

Superficialmente il profilo sismico HH' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori 7 metri tranne nella parte Nord-Ovest dove si raggiungono i 15 metri. Spostandosi lateralmente lungo la sezione sismica si possono osservare delle variazioni nella distribuzione delle velocità. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica compresa tra i 267 m slm al centro ed i 255 m slm ai lati.

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOG	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

Incrocio II'-JJ' (Galleria Rocchetta imbocco lato Bari):



Incrocio II'-JJ' (Galleria Rocchetta imbocco lato Bari) – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico II' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che variano tra i 4-15 metri, dove i massimi sono raggiunti nella parte centrale e i minimi ai lati. Spostandosi verso lateralmente i valori di velocità sismiche oscillano presentando delle variazioni laterali nella loro distribuzione. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica, tranne nella parte centrale dove al contrario abbiamo un cambio abbastanza netto proprio al passaggio litologico con il bedrock. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 240 m slm nella zona ad Ovest per poi scendere a quota 225 m slm nella zona orientale.

Superficialmente il profilo sismico JJ' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 10 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 225 m slm nella zona centrale della sezione tomografica.

Incrocio KK'-LL' (Galleria Melito imbocco lato Napoli):**Incrocio KK'-LL' (Galleria Melito imbocco lato Napoli) – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico KK' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 13 m. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato, dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 240/245 m slm nella parte centrale del profilo e a 222 m slm nella parte ad Est.

Superficialmente il profilo sismico LL' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 13 m. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 222 m slm.

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

Incrocio MM'-NN':



Incrocio MM'-NN' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico MM' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15/20 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico, identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 280 m slm.

Superficialmente il profilo sismico NN' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15/20 metri. I valori delle velocità sismiche presentano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici dovuti da forti contrasti di impedenza sismica nella zona centrale. Il bedrock sismico dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno di 288 m slm a Nord-Ovest e 280 m msl nel resto del profilo.

Incrocio OO'-PP':



Incrocio OO'-PP' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico OO' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 13 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico, identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 300 m slm.

Superficialmente il profilo sismico PP' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 12/15 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico, identificato nella zona centrale, dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno di 310 m slm a Est-Sud-Est e 300 m msl a Ovest-Nord-Ovest.

Incrocio QQ'-RR'



Incrocio QQ'-RR' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico QQ' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni grossolane nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 295 m slm nella parte più estrema a Nord-Nord-Est e a circa 315 m slm dal centro compreso a Sud-Sud-Ovest.

Superficialmente il profilo sismico RR' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. Il profilo non presenta grandi variazioni nella distribuzione delle velocità sismiche. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 315 m slm.

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 89 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

Incrocio SS'-TT' (Galleria Melito imbocco lato Bari):



Incrocio SS'-TT' (Galleria Melito imbocco lato Bari) – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico SS' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 10 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica dai 295 m slm a Nord-Ovest ai 255 m slm Sud-Est-

Superficialmente il profilo sismico TT' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori 7. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica compresa tra i 275 m slm ed i 270 m slm.

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

Incrocio UU'-VV' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Napoli):



Incrocio UU'-VV' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Napoli) – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico UU' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che variano tra i 10/13 metri. Spostandosi verso lateralmente i valori di velocità sismiche oscillano presentando delle lievi variazioni laterali nella loro distribuzione. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 280 m slm nella zona centrale per poi salire a quota 300 m slm Nord-occidentale.

Superficialmente il profilo sismico VV' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 10/12 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando particolari variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica.

Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 295 m slm nella zona centrale della sezione tomografica abbassandosi a 280 m slm spostandosi verso Sud-Ovest.

Incrocio WW'-XX'



Incrocio WW'-XX' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico WW' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni grossolane nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 310 m slm nella parte a Nord-Nord-Est a e a circa 325 m slm a Sud-Sud-Ovest.

Superficialmente il profilo sismico RR' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. Il profilo non presenta grandi variazioni nella distribuzione delle velocità sismiche. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 320 m slm a Est-Sud-Est e 310 m slm ad Ovest-Nord-Ovest.

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

Incrocio YY'-ZZ' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Bari):



Incrocio YY'-ZZ' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Bari) – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico YY' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 12 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica dai 300 m slm a Nord-Ovest ai 320 m slm Sud-Est-

Superficialmente il profilo sismico ZZ' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori tra i 7 e i 13 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 315 m slm nella parte centrale della superficie topografica.

ANALISI RISULTATI MASW

Le prove MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sono state eseguite nelle aree indicate dalla Committenza, con array sismico costituito da 24 geofoni verticali, con frequenza propria di 4,5Hz, spaziate sul terreno di 2.5 metri.

Di seguito i risultati delle prove MASW.

AU_1

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0.0	5.1	324
5.1	14.5	579
14.5	≈30,0	875

La prova AU_1 ha fornito un valore di V_{s30} pari a 569 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

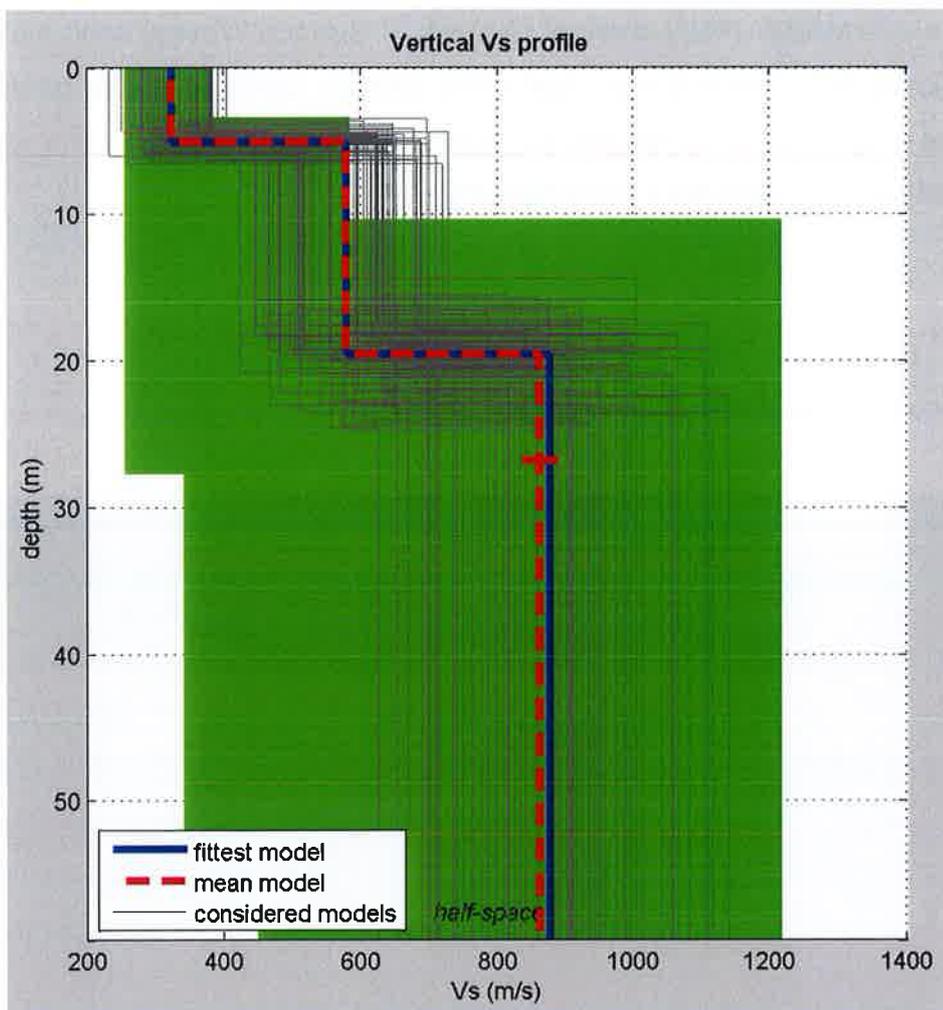


Fig 7.1 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_1 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

AU_2

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0.0	13.8	375
13.8	17.2	553
17.2	≈30,0	747

La prova AU_2 ha fornito un valore di V_{s30} pari a 454 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

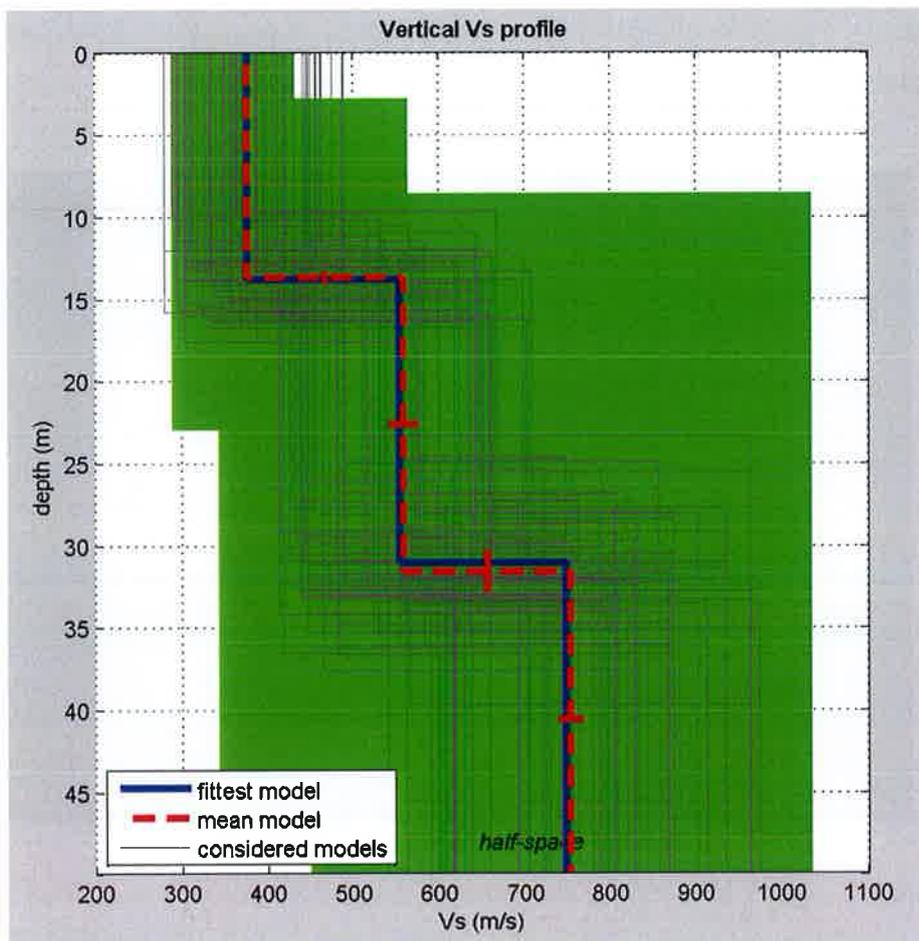


Fig 7.2 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_2 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

AU_4

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	15.3	453
15.3	16.0	622
16.0	≈30,0	781

La prova AU_4 ha fornito un valore di V_{s30} pari a 522 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

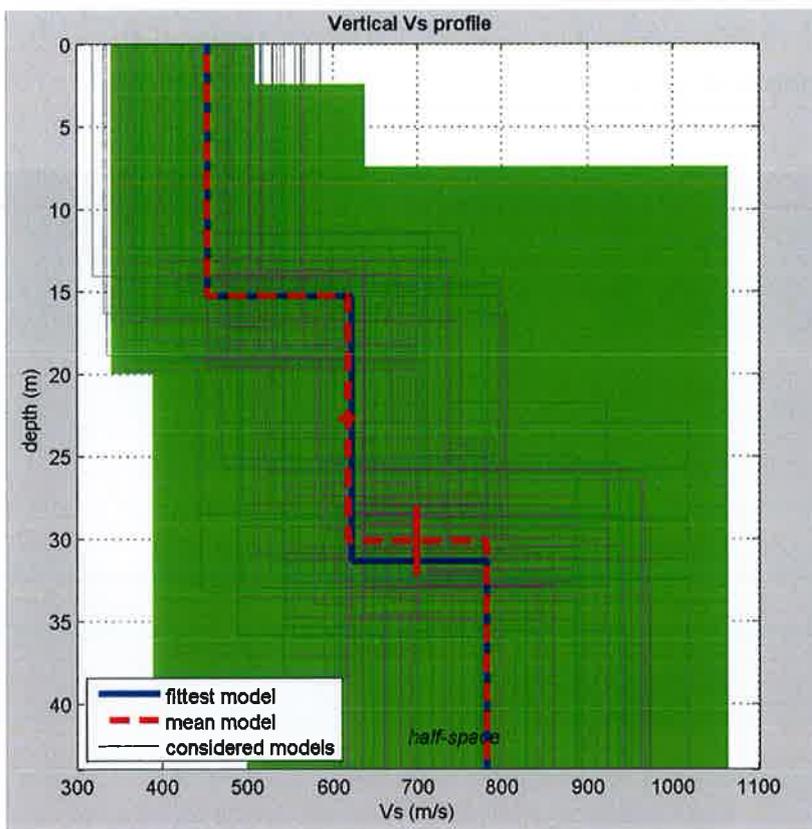


Fig 7.3 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall’elaborazione della prova AU_4 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

AU_5

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	9,9	422
9,9	≈30,0	701

La prova AU_5 ha fornito un valore di V_{s30} pari a 573 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

