Firmato digitalmente da
Gabriele Lanza
O = Ordine degli Architetti di Savona/92006170093
C = IT

GABRIELE LANZA ARCHITETTO STUDIO DI ARCHITETTURA E URBANISTICA

VIA BAGLIETTO 6 - 17100 SAVONA
LNZGRL64M05H126J
tel. 019.2000.019 cell. 349.3257263
e-mail arch_lanza@virgilio.it
PEC arch_lanza@virgilio.it

COLLABORATORI: Architetto Fornelli Chiara



PARTE 9 - QUADRO GEOLOGICO

REGIONE LIGURIA • **PROVINCIA DI SAVONA**

COMUNE DI QUILIANO
COMUNE DI ALTARE

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO
DI PRODUZIONEDI ENERGIA ELETTRICA
DA FONTE EOLICA

SITO EOLICO 02_SV

PARCO EOLICO FORTE BARACCONE

COMMITTENTE

corso Italia, 4/2 ● 17100 Savona ● Cod. Fisc. e Partita IVA 01492670094
www.aevento.it
legale rappresentante Ævento s.r.l.: dott. arch. Gabriele Lanza

ELABORATO 9.2

Relazione sismica aree fondazioni

PROVINCIA DI SAVONA

Committente: AEVENTO s.r.l.
SAVONA

Progetto di realizzazione di nuovo parco eolico in località "Baraccone", comuni di Quiliano ed Altare.

RELAZIONE DI COMMENTO ALLE INDAGINI SISMICHE

Emissione	Data	Redazione	Verifica	Approvazione
Rev.	**Febbraio 2013**	Dr. Geol. G. Lombardi	Dr. Geol. F. Alpino	Dr. Geol. E. Isetta

terra srl indagini geognostiche - servizi di geologia tecnica e geofisica applicata per l'ingegneria
17047 Vado Ligure (SV) Via Piave, 33 Tel. +39 019.880440 Fax +39 019.880441 e-mail: info@terrageo.it
Sede legale: 17100 Savona Via Ratti, 1/16 Cap. Sociale € 110.000,00 i.v. Reg. delle Imprese C.C.I.A.A. Savona Codice Fiscale e Partita Iva 01094630090

INDICE

1. PREMESSA **3**

2. INDAGINI ESEGUITE: STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE **3**

2.1. DESCRIZIONE DEL METODO *3*
2.2. MODALITÀ OPERATIVE *4*
2.3. RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA *5*
Sezione sismostratigrafica "AE1" 5
Sezione sismostratigrafica "AE2" 6
Sezione sismostratigrafica "AE3" 7
Sezione sismostratigrafica "AE4" 8

ALLEGATI:

Tav. 1: Estratti planoaltimetrici con ubicazione generatori eolici e stendimenti sismici, scala 1:1000 – 1:1000
Tav. 2: Stendimento sismico SS1: dromocrone e sezione sismostratigrafica, scala 1:500
Tav. 3: Stendimento sismico SS2: dromocrone e sezione sismostratigrafica, scala 1:500
Tav. 4: Stendimento sismico SS3: dromocrone e sezione sismostratigrafica, scala 1:500
Tav. 5: Stendimento sismico SS4: dromocrone e sezione sismostratigrafica, scala 1:500

1. PREMESSA

La società a responsabilità limitata AEVENTO di Savona ha incaricato la scrivente società TERRA srl di Vado Ligure dell'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche a supporto del progetto di realizzazione di un nuovo parco eolico in località "Baraccone" nei Comuni di Quiliano e di Altare, Provincia di Savona.
La campagna geognostica ha compreso n° 5 stendimenti sismici a rifrazione a 12 canali in onde di pressione "p".
E' stata definita una geometria di stendimento "standard", che è risultata efficace ed adeguata ai cinque siti studiati in termini sia di sviluppo sul terreno sia di profondità investigata (direttamente dipendente dalla lunghezza stessa dello stendimento): ad uno "*geophone-spacing*" di 4.0 m sono stati associati *offset* di 8.0 m, raggiungendo una lunghezza complessiva di stendimento in pianta (compreso tra gli *shot* esterni) di 60.0 m.
L'ubicazione delle indagini, concordata preventivamente con il geologo consulente della Committenza dott. Diego Minuto, è apprezzabile nella planimetria allegata in Tav. 1.
Si noterà come alcuni stendimenti, in particolare quello denominato AE2 e, parzialmente, AE3, non risultano ubicati in precisa corrispondenza del posizionamento dei generatori eolici. La motivazione risiede in alcuni modesti spostamenti dei generatori stessi richiesti dai Funzionari dell'Ente preposto al rilascio delle autorizzazioni (Regione Liguria) in data successiva alla registrazione degli stendimenti sismici. Gli stendimenti sono stati infatti ubicati in funzione dei capisaldi che indicavano il posizionamento originariamente previsto per i generatori.
Nel seguito si espone una breve relazione di commento alle indagini eseguite ed ai risultati ottenuti, rappresentati nella documentazione grafica allegata.