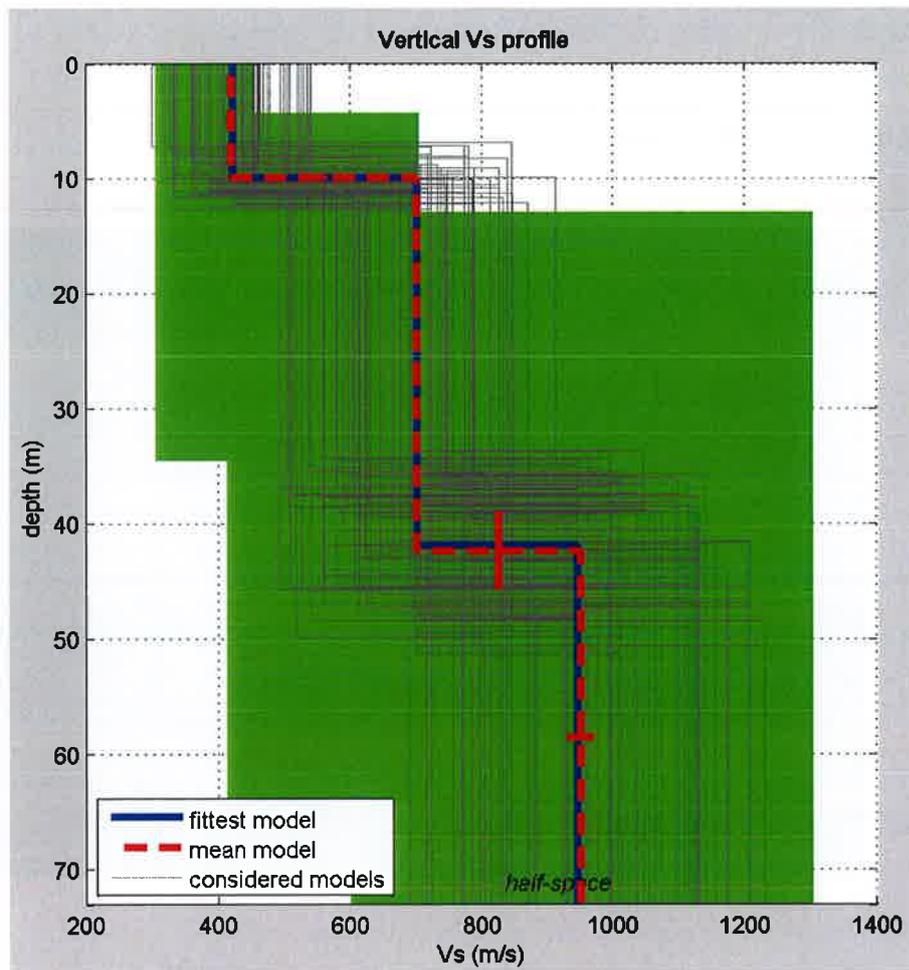


Fig 7.4 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_5 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

AU_6

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	6,7	540
6,7	27,3	618
27,3	≈30,0	808

La prova AU_6 ha fornito un valore di V_{s30} pari a 590 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

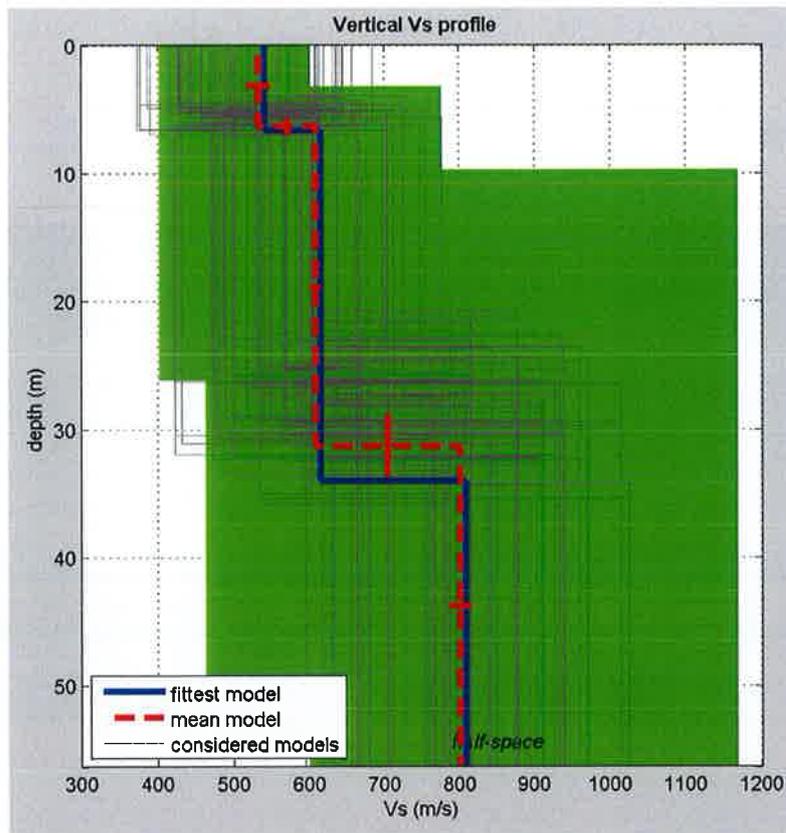


Fig 7.5 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_6 con distanza del punto di scoppio 8 metri.

AU_7

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	15,0	658
15,0	29,5	800
29,5	≈30,0	861

La prova AU_7 ha fornito un valore di Vs30 pari a 722 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe B.

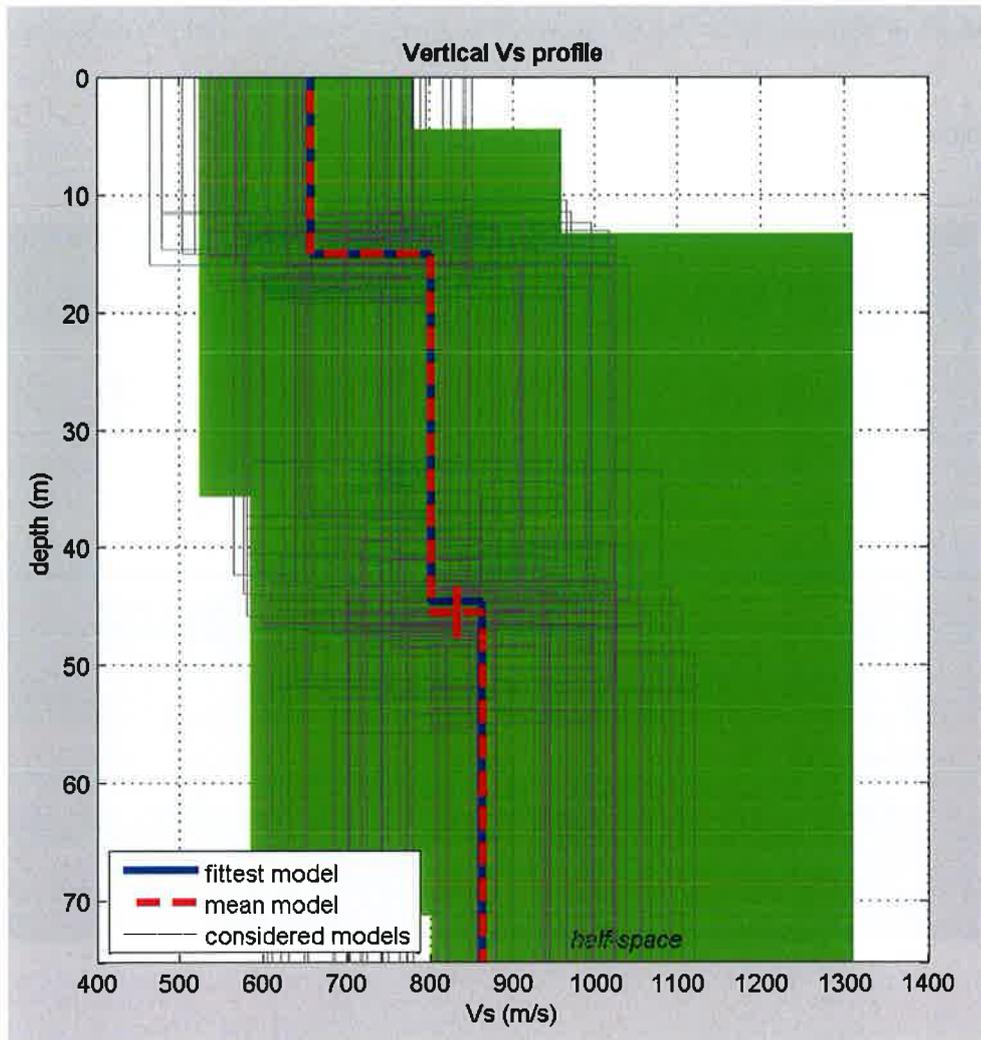


Fig 7.6 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_7 con distanza del punto di scoppio a 12 metri.

AU_8

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	5,9	196
5,9	11,8	200
11,8	≈30,0	291

La prova AU_8 ha fornito un valore di Vs30 pari a 246 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

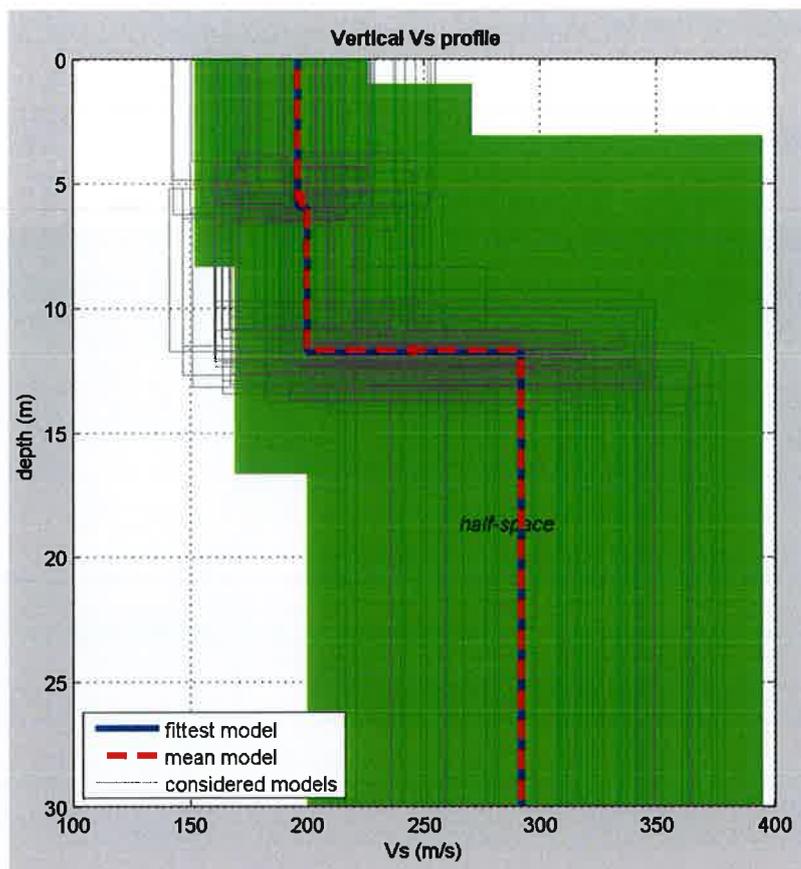
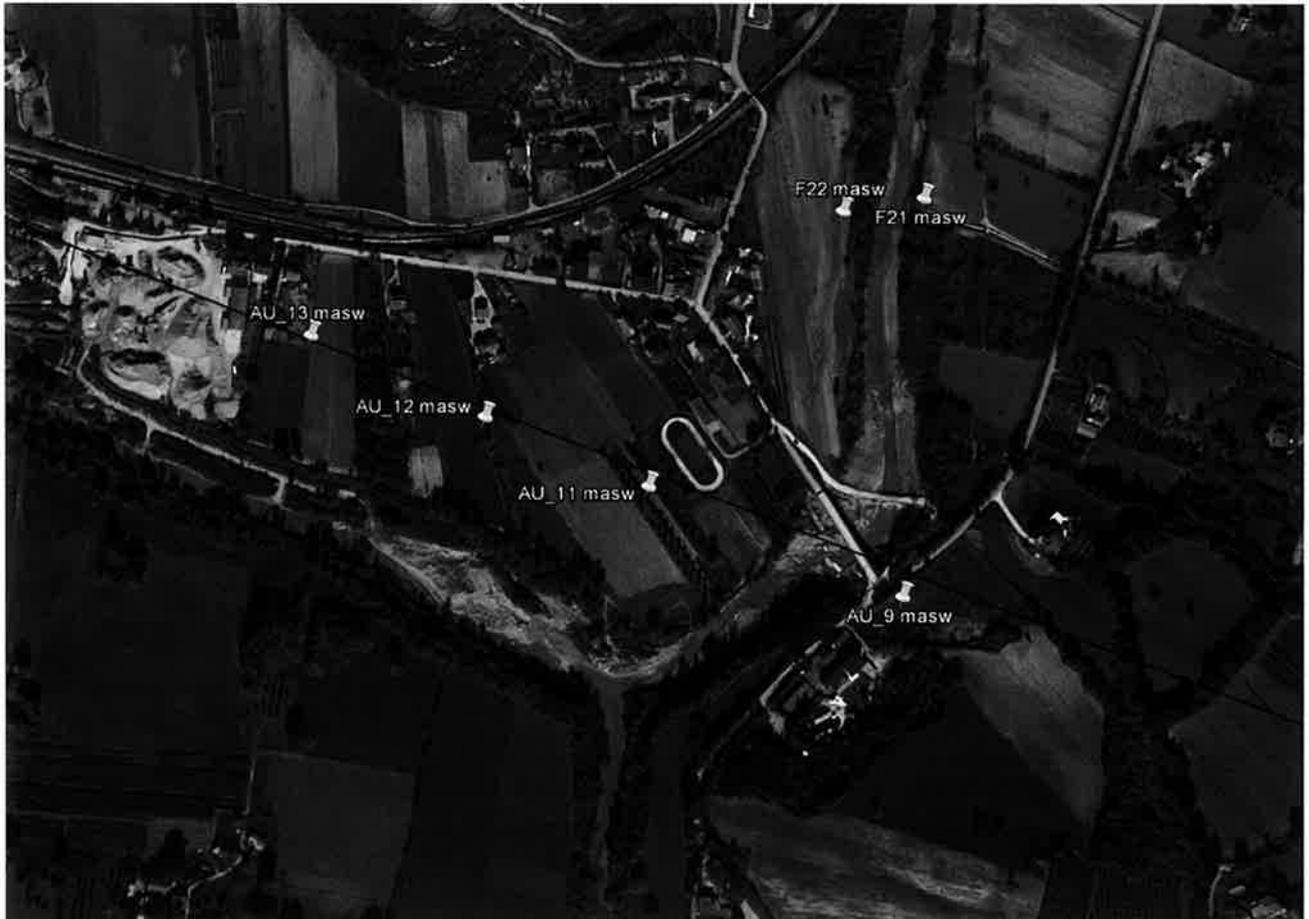


Fig 7.7 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_8 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

AU_9

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	6,4	153
6,4	9,6	176
9,6	≈30,0	273

La prova AU_9 ha fornito un valore di Vs30 pari a 222 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

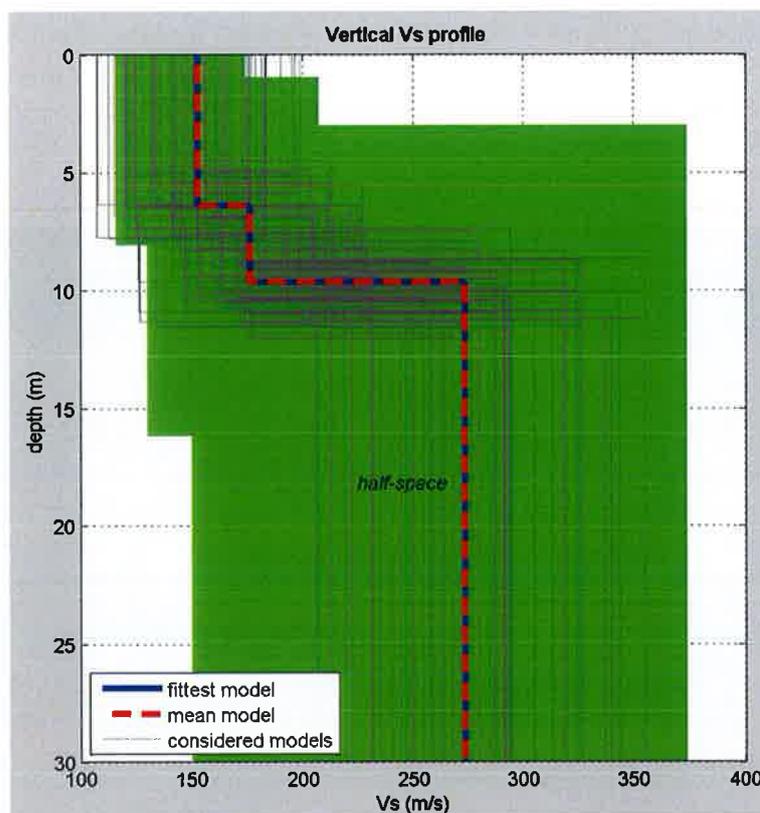
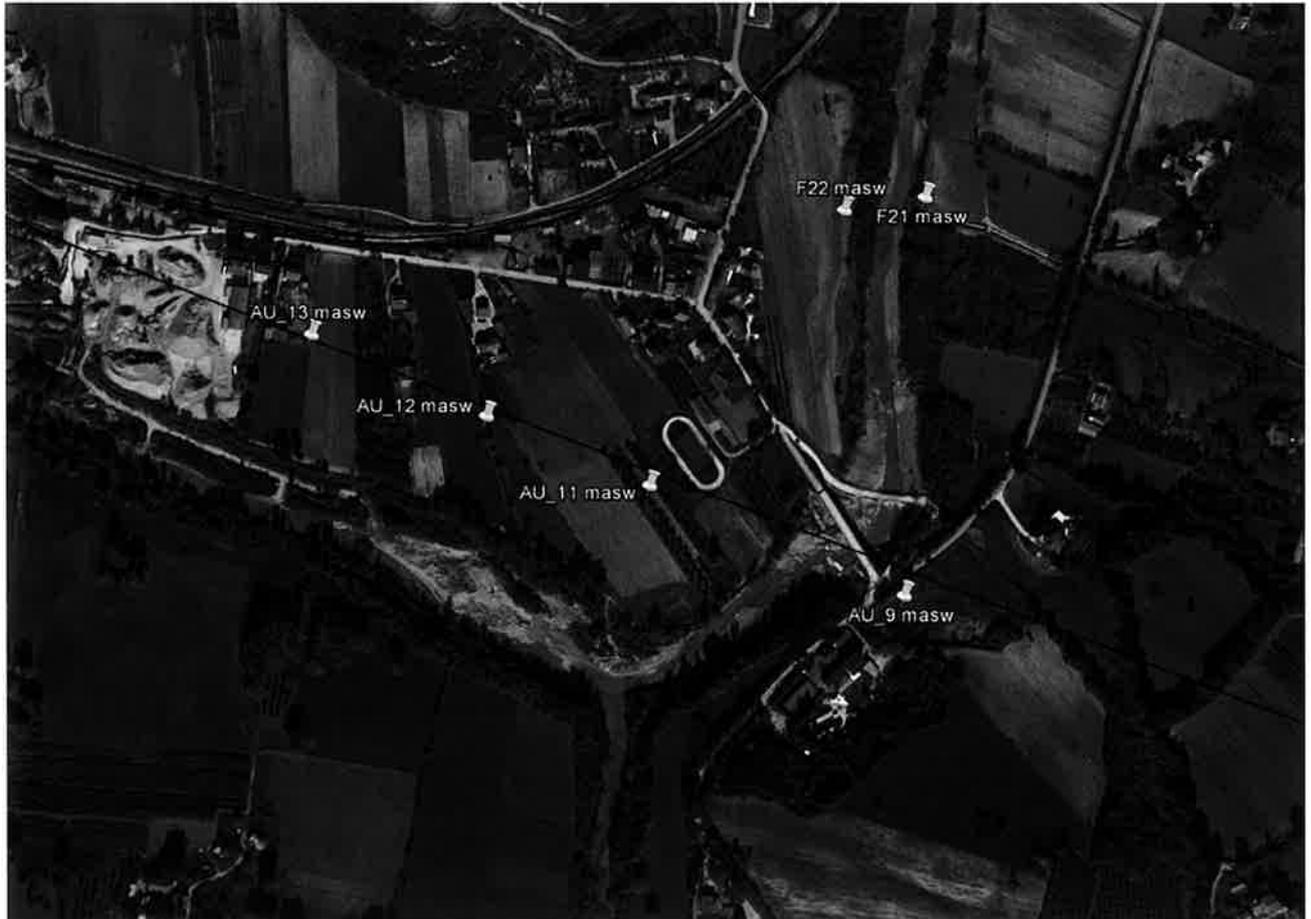


Fig 7.8 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_9 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

AU_11

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	12,3	507
12,3	≈30,0	689

La prova AU_11 ha fornito un valore di Vs30 pari a 601 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

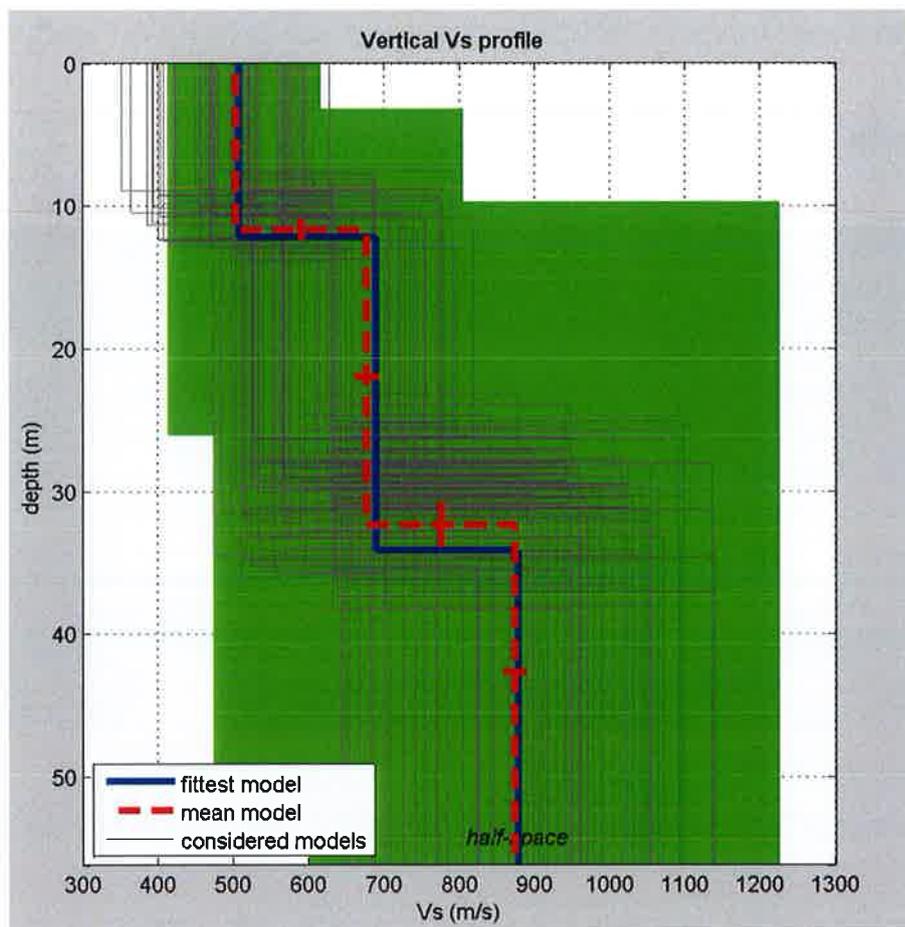
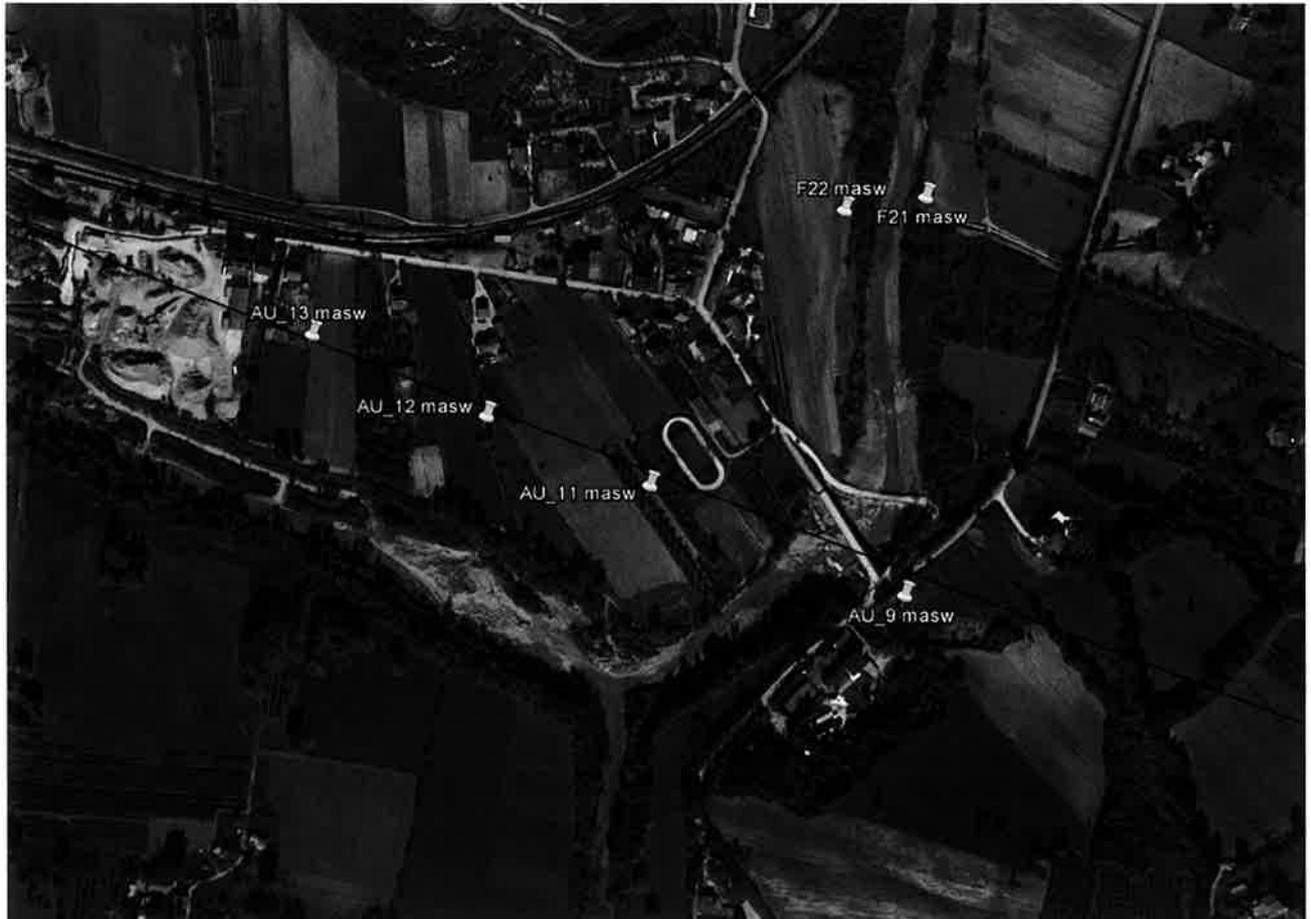


Fig 7.9 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_11 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

AU_12

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	17,5	530
17,5	≈30,0	741

La prova AU_12 ha fornito un valore di Vs30 pari a 602 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