2. INDAGINI ESEGUITE: STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE

2.1. DESCRIZIONE DEL METODO

Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie.
Sempre presso la superficie vengono disposti - a distanza reciproca nota e normalmente costante - particolari sensori, chiamati *geofoni*, in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel terreno a seguito della generazione dell'onda elastica; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest'ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i "sismogrammi" sotto forma di *files*.
I sismogrammi sono visualizzabili in un grafico binario nel quale vengono rappresentati per ogni canale (ognuno corrispondente ad un geofono) il dominio dei tempi sull'asse orizzontale (nell'ambito della "finestra di campionamento" scelta) e l'ampiezza del segnale elettrico (± mV) sull'asse verticale.
La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore) oppure avere subito una o più "total-rifrazioni" presso superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento (le riflessioni, nel presente metodo, non vengono considerate).
Oltre una certa distanza definita "critica" i raggi rifratti raggiungeranno i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, nonostante il tragitto sia più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia.
La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.
La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza della registrazione, ecc.) è definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo nei pressi e del fine dell'indagine.
Il metodo permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento geofonico fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa 1/3 dello sviluppo lineare dello stesso, intendendo per "sviluppo lineare" la distanza tra il primo e l'ultimo geofono.
Il metodo presuppone come elemento imprescindibile alla base della trattazione un incremento della velocità di propagazione delle onde elastiche con la profondità: non potranno essere individuate eventuali inversioni di velocità.

I tempi impiegati dagli impulsi elastici per percorrere, in via diretta o attraverso fenomeni di rifrazione, lo spazio compreso tra il punto sorgente ed i geofoni sono graficati su diagrammi (dromocrone) nei quali risultano leggibili le posizioni dei singoli geofoni in ascisse (proiettate sul piano orizzontale) ed i tempi - espressi in millesimi di secondo - in ordinate.
Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità reali di propagazione dei fronti d'onda degli impulsi sismici alle varie profondità.
Le velocità sismiche sono generalmente proporzionali al grado di densità dei terreni entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.
I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi - intercetta, alla pendenza delle curve in dromocrona ed alle variazioni di tempo sulle stesse, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei singoli livelli rifrangenti fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.
Note le velocità sismiche delle onde di compressione entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione degli spessori degli orizzonti sismici al di sotto dello sviluppo della stesa può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.
L'interpretazione dei dati viene condotta, nello specifico caso, con il supporto della tecnica di modellizzazione "*Intercept-Time*".

2.2. MODALITÀ OPERATIVE

Le caratteristiche specifiche degli stendimenti che costituiscono la campagna di indagine sismica, eseguita nei giorni 20 e 21 maggio 2010, sono riportate nella tabella seguente.

distanza g1 - g12 (m)	offset (m)	lunghezza totale (m)	n° shot points	g spacing (m)	n° geofoni
44.0	8.0	60.0	5	4.0	12

L'acquisizione e le successive fasi di elaborazione, interpretazione e restituzione grafica sono state curate dal redattore del presente rapporto tecnico.
Il rapporto segnale/disturbo è risultato ottimo, in virtù della grande distanza da fonti di disturbo (antropico e non) di qualsiasi tipo: è stato pertanto possibile ottenere uno standard di indagine qualitativamente molto elevato.
Lo sviluppo lineare complessivo delle prospezioni è pari a 300.0 m.
In origine il numero di stendimenti previsto e concordato era di sei, ma a seguito di nuove decisioni da parte della Committenza (condizionate dalle richieste dei Funzionari della Regione) è stato ridotto a cinque.
Sono state effettuate energizzazioni all'interno ed all'esterno degli stendimenti secondo gli usuali schemi di acquisizione (cfr.: Tavole 2÷6: dromocrone).
La registrazione dei dati é stata effettuata mediante un sismografo Seismic Source "DaqLink III" di ultima generazione, corredato di pc portatile, cavo a 24 *takeouts* SunFull e geofoni verticali SunFull 40 Hz.



Sistema di acquisizione Seismic Source Daq Link III

Le energizzazioni del terreno sono state effettuate mediante percussioni di massa battente (mazza con testa da 8 kg) su piastra di acciaio. La lettura di tutti i tempi relativi ai primi arrivi delle onde di compressione P é stata effettuata con routine automatica e controllo manuale da tastiera.
I tempi zero di energizzazione sono stati rilevati mediante l'utilizzo di *shock – sensor* PKS vincolato alla testa della mazza.
La registrazione e la lettura dei primi arrivi delle onde di pressione "p" é stata effettuata mediante utilizzo del software "*Vibrascope – Seismic Data Acquisition System*" prodotto e commercializzato dalla *Seismic Source*.