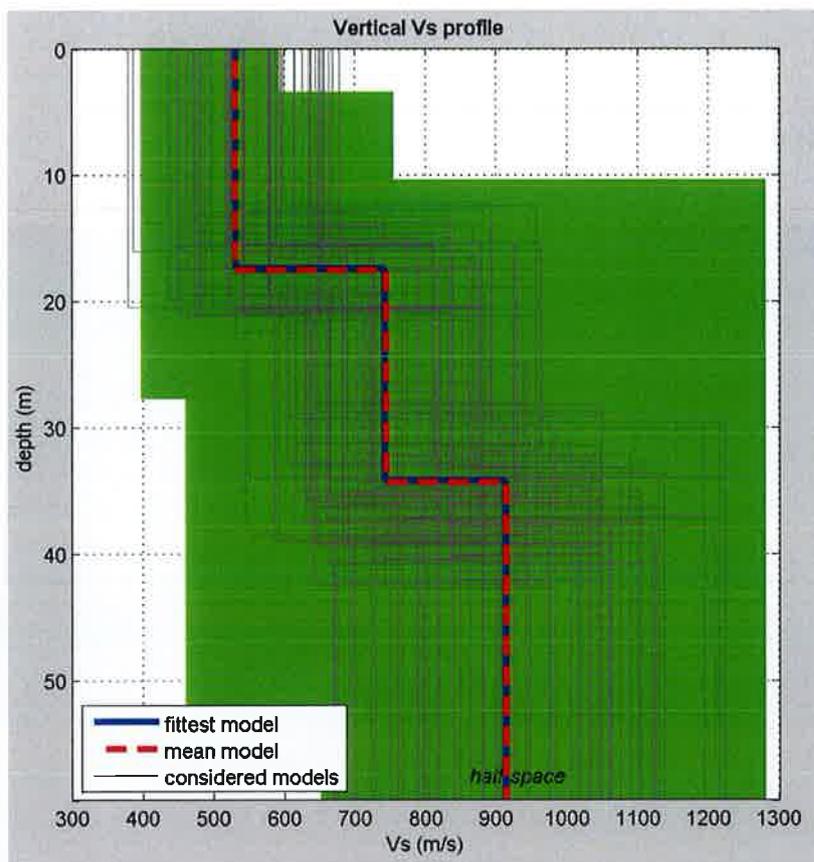


Fig 7.10 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_12 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

AU_13

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	11,6	467
11,6	≈30,0	713

La prova AU_13 ha fornito un valore di Vs30 pari a 592 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

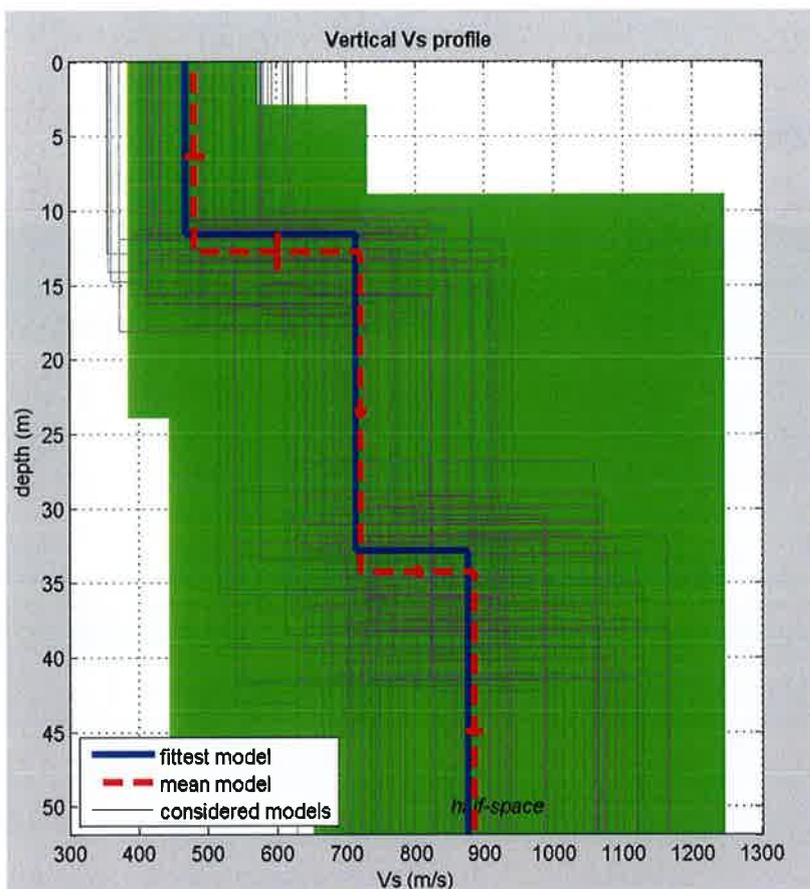


Fig 7.11 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_13 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

C16

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	8,2	159
8,2	11,2	216
11,2	≈30,0	289

La prova C16 ha fornito un valore di Vs30 pari a 230 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

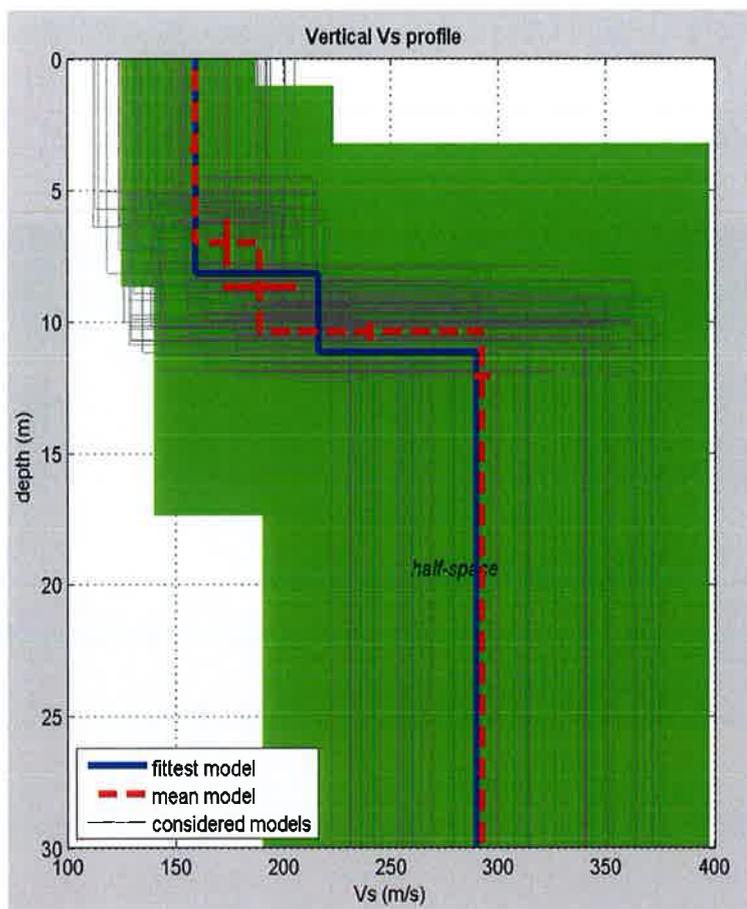


Fig 7.12 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C16 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

C4/2

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	7,5	240
7,5	23,5	371
23,5	≈30,0	678

La prova C4/2 ha fornito un valore di Vs30 pari a 357 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

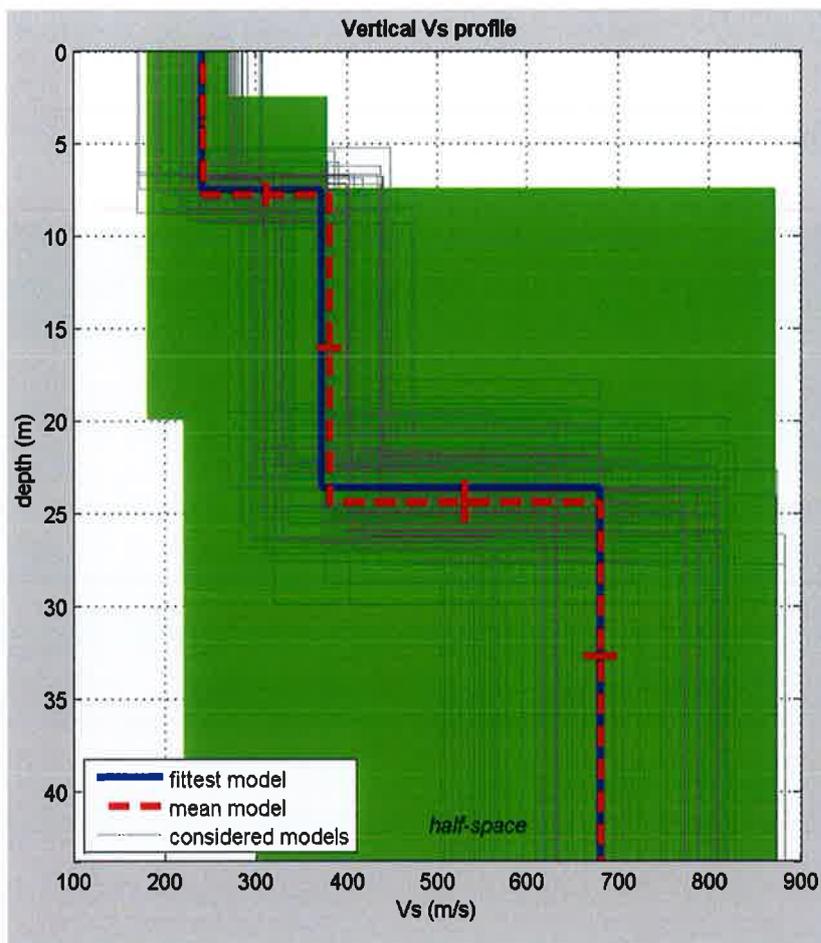


Fig 7.13 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C4/2 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

AU_14

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	5,8	163
5,8	18,5	204
18,5	≈30,0	287

La prova AU_14 ha fornito un valore di Vs30 pari a 217 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

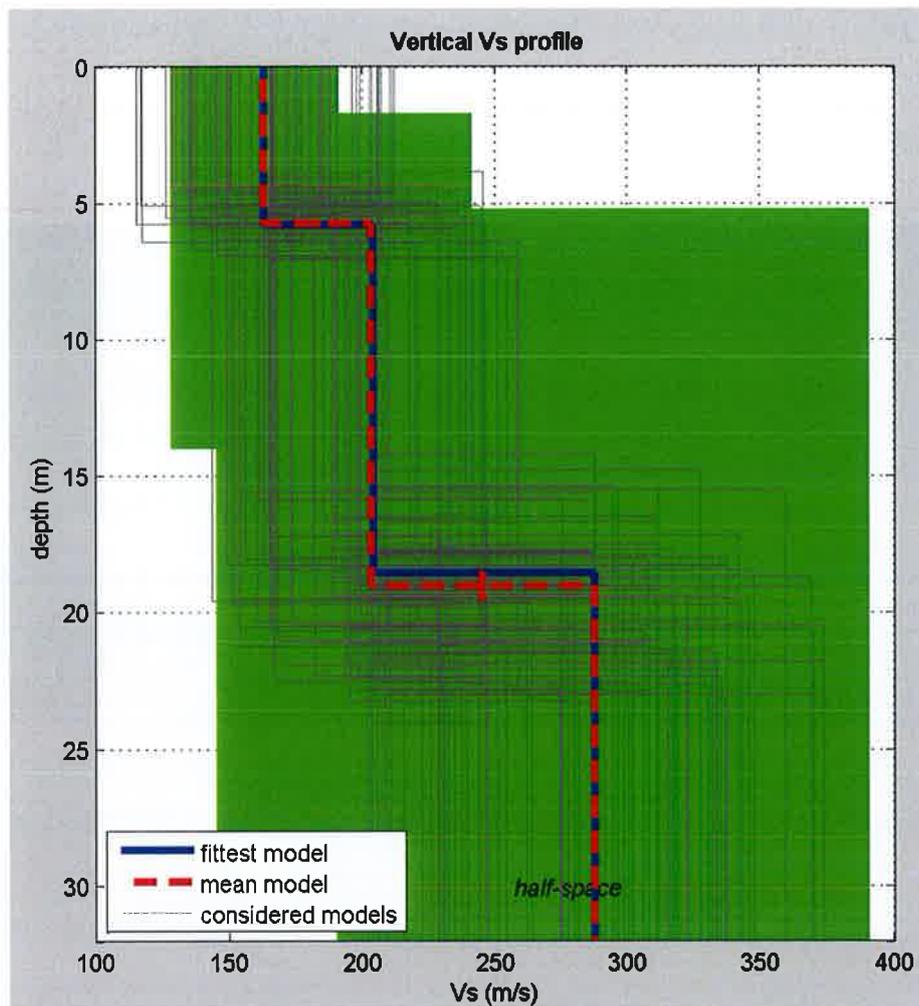


Fig 7.14 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_14 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

AU_15

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	8,5	393
8,5	25,5	603
25,5	≈30,0	815

La prova AU_15 ha fornito un valore di Vs30 pari a 543 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

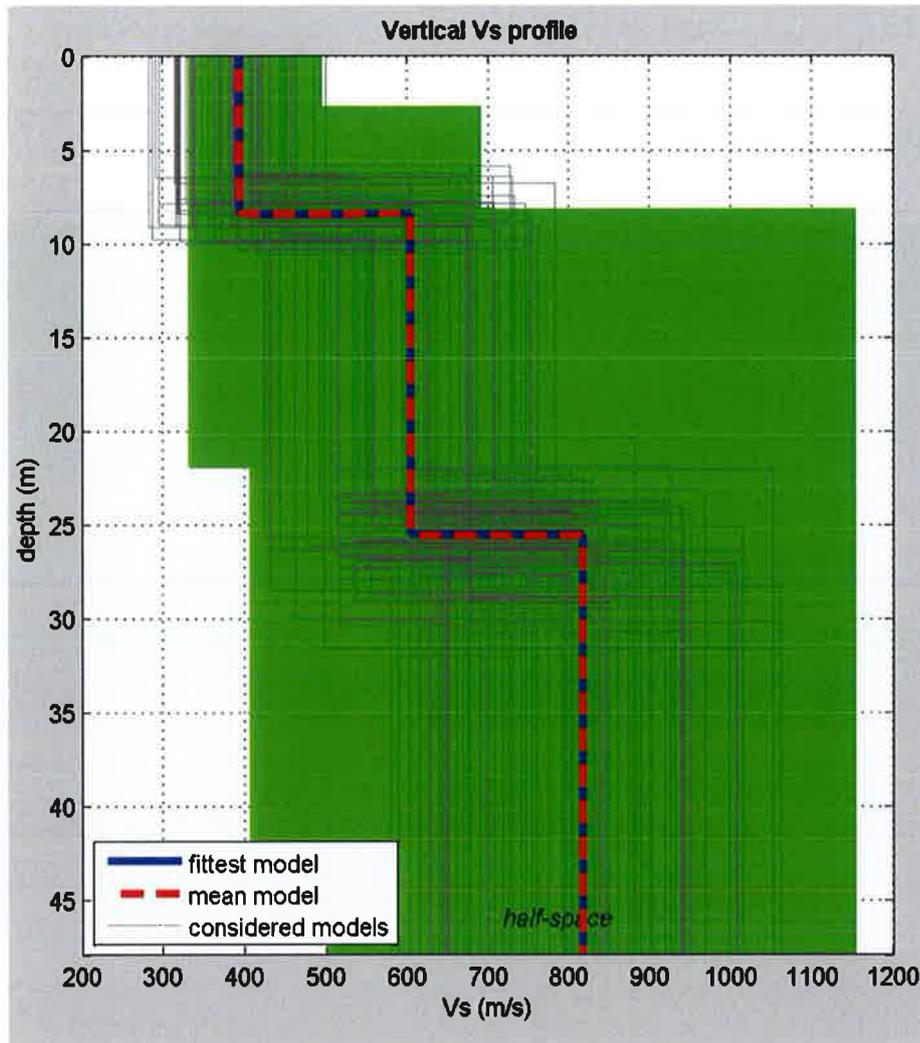


Fig 7.15 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_15 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