2.3. RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA

La finalità specifica dell'indagine è rappresentata essenzialmente dal conseguimento di informazioni relative alla successione stratigrafica locale ed alle caratteristiche fisico - meccaniche (in particolare lo stato di densità) dei terreni: ai valori delle velocità sismiche misurate è infatti possibile associare un significato nei riguardi del grado di compattezza dei materiali contestualmente alle caratteristiche geolitologiche esistenti nell'area in esame.
Ai vari sismostrati è stato associato un significato geologico – stratigrafico sulla base delle evidenze geologiche apprezzabili in affioramento e delle condizioni geomorfologiche locali.
Si rimanda agli elaborati grafici allegati (Tavole 2÷6: sezioni sismostratigrafiche) per l'analisi dei risultati ottenuti.
Gli stendimenti sismici acquisiscono i nomi dei generatori eolici ai quali si riferiscono.

Sezione sismostratigrafica "AE1"



Stendimento sismico AE1, tratto iniziale (punto di inquadratura: offset presso geofono 1)

L'orizzonte superficiale, ascrivibile alle coperture eluviali sciolte (Vp = 0.27 – 0.42 km/s), è di potenza estremamente contenuta in quanto compresa tra 0.5 m e 1.0 m.
Il primo rifrattore (secondo sismostrato: Vp = 0.72 – 0.93 km/s) è con ogni probabilità associabile all'orizzonte maggiormente destrutturato – alterato del bedrock in posto e può essere descritto come un livello detritico parzialmente cementato. La potenza dello stesso varia da un minimo di circa 1.30 m ad un massimo di circa 2.70 m, individuato presso l'estremo iniziale (sottostante il geofono 1).
Il terzo sismostrato è riferibile al substrato roccioso in posto le cui caratteristiche fisico – meccaniche medie possono essere descritte come "scadenti – discrete" (classi geomeccaniche IV-III di Bieniawski) sulla base di correlazioni empiriche tra i *range* di velocità delle onde di pressione (nello specifico: Vp = 1.28 – 1.56 km/s) e le classi geomeccaniche di appartenenza ("*rippability charts*") diffusamente presenti in Letteratura.
La potenza dell'orizzonte varia tra un minimo di circa 5.5 m – 6.0 m ad inizio stendimento ed un massimo di circa 10.0 m a fine stendimento (sottostante il geofono 12).

Il basamento rifrangente profondo (Vp = 2.42 – 2.80 km/s), associabile a substrato roccioso in condizioni geomeccaniche buone – ottime, è infine presente a profondità dal piano campagna comprese tra 8.0 m circa (verticale passante per il geofono 4) e 13.0 m circa (fine stendimento).
Si ritiene di poter indicare il rifrattore più profondo come recettore ideale di fondazioni profonde, che saranno verosimilmente utilizzate per i generatori eolici considerando l'altezza fuori terra prevista per gli impianti.

Sezione sismostratigrafica "AE2"



Stendimento sismico AE2, tratto iniziale (punto di inquadratura: offset presso geofono 1)

Lo sviluppo dello stendimento, come visibile dalla planimetria di Tav. 1, è prossimo ma non coincidente con l'ubicazione definitiva del generatore "AE2". In ogni caso i risultati possono essere considerati esaustivi vista l'omogeneità delle caratteristiche geomorfologiche locali.
La successione sismostratigrafica è molto simile a quella già descritta per "AE1", con velocità leggermente superiori presso ogni orizzonte che stanno ad indicare condizioni fisico – meccaniche mediamente migliori.
Il sismostrato di riferimento per eventuali fondazioni profonde, comunque, resta quello più profondo (Vp = 2.52 – 2.85 km/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche buone – ottime). Esso è stato individuato a profondità (riferite al piano campagna) comprese tra 8.50 m circa e 12.0 m circa.

Sezione sismostratigrafica "AE4"



Stendimento sismico AE4, tratto iniziale
(punto di inquadratura: offset presso geofono 1)

In questo stendimento scompare, in pratica, l'orizzonte eluviale costituito da terreni sciolti: il livello superficiale, potente da 0.6 m a 2.2 m, presenta velocità già associabili ad un orizzonte detritico parzialmente cementato (Vp = 0.76 – 0.84 km/s: substrato roccioso intensamente alterato – destrutturato).
Il primo rifrattore (secondo sismostrato) è associabile al bedrock in condizioni geomeccaniche discrete – buon (Vp = 1.78 – 2.00 km/s).
Il rifrattore più profondo è senza dubbio riferibile al substrato in condizioni geomeccaniche buone – ottime (Vp = 3.02 – 3.15 km/s): in questo caso esso è presente a profondità dal piano campagna più ridotte, comprese tra 5.2 m (inizio stesa) e 8.2 m circa (fine stesa).
: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche buone – ottime). La successione sismostratigrafica è molto simile a quella già descritta per "AE1", con velocità leggermente superiori presso ogni orizzonte che stanno ad indicare condizioni fisico – meccaniche mediamente migliori.
Il sismostrato di riferimento per eventuali fondazioni profonde, comunque, resta quello più profondo (Vp = 2.52 – 2.85 km/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche buone – ottime). Esso è stato individuato a profondità (riferite al piano campagna) comprese tra 8.50 m circa e 12.0 m circa. Quest'ultimo rappresenta nuovamente l'orizzonte di riferimento per eventuali fondazioni profonde.

Sezione sismostratigrafica "AE3"



Stendimento sismico AE4, tratto iniziale (punto di inquadratura: offset presso geofono 1)

In quest'ultimo caso, invece, il rifrattore associabile al substrato in condizioni geomeccaniche buone – ottime non risulta presente entro la massima profondità investigabile attraverso lo stendimento: il sismostrato caratterizzato da velocità maggiori (Vp = 2.00 – 2.25 km/s) è associabile a condizioni geomeccaniche discrete – buone ed è presente a partire da profondità riferite al piano campagna comprese tra 6.0 m e 8.0 m circa.
Eventuali fondazioni profonde, a parere dello scrivente, dovrebbero essere immorsate in tale orizzonte per una profondità significativa.

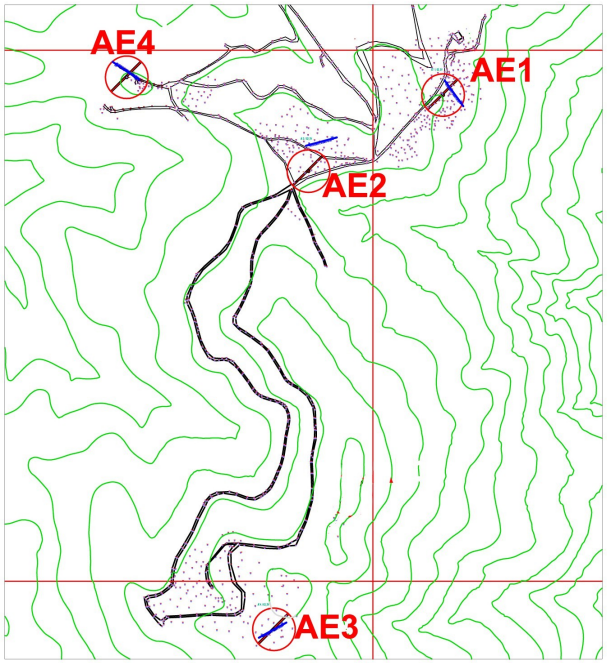
Vado Ligure, 28 Giugno 2009

Il redattore: geologo dott. Giorgio Lombardi

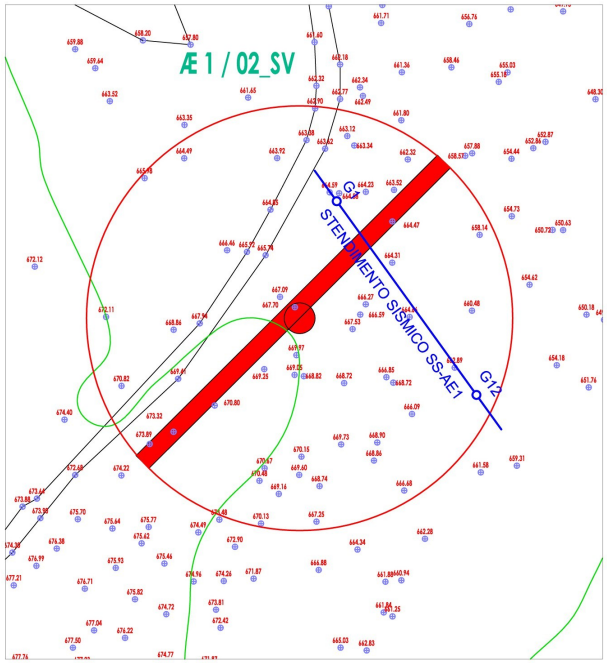
Per approvazione: geologo dott. Enrico Isetta