AU_16

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	9,1	282
9,1	18,4	433
18,4	≈30,0	710

La prova AU_16 ha fornito un valore di Vs30 pari a 427 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

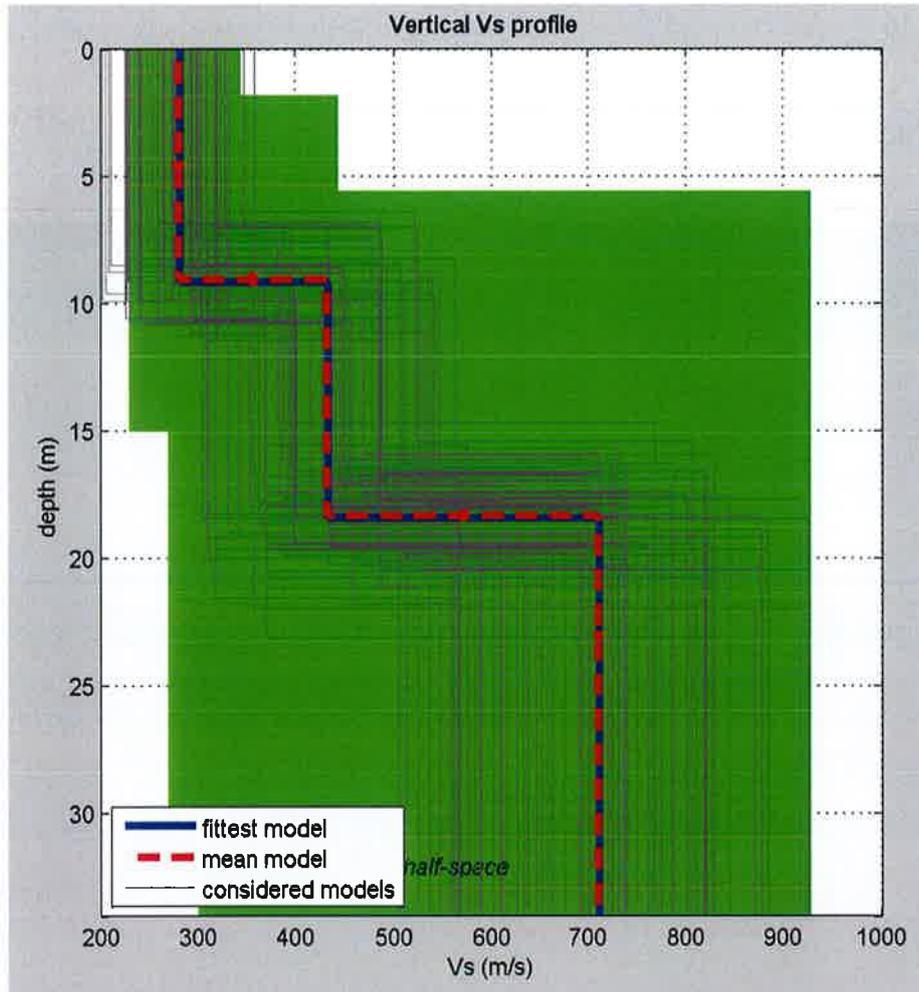
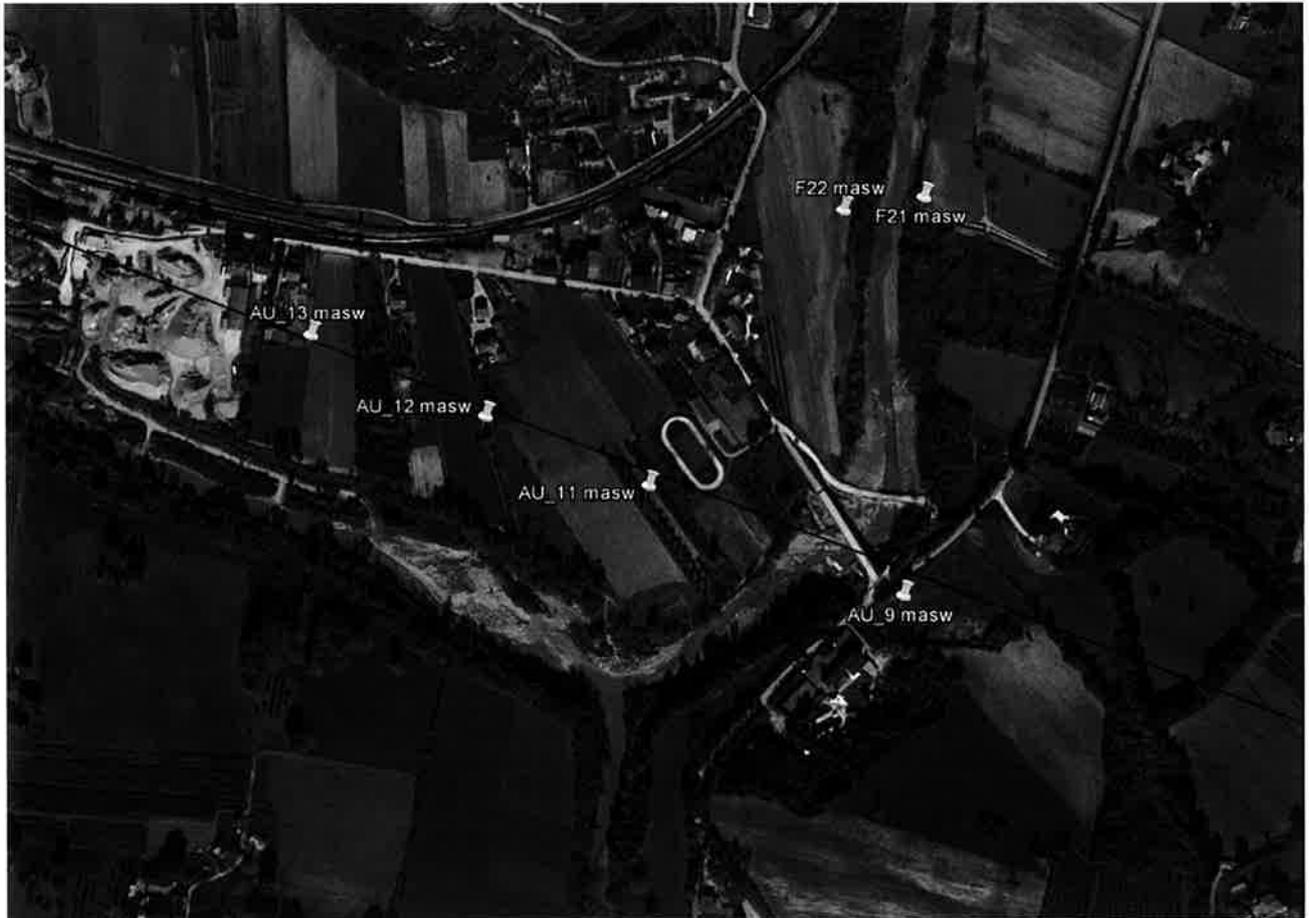


Fig 7.16 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU_16 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

F21

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	6,8	461
6,8	12,4	517
12,4	≈30,0	909

La prova F21 ha fornito un valore di Vs30 pari a 667 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

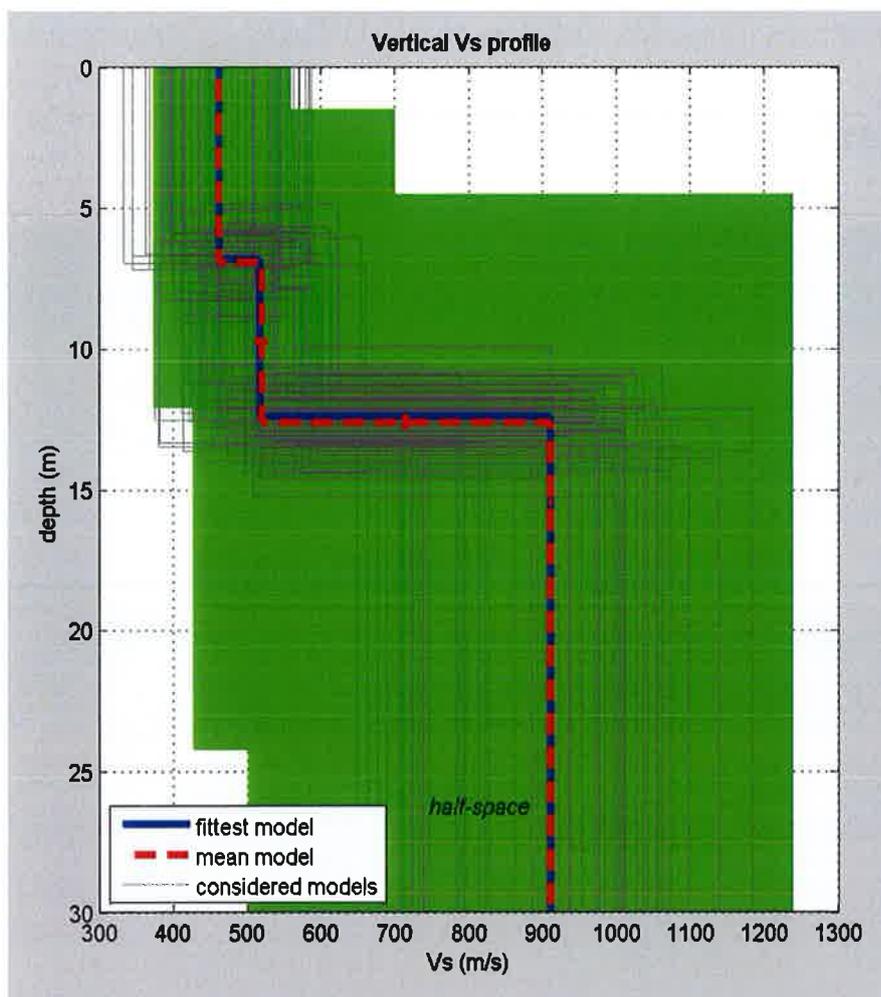
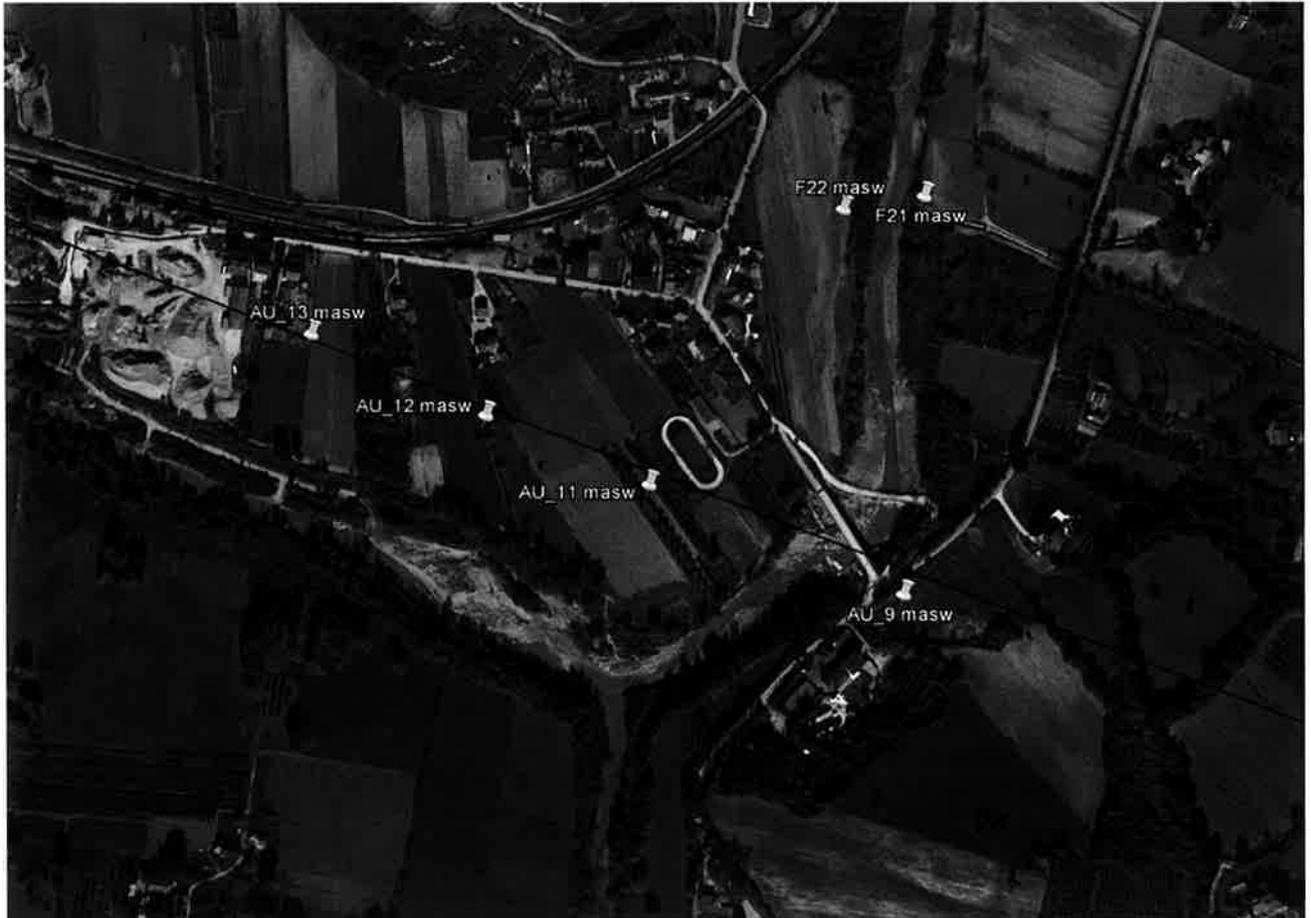