ESTRATTI PLANOALTIMETRICI CON UBICAZIONE GENERATORI EOLICI E STENDIMENTI SISMICI

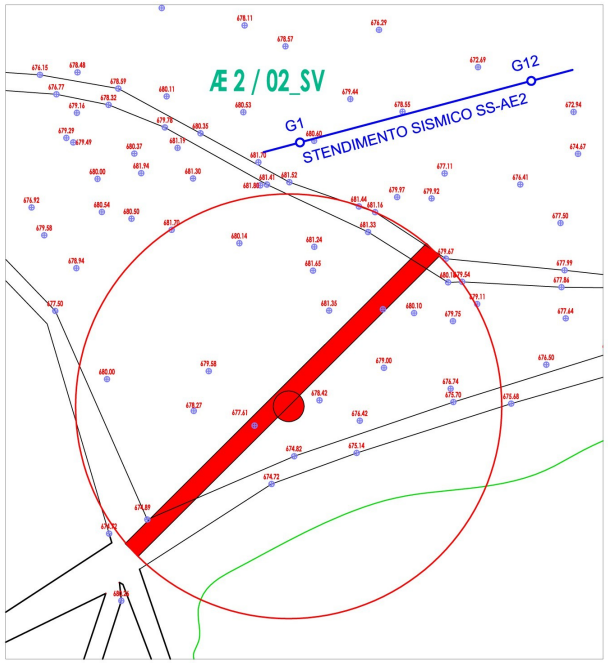
VISIONE D'INSIEME, SCALA 1:10000



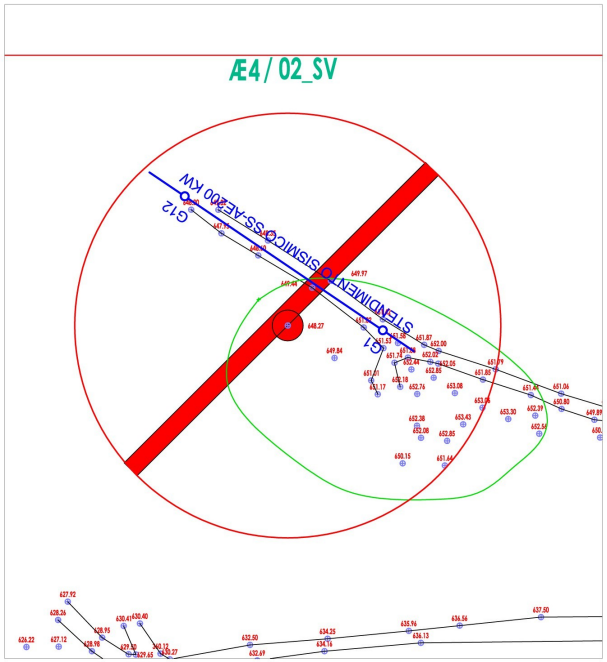
GENERATORE AE1 E STENDIMENTO SISMICO, SCALA 1:1000



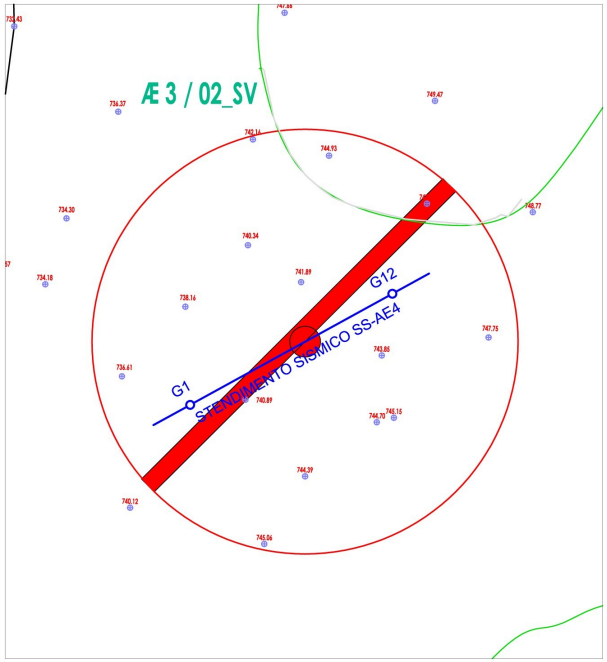
GENERATORE AE2 E STENDIMENTO SISMICO, SCALA 1:1000



GENERATORE AE4 E STENDIMENTO SISMICO, SCALA 1:1000

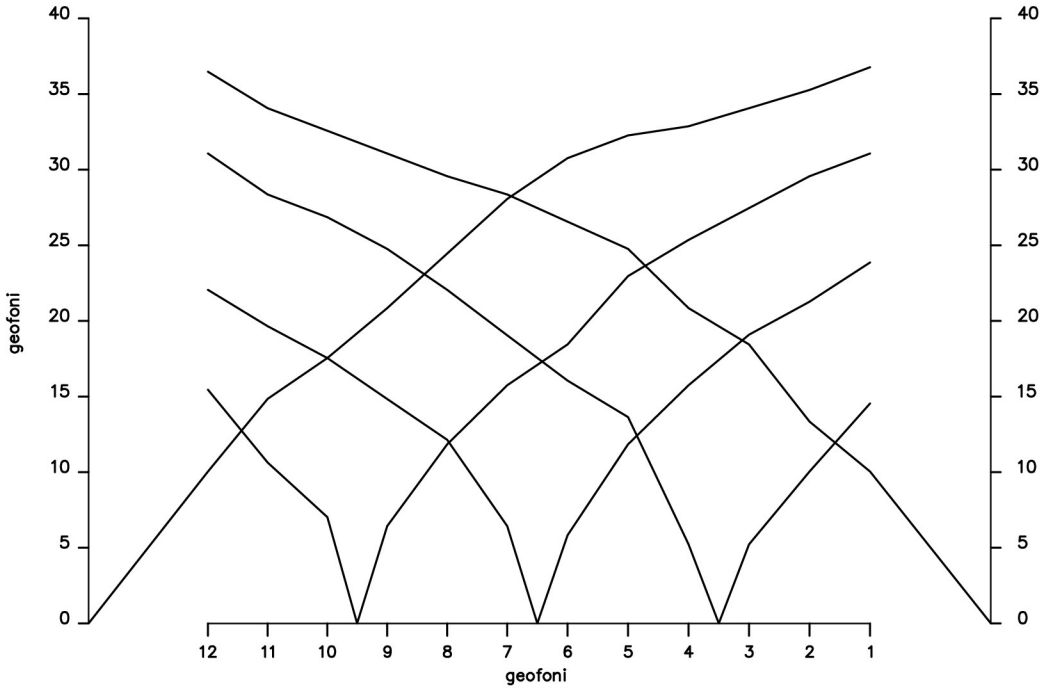


GENERATORE AE3 E STENDIMENTO SISMICO, SCALA 1:1000

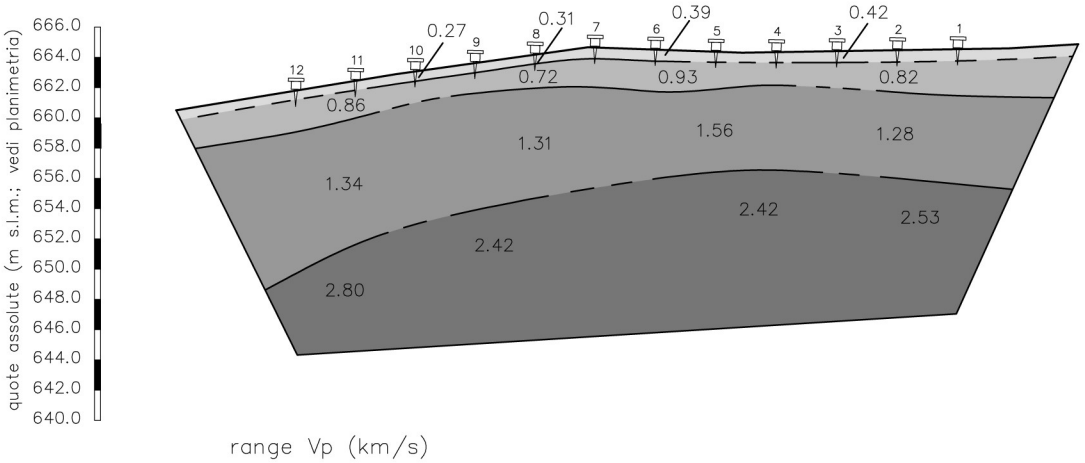


codice lavoro: 1005I028

STENDIMENTO SISMICO "AE1": DROMOCRONE, SCALA 1:500



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA "AE1", SCALA 1:500

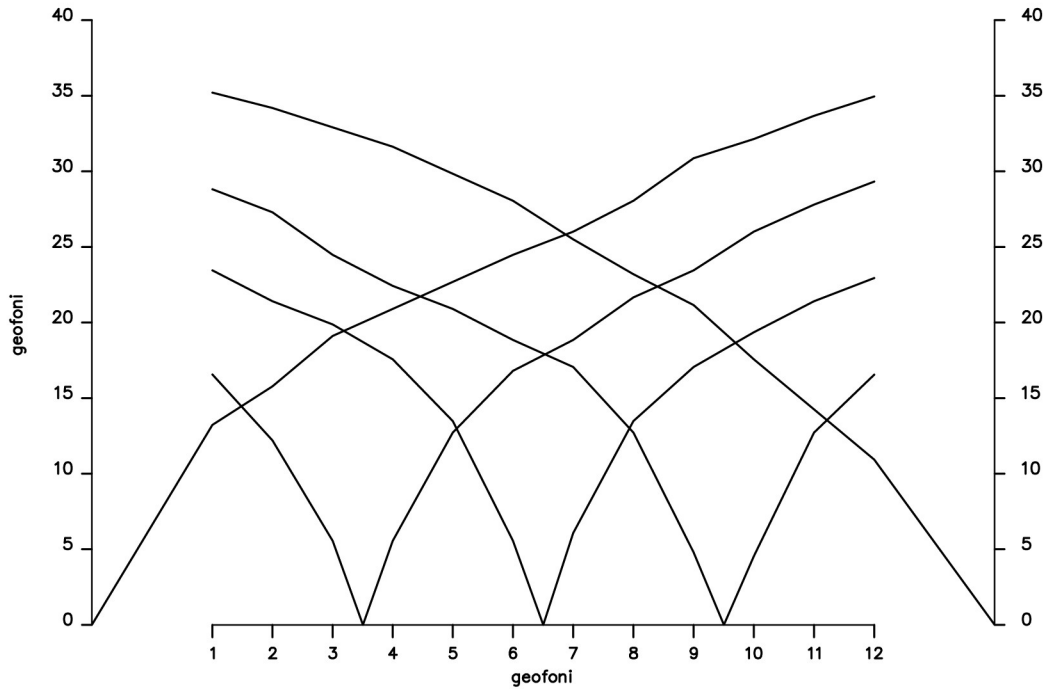


range Vp (km/s)