Fig 7.17 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova F21 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

F22

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	10,5	483
10,5	≈30,0	729

La prova F22 ha fornito un valore di Vs30 pari a 619 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

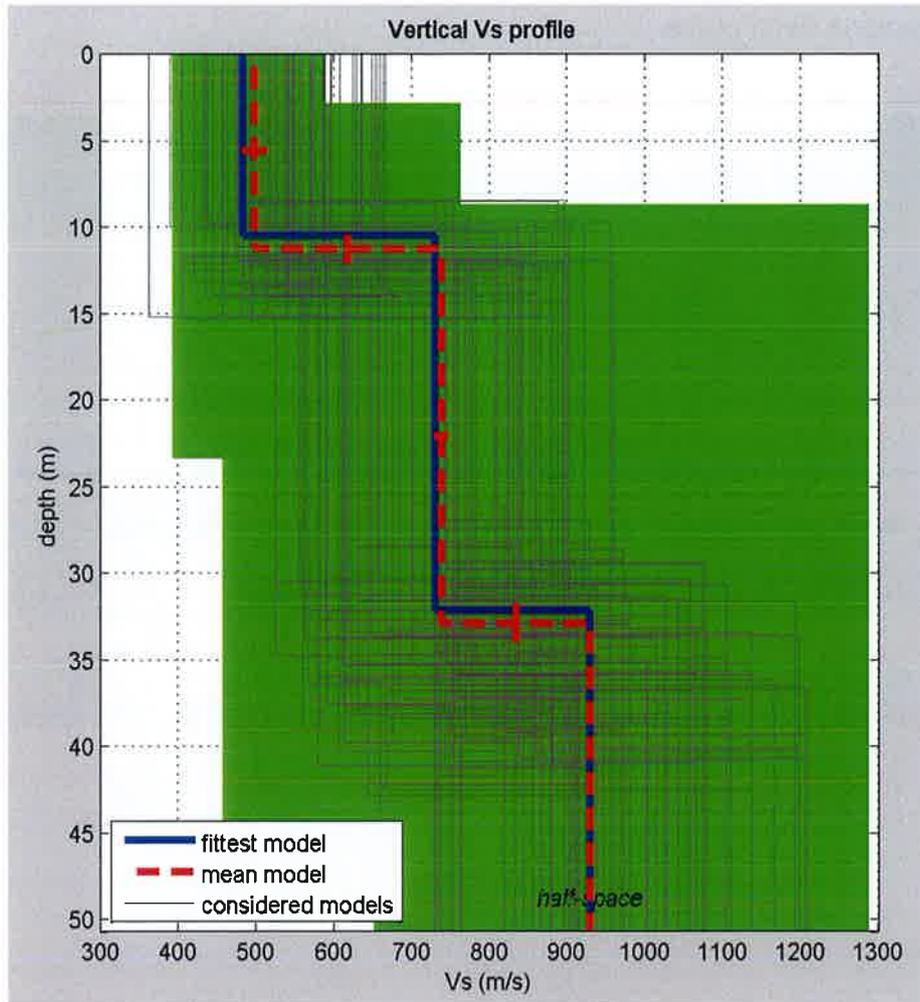


Fig 7.18 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova F22 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

C23

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	2,8	163
2,8	8,9	290
8,9	≈30,0	536

La prova C23 ha fornito un valore di Vs30 pari a 389 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

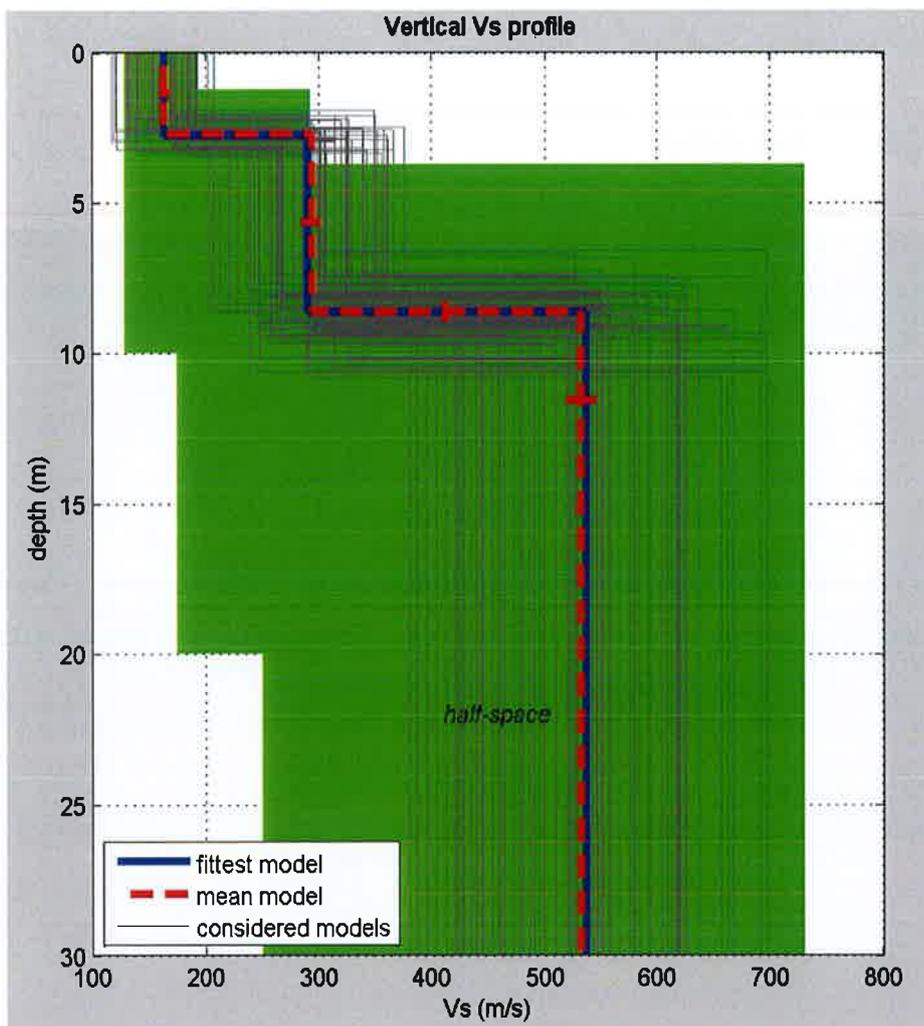


Fig 7.19 – Profilo di V_s (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C23 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

C2

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	2,5	216
2,5	13,0	236
13,0	≈30,0	351

La prova C2 ha fornito un valore di Vs30 pari a **287 m/s**. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

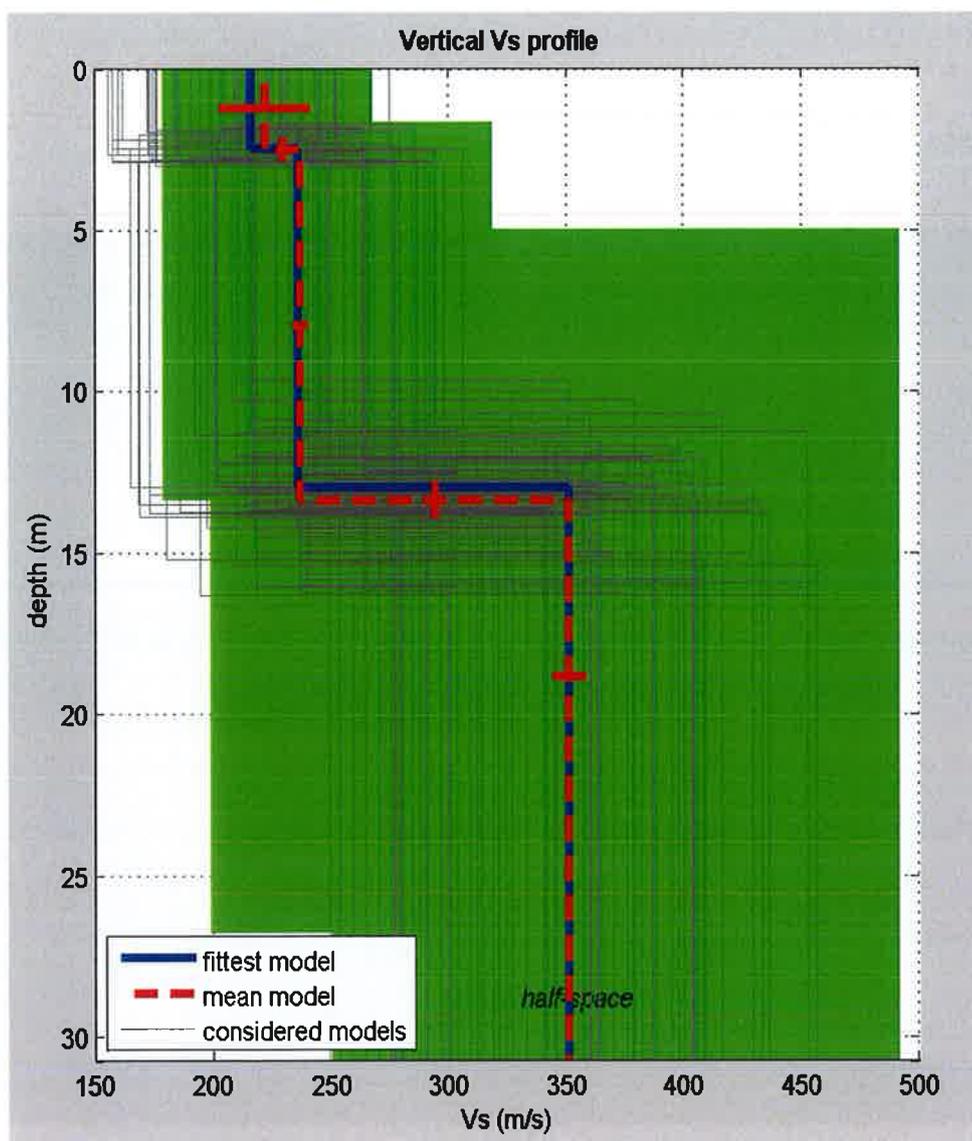


Fig 7.20 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C2 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

C4/1

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	3,7	135
3,7	9,6	201
9,6	≈30,0	337

La prova C4/1 ha fornito un valore di Vs30 pari a **256 m/s**. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

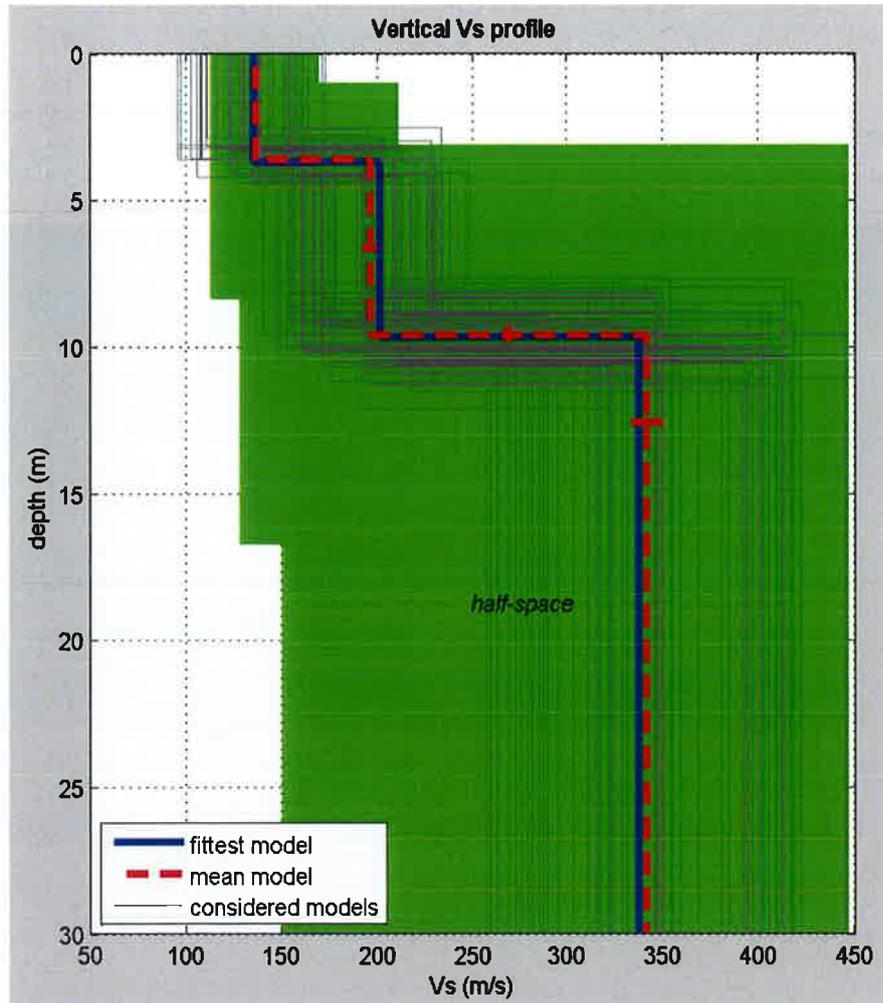


Fig 7.21 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C4/1 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

C20

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	5,6	263
5,6	14,5	218
14,5	≈30,0	203

La prova C20 ha fornito un valore di Vs30 pari a **260 m/s**. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C** .

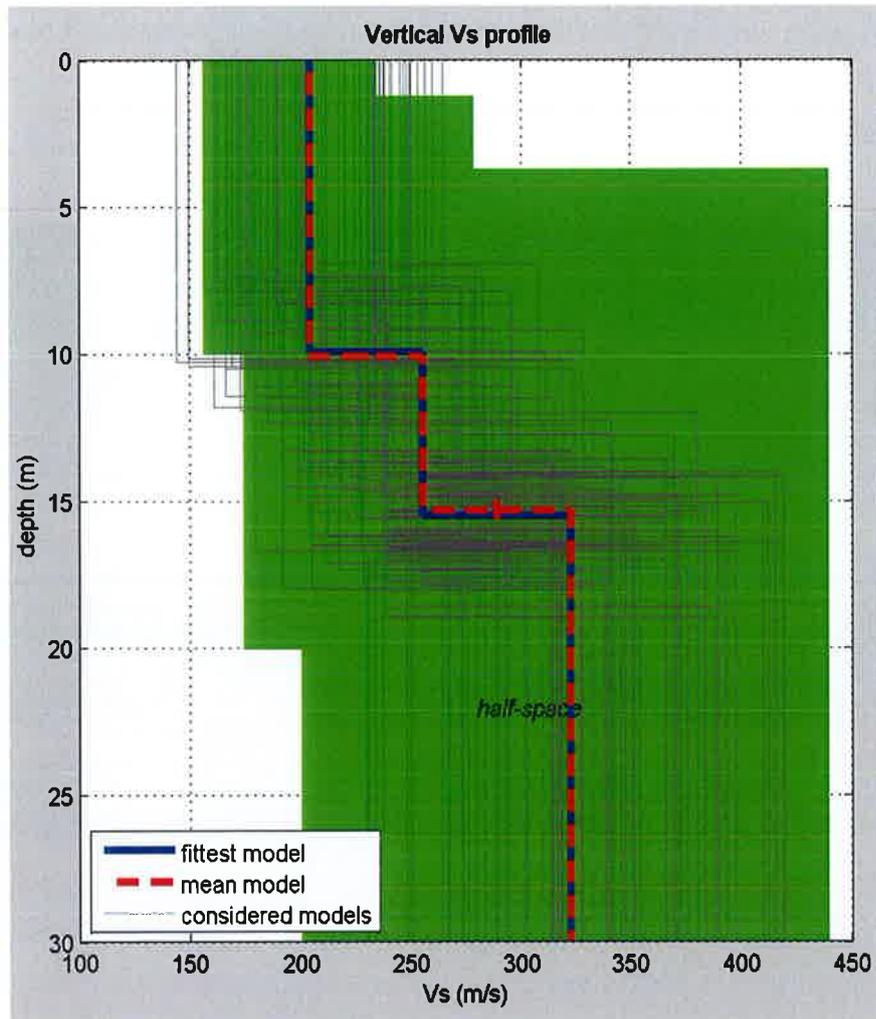


Fig 7.22 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C20 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

Tabella riassuntiva dei valori di V_{s30} e della classe di suolo di riferimento

prova sismica	valore di V_{s30}	classe di riferimento secondo la normativa italiana vigente
AU_1	569 m/s	classe B
AU_2	454 m/s	classe B
AU_4	522 m/s	classe B
AU_5	573 m/s	classe B
AU_6	590 m/s	classe B
AU_7	722 m/s	classe B
AU_8	246 m/s	classe C
AU_9	222 m/s	classe C
AU_11	601 m/s	classe B
AU_12	602 m/s	classe B
AU_13	592 m/s	classe B
AU_14	217 m/s	classe C

AU_15	543 m/s	classe B
AU_16	427 m/s	classe B
C2	287 m/s	classe C
C4/1	256 m/s	classe C
C16	230 m/s	classe C
C20	260 m/s	classe C
C23	389 m/s	classe B
C4/2	357 m/s	classe C
F21	667 m/s	classe B
F22	619 m/s	classe B

ANALISI DEI RISULTATI CAROTAGGIO SISMICO DOWN-HOLE

L'elaborazione delle misure geofisiche ha permesso di ricostruire la porzione di terreno immediatamente adiacente ai sondaggi per una profondità, da piano campagna, pari alla lunghezza di questi. Durante la fase di elaborazione dei dati sismici sperimentali, è stato necessario ricorrere all'utilizzo dei filtri per migliorare la qualità dei sismogrammi in quanto i siti di indagine presentavano un forte rumore ambientale; in seguito i dati acquisiti sono risultati di buona qualità, essendo sostanzialmente ben allineati su delle rette, con scarsa o assente dispersione dei punti.

DH C1



Figura 7.23 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.4	3.8	7.7	12.1
2	4.5	9.8	8.1	17.6
3	6.0	15.5	8.5	21.9
4	7.4	21.0	9.3	26.3
5	8.6	26.5	10.0	30.9
6	9.6	30.9	10.7	34.6
7	10.8	36.4	11.8	39.6
8	11.9	40.5	12.7	43.3
9	12.7	46.3	13.4	48.8
10	13.4	51.1	14.0	53.4
11	14.7	55.1	15.2	57.1
12	15.5	58.9	16.0	60.7
13	15.8	61.0	16.2	62.6
14	16.1	62.5	16.5	63.9
15	16.9	64.5	17.2	65.8
16	17.1	67.1	17.4	68.3
17	17.3	69.7	17.6	70.8
18	18.7	71.7	19.0	72.7
19	19.6	73.6	19.8	74.5
20	20.6	76.4	20.8	77.3
21	21.3	78.8	21.5	79.6
22	21.4	81.1	21.6	81.9
23	21.9	82.5	22.1	83.2
24	22.3	84.8	22.5	85.5
25	23.0	86.1	23.2	86.7
26	23.5	87.4	23.7	88.0
27	23.9	88.8	24.0	89.3
28	24.7	90.1	24.8	90.6
29	25.1	91.7	25.2	92.2
30	25.5	93.3	25.6	93.8

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S _H (m/s)
0.0	3.0	473	200
3.0	11.0	945	201
11.0	20.0	1572	463
20.0	30.0	1928	612

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S_H. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m ²)	young (kN/m ²)	bulk (kN/m ²)
0.0	3.0	17.5	473	200	0.39	7.14E+04	1.99E+05	3.04E+05
3.0	11.0	18.0	945	201	0.48	7.41E+04	2.19E+05	1.54E+06
11.0	20.0	19.0	1572	463	0.45	4.15E+05	1.21E+06	4.23E+06
20.0	30.0	19.5	1928	612	0.44	7.45E+05	2.15E+06	6.40E+06

Calcolo del V_{SH} riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V _{SH} m/s	H m	VsH
3.0	200	3	200
8.0	201	11	201
9.0	463	20	269
10.0	612	30	331

Calcolo del Vs₃₀ nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

valore Vs₃₀ = 331 m/s

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe C**.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

C9 DH



Figura 7.24 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.3	6.9	7.2	21.9
2	4.7	14.3	8.5	25.8
3	6.4	20.9	9.0	29.5
4	7.8	26.6	9.8	33.2
5	8.7	32.8	10.2	38.2
6	9.6	36.0	10.7	40.3
7	10.0	38.4	10.9	41.8
8	10.5	41.9	11.2	44.7
9	10.9	44.7	11.5	47.1

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
10	11.3	46.8	11.8	48.9
11	12.3	49.7	12.7	51.5
12	13.4	52.3	13.8	53.9
13	13.9	54.3	14.3	55.7
14	14.4	56.5	14.7	57.8
15	14.8	58.5	15.1	59.7
16	15.4	61.6	15.7	62.7
17	15.9	62.9	16.1	63.9
18	15.9	65.4	16.1	66.3
19	16.4	66.0	16.6	66.8
20	16.9	67.3	17.1	68.1
21	17.2	69.5	17.4	70.2
22	17.5	70.1	17.7	70.7
23	17.8	71.7	18	72.3
24	18.2	73.0	18.3	73.6
25	18.6	74.4	18.7	74.9
26	19.0	76.0	19.1	76.5
27	19.4	77.5	19.5	78.0
28	19.7	78.6	19.8	79.1
29	19.9	80.3	20	80.7
30	20.5	82.1	20.6	82.5
31	20.7	82.9	20.8	83.3
32	21.3	84.4	21.4	84.8
33	21.5	85.5	21.6	85.9
34	22.0	86.6	22.1	86.9
35	22.4	89.0	22.5	89.3
36	23.2	89.8	23.3	90.1
37	23.4	92.2	23.5	92.5
38	23.6	93.7	23.7	94
39	24.0	94.8	24.1	95.1
40	24.4	96.4	24.5	96.7
41	24.8	98.0	24.9	98.3
42	25.3	99.6	25.4	99.9
43	25.7	101.3	25.8	101.5
44	26.2	103.3	26.3	103.5
45	26.6	104.5	26.7	104.7
46	26.9	106.7	27	106.9
47	27.2	107.7	27.3	107.9
48	27.4	109.1	27.5	109.3
49	27.7	110.7	27.8	110.9
50	28.0	112.1	28.1	112.3

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S _H (m/s)
0.0	4.0	480	147
4.0	7.0	1331	245
7.0	11.0	1825	361
11.0	18.0	2208	447
18.0	42.0	2581	690
42.0	46.0	2458	576
46.0	50.0	3665	717

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S_H. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m ²)	young (kN/m ²)	bulk (kN/m ²)
0.0	4.0	17.5	480	147	0.45	3.85E+04	1.12E+05	3.60E+05
4.0	7.0	18.0	1331	245	0.48	1.10E+05	3.27E+05	3.10E+06
7.0	11.0	19.0	1825	361	0.48	2.52E+05	7.47E+05	6.11E+06
11.0	18.0	19.5	2208	447	0.48	3.97E+05	1.17E+06	9.16E+06
18.0	42.0	20.0	2581	690	0.46	9.71E+05	2.84E+06	1.23E+07
42.0	46.0	20.5	2458	576	0.47	6.93E+05	2.04E+06	1.17E+07
46.0	50.0	21.0	3665	717	0.48	1.10E+06	3.26E+06	2.73E+07

Calcolo del V_{SH} riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V _{SH} m/s	H m	VsH
4.0	147	4	147
3.0	245	7	177
4.0	361	11	218
7.0	447	18	272

12.0	690	30	359
------	-----	----	-----

Calcolo del V_{s30} nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

valore V_{s30} = 359 m/s

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe C**.

C11 DH



Figura 7.25 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.6	5.7	8.3	18.0
2	5.0	12.3	9.0	22.2
3	6.9	17.9	9.7	25.3
4	8.8	22.6	11.0	28.2
5	10.2	26.0	11.9	30.3
6	11.0	28.5	12.3	31.9
7	12.1	32.2	13.2	35.0
8	13.0	35.8	13.9	38.2
9	13.7	37.5	14.4	39.5
10	14.2	39.3	14.8	41.0

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
11	14.6	40.6	15.1	42.1
12	14.8	42.1	15.3	43.4
13	15.2	43.6	15.6	44.7
14	15.6	44.2	16.0	45.2
15	16.1	45.4	16.4	46.3
16	16.6	46.3	16.9	47.1
17	17.3	47.2	17.6	47.9
18	17.8	48.0	18.0	48.7
19	18.0	49.4	18.2	50.0
20	18.5	50.1	18.7	50.7
21	18.8	50.8	19.0	51.3
22	18.9	52.1	19.1	52.6
23	19.5	53.7	19.7	54.2
24	19.8	54.5	20.0	54.9
25	20.2	55.6	20.3	56.0
26	20.6	57.4	20.7	57.8
27	21.0	58.7	21.1	59.1
28	21.4	59.6	21.5	59.9
29	21.9	60.9	22.0	61.2
30	22.3	62.2	22.4	62.5

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S _H (m/s)
0.0	3.0	420	166
3.0	7.0	763	287
7.0	15.0	2391	719
15.0	25.0	2512	968
25.0	30.0	2325	785

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S_H . La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m^3)	V_p m/s	V_{SH} m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m^2)	young (kN/m^2)	bulk (kN/m^2)
0.0	3.0	17.5	420	166	0.41	4.92E+04	1.38E+05	2.49E+05
3.0	7.0	18.0	763	287	0.42	1.51E+05	4.28E+05	8.67E+05
7.0	15.0	19.0	2391	719	0.45	1.00E+06	2.90E+06	9.74E+06
15.0	25.0	19.5	2512	968	0.41	1.86E+06	5.26E+06	1.01E+07
25.0	30.0	20.0	2325	785	0.44	1.26E+06	3.61E+06	9.35E+06

Calcolo del V_{SH} riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V_{SH} m/s	H m	VsH
3.0	166	3	166
4.0	287	7	219
8.0	719	15	348
10.0	968	25	468
5.0	785	30	501

Calcolo del Vs_{30} nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

valore $Vs_{30} = 501 \text{ m/s}$

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe B**.

C15 DH



Figura 7.26 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	6.0	9.4	19.0	29.8
2	9.8	17.3	17.7	31.1
3	11.6	22.9	16.4	32.4
4	12.1	29.5	15.1	36.9
5	13.5	33.2	15.7	38.7
6	14.4	35.9	16.1	40.1
7	15.3	39.8	16.6	43.3
8	16.3	42.7	17.4	45.6
9	17.4	44.6	18.3	47.0

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
10	18.3	45.9	19.1	47.9
11	18.8	49.4	19.5	51.2
12	19.2	50.1	19.8	51.6
13	19.4	52.0	19.9	53.4
14	19.9	53.1	20.4	54.3
15	20.3	55.5	20.7	56.6
16	20.6	57.4	21.0	58.4
17	21.2	58.1	21.5	59.0
18	21.7	60.2	22.0	61.0
19	22.0	62.2	22.3	63.0
20	22.4	66.0	22.7	66.7
21	22.9	65.1	23.1	65.8
22	23.0	68.4	23.2	69.0
23	23.4	70.6	23.6	71.2
24	23.6	72.5	23.8	73.1
25	23.9	73.1	24.1	73.6
26	24.2	74.5	24.4	75.0
27	24.5	75.9	24.7	76.4
28	24.9	77.4	25.0	77.8
29	25.2	78.8	25.3	79.2
30	25.5	80.2	25.6	80.6

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S _H (m/s)
0.0	2.0	193	114
2.0	5.0	994	189
5.0	10.0	1026	368
10.0	19.0	2520	580
19.0	24.0	2951	544
24.0	30.0	3237	680

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S_H. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m ³)	V _p m/s	V _{SH} m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m ²)	young (kN/m ²)	bulk (kN/m ²)
0.0	2.0	17.5	193	114	0.23	2.32E+04	5.71E+04	3.55E+04
2.0	5.0	18.0	994	189	0.48	6.55E+04	1.94E+05	1.73E+06
5.0	10.0	19.0	1026	368	0.43	2.62E+05	7.48E+05	1.69E+06
10.0	19.0	19.5	2520	580	0.47	6.69E+05	1.97E+06	1.17E+07
19.0	24.0	20.0	2951	544	0.48	6.03E+05	1.79E+06	1.69E+07
24.0	30.0	20.5	3237	680	0.48	9.66E+05	2.85E+06	2.06E+07

Calcolo del V_{SH} riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V _{SH} m/s	H m	VsH
2.0	114	2	114
3.0	189	5	150
5.0	368	10	213
9.0	580	19	304
5.0	544	24	335
6.0	680	30	373

Calcolo del Vs₃₀ nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

valore Vs₃₀ = 373 m/s

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe B**.