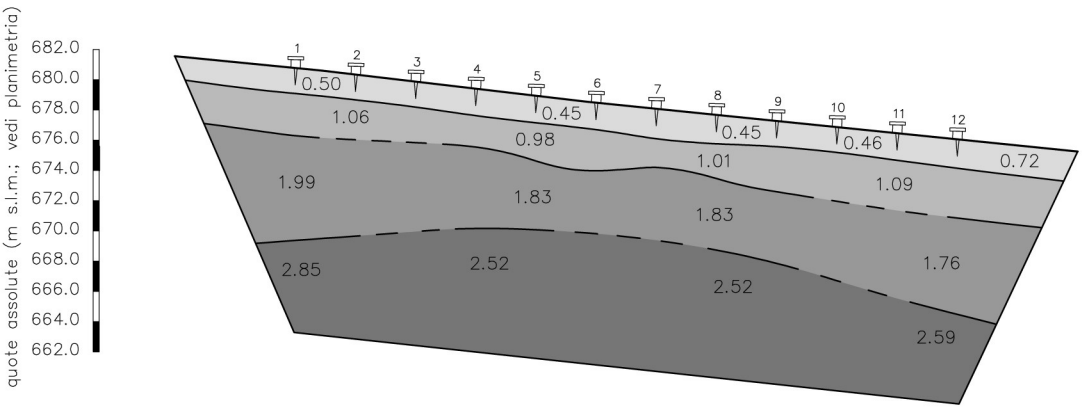
0.27–0.42:	coperture eluviali.
0.72–0.93:	orizzonte maggiormente alterato–destrutturato del substrato roccioso (materiale detritico parzialmente cementato).
1.28–1.56:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente scadenti–discrete.
2.42–2.80:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente buone–ottime.

codice lavoro: 1005I028

STENDIMENTO SISMICO "AE2": DROMOCRONE, SCALA 1:500



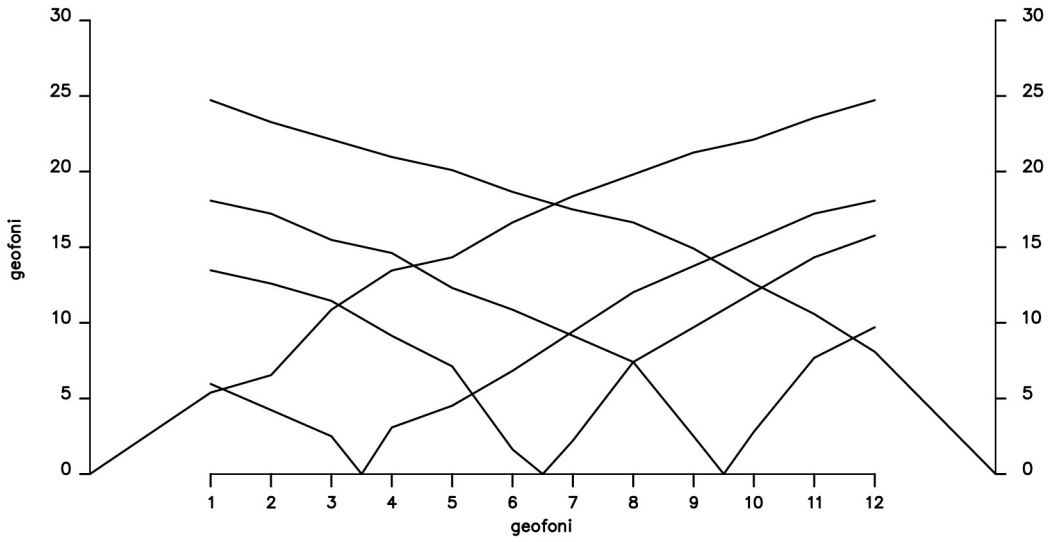
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA "AE2", SCALA 1:500



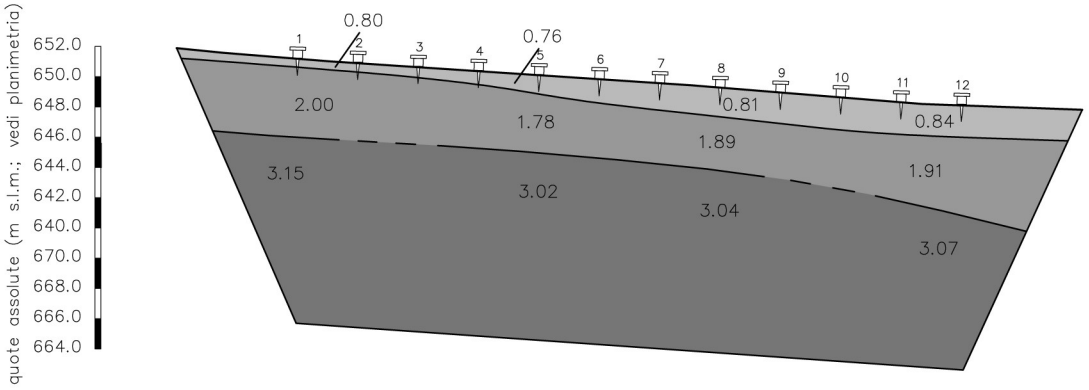
range Vp (km/s)

	0.45–0.72:	coperture eluviali prevalentemente detritiche.
	0.98–1.09:	orizzonte maggiormente alterato–destrutturato del substrato roccioso (materiale detritico parzialmente cementato).
	1.76–1.99:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente discrete–buone.
	2.52–2.85:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente buone–ottime.