C18 DH



Figura 7.27 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3.1	4.7	9.7	15.0
2	5.6	13.6	10.1	24.5
3	7.4	21.8	10.5	30.9
4	8.7	29.8	10.9	37.3
5	9.7	35.9	11.3	41.9
6	10.6	43.2	11.8	48.3
7	11.2	50.7	12.2	55.2
8	11.9	56.0	12.7	59.8
9	12.3	61.6	13.0	64.9

depth	correct P-time	correct S _H -time	sperimental P-time	sperimental S _H -time
10	12.6	67.0	13.2	69.9
11	12.7	72.4	13.2	75.0
12	13.0	75.9	13.4	78.2
13	13.3	78.0	13.6	80.0
14	14.1	80.1	14.4	81.9
15	15.0	82.1	15.3	83.7
16	15.3	84.5	15.6	86.0
17	15.9	87.0	16.1	88.3
18	16.4	89.8	16.6	91.0
19	17.1	91.8	17.3	92.9
20	17.6	94.1	17.8	95.2
21	18.1	96.9	18.3	97.9
22	18.3	100.2	18.5	101.1
23	18.9	102.5	19.1	103.4
24	19.3	104.9	19.4	105.7
25	19.7	106.3	19.8	107.1
26	19.9	108.7	20.0	109.4
27	20.3	111.0	20.4	111.7
28	20.6	112.9	20.7	113.5
29	21.3	114.3	21.4	114.9
30	22.0	117.7	22.1	118.3

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S _H (m/s)
0.0	3.0	381	142
3.0	12.0	1537	163
12.0	30.0	2060	424

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S_H. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m ²)	young (kN/m ²)	bulk (kN/m ²)
0.0	3.0	17.5	381	142	0.42	3.60E+04	1.02E+05	2.11E+05
3.0	12.0	18.0	1537	163	0.49	4.88E+04	1.46E+05	4.27E+06
12.0	30.0	19.0	2060	424	0.48	3.48E+05	1.03E+06	7.75E+06

Calcolo del V_{SH} riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V _{SH} m/s	H m	VsH
3.0	142	3	142
9.0	163	12	157
18.0	424	30	253

Calcolo del Vs₃₀ nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

valore Vs₃₀ =253 m/s

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe C**.

Ricerca masse metalliche

L'indagine elettromagnetica FDEM è stata condotta per caratterizzare le piazzole dei sondaggi nei primi 5 metri di suolo, al fine di evidenziare anomalie di conducibilità elettrica potenzialmente riconducibili a masse metalliche sepolte. L'indagine geofisica è stata condotta con maglia di misure 2,5x2,5m. Le carte della conducibilità elettrica derivata, con apposita scala colorimetrica, sono riportate di seguito. La mappa, elaborata con metodologia elettromagnetica, ha messo in risalto le caratteristiche di conducibilità elettrica del terreno nei primi 5 metri di suolo. Per la piazzola oggetto di studio sono state evidenziate, circoscrivendole con poligoni, le zone sgombre da eventuali masse metalliche sepolte, secondo un criterio interpretativo basato sui valori assoluti di conducibilità elettrica e delle linee di gradiente. Le risultanze dell'indagine sono evidenziate nella scheda allegata ed hanno permesso di individuare un'area, priva di masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo, idonea per l'ubicazione del sondaggio. Il perimetro di tale area è evidenziato con soprassegno giallo nella carta allegata della conducibilità elettrica.

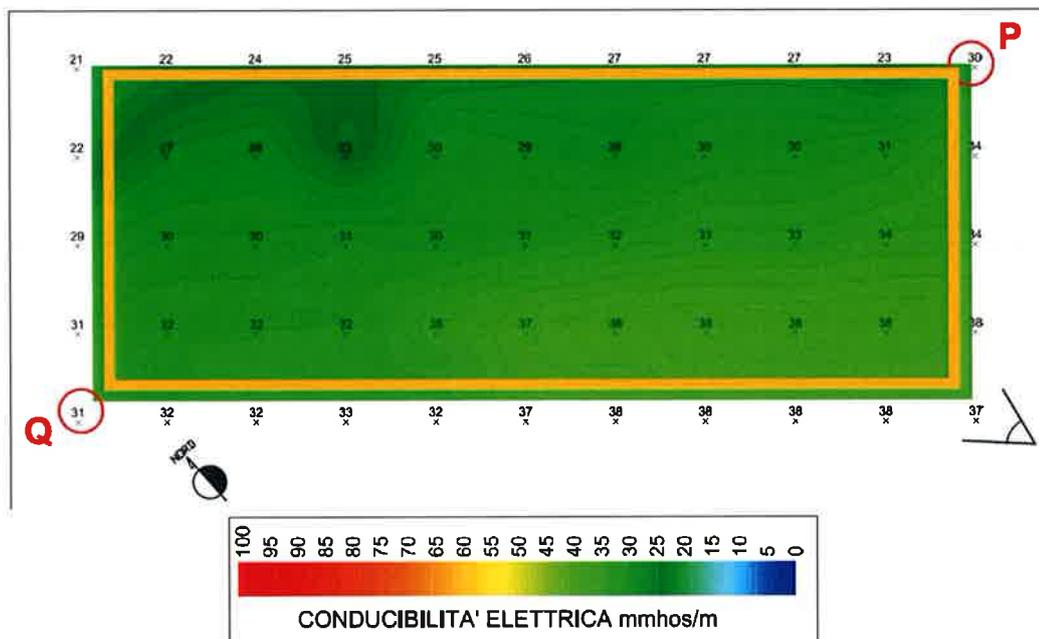
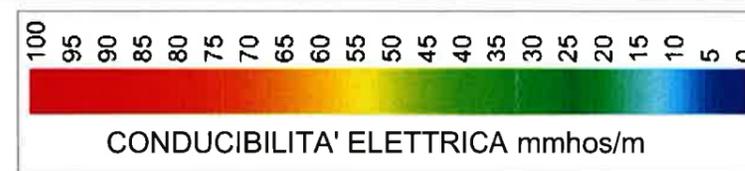
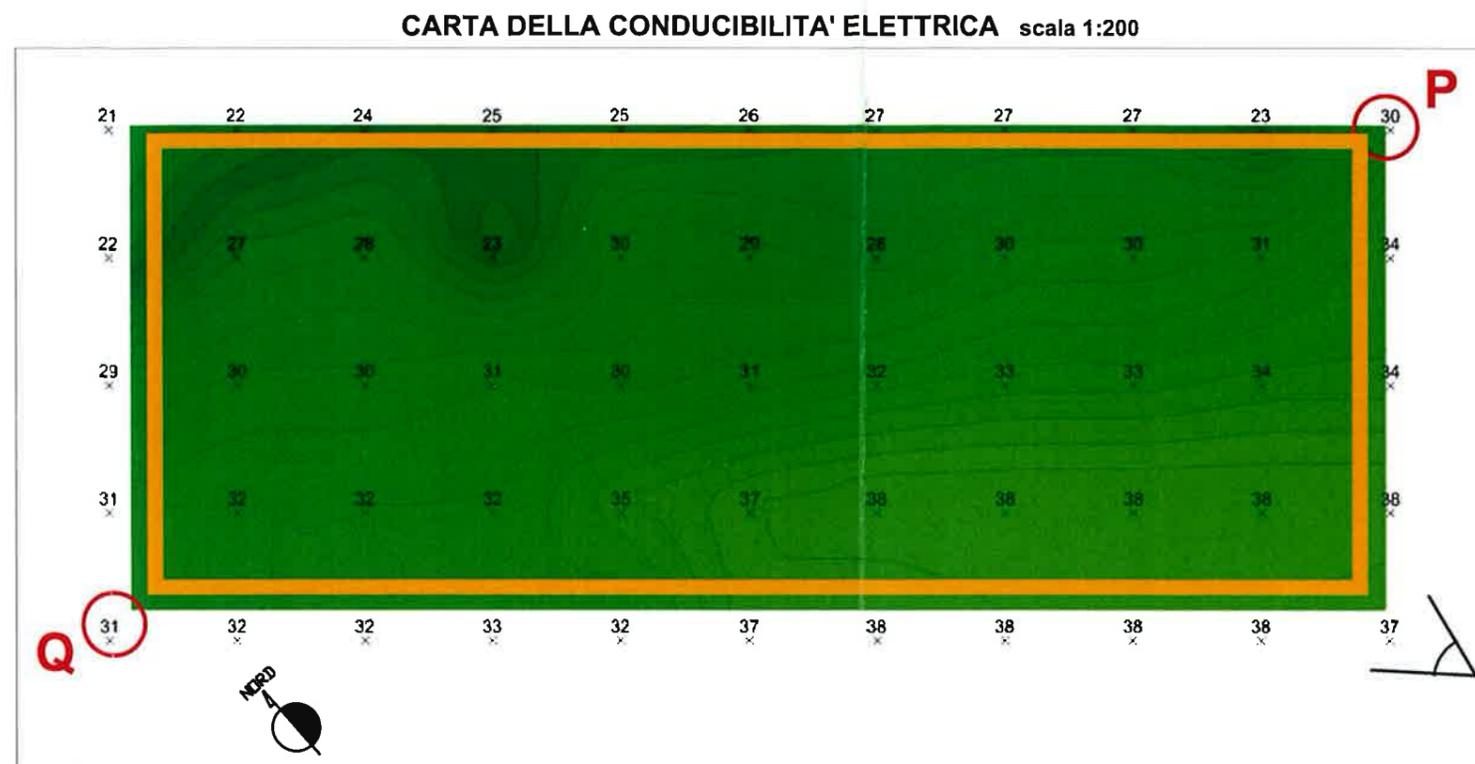
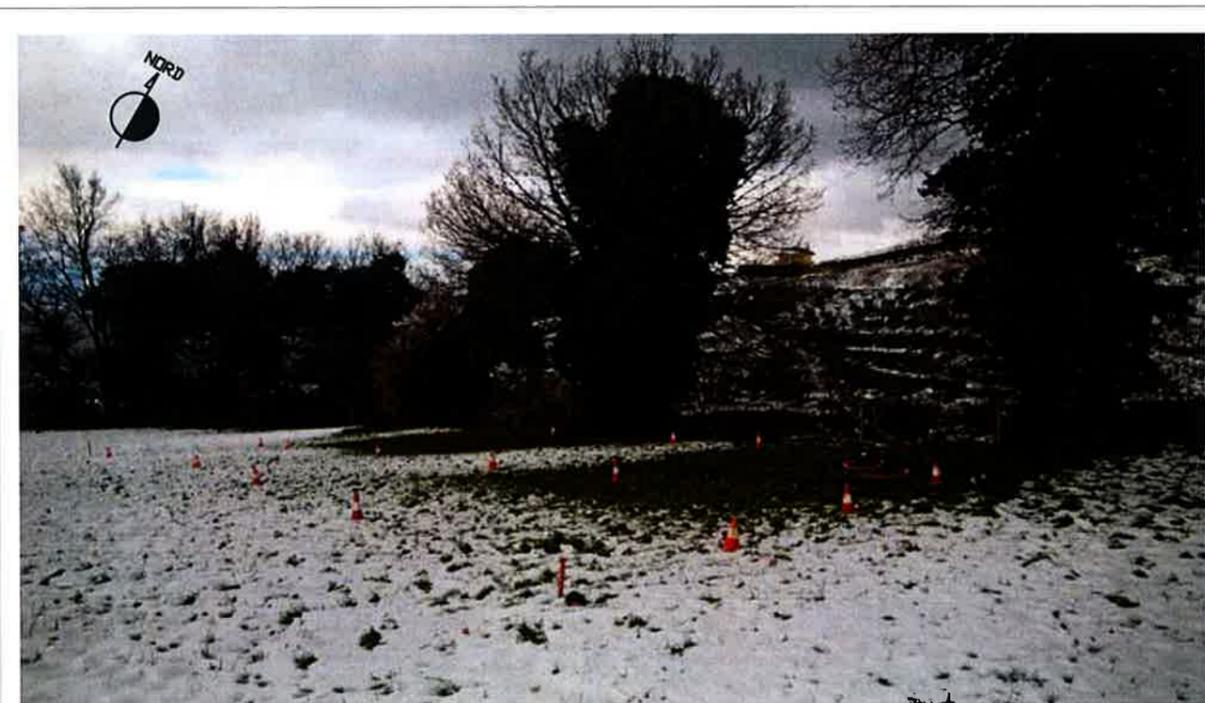


Fig.7.23 – Carta della conducibilità elettrica derivata sulla piazzola.



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



- 12 X Punti di misura (maglia 2,5x2,5 metri) e valore della conducibilita' elettrica (mmhos/m)
- Vertici del rettangolo investigato e lettera identificativa
- ▭ Area priva di masse metalliche sepolte e ritenuta idonea per il sondaggio.
- 📷 Punto di vista fotografico

Vertice P- Latitudine Nord 14,960839
 Longitudine Est 41,132255

Vertice Q- Latitudine Nord 14,960521
 Longitudine Est 41,132304