STENDIMENTO SISMICO "AE4": DROMOCRONE, SCALA 1:500



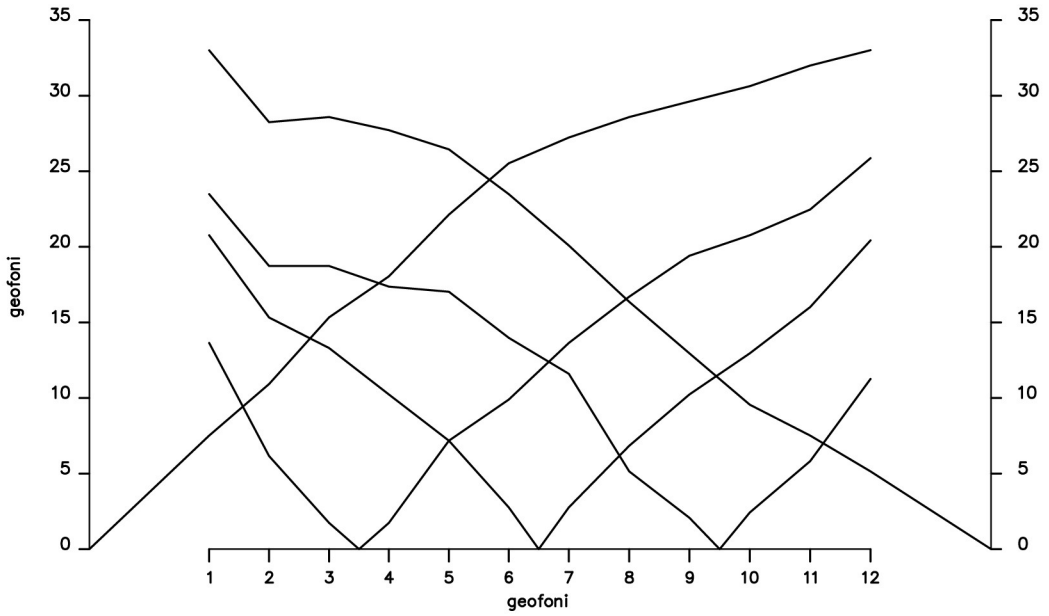
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA "AE4", SCALA 1:500



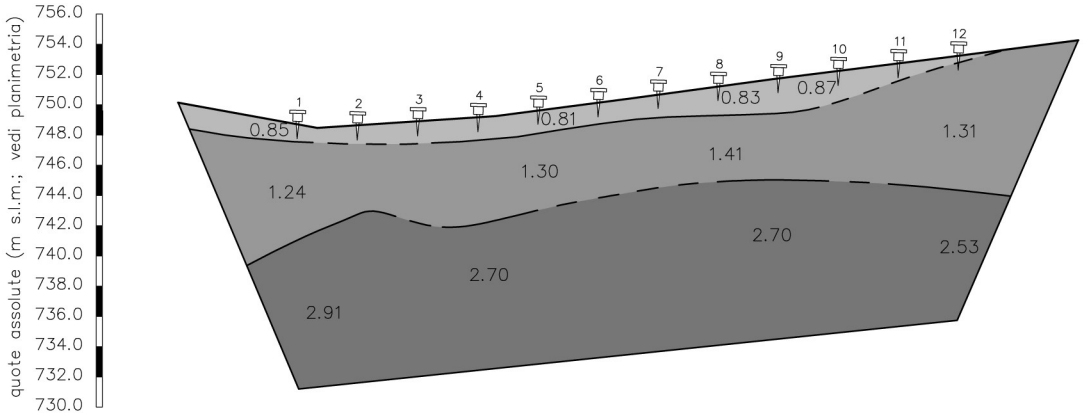
range Vp (km/s)

0.76–0.84:	orizzonte maggiormente alterato–destrutturato del substrato roccioso (materiale detritico parzialmente cementato).
1.78–2.00:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente discrete–buone.
3.02–3.15:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente buone–ottime.

STENDIMENTO SISMICO "AE3": DROMOCRONE, SCALA 1:500



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA "AE3", SCALA 1:500



range Vp (km/s)

0.81–0.87:	orizzonte maggiormente alterato–destrutturato del substrato roccioso (materiale detritico parzialmente cementato).
1.24–1.41:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente scadenti–discrete.
2.53–2.91:	substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie verosimilmente buone–ottime.