
Pro.Geo. s.r.l.



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



COMUNE DI
CASTELNUOVO DI GARFAGNANA
PROVINCIA DI LUCCA

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
ESEGUITE IN LOCALITÀ TORRITE**

- RELAZIONE TECNICA -

PRO.GEO. s.r.l.
Dott. Geol. AMERINO PIERONI

NOVEMBRE 2013

Rif. PG128_2013

INDICE

1. PREMESSA	2
2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	2
3. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE CON ONDE P E ONDE SH	5
3.1. La metodologia di indagine	5
3.2. Sistema di acquisizione	7
3.3. Elaborazione dei dati – Metodo tomografico	9
3.4. Schema di acquisizione	10
3.5. Risultati delle prospezioni sismiche.....	11
4. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI.....	12
4.1. La metodologia di indagine	12
4.2. Strumentazione.....	15
4.3. Vantaggi della registrazione multicanale	16
4.4. Descrizione generale della procedura MASW	17
4.5. Schema di acquisizione	18
4.6. Risultati della prova sismica MASW	18
5. MISURA DI RUMORE AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR).....	20
5.1. Cenni sulla metodologia della tecnica HVSR	20
5.2. Strumentazione.....	21
5.3. Elaborazione della misura e restituzione dei dati.....	22
5.4. Risultati della misura HVSR.....	23

Allegati

- all. 1: Inquadramento topografico dell'area (scala 1:10.000)
- all. 2: Planimetria di ubicazione delle indagini geonostiche e geofisiche (scala 1:500)
- all. 3: Tabulati e grafici delle prove penetrometriche dinamiche DPSH
- all. 4: Prospezione sismica a rifrazione con onde SH (sezione sismica ST1)
- all. 5: Prospezione sismica a rifrazione con onde P (sezione sismica ST2)
- all. 6: Prova sismica MASW (sezione sismica M1)
- all. 7: Schede di elaborazione della misura di rumore ambientale (metodo HVSR)
- all. 8: Documentazione fotografica

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica riguarda le indagini geognostiche e geofisiche eseguite per conto dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CASTELNUOVO DI GARFAGNANA (LU), in località Torrite (*all. 1*); tali indagini, eseguite allo scopo di ricostruire la successione stratigrafica ⁽¹⁾ e valutare i parametri fisici e geotecnici dei terreni presenti, sono state svolte secondo il seguente programma:

- in data 01.04.2009: esecuzione di n. 3 **prove penetrometriche** dinamiche superpesanti (DPSH) spinte fino alle profondità di 7,20 m (P₁), 4,00 m (P₂) e 3,80 m (P₃) dal p.c. (*all. 3*);
- in data 03.04.2009: esecuzione di n. 1 **prospezione sismica a rifrazione** con onde SH (ST1), tramite stendimento di lunghezza pari a 55,0 metri (12 canali; interasse: 5,0 m) (*all. 4*);
- in data 25.11.2013: esecuzione di n. 1 **prospezione sismica a rifrazione** con onde P (ST2), tramite stendimento di lunghezza pari a 69,0 metri (24 canali; interasse: 3,0 m) (*all. 5*);
- in data 25.11.2013: esecuzione di n. 1 **prova MASW** ⁽²⁾ (M1) tramite stendimento di lunghezza pari a 69,0 metri (24 canali; interasse: 3,0 m) (*all. 6*); quest'ultima allo scopo di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali (V_s), dalla quale ricavare il parametro V_{S30} (velocità media delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri sotto la superficie del terreno);
- in data 22.11.2013: esecuzione di n. 1 **misura di rumore ambientale a stazione singola** (*metodo HVSR*) ⁽³⁾, eseguita a metà della stesa sismica ST2 (*all. 7*).

2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici

<i>Tipo</i>	<i>Sigla di riferimento</i>	<i>Peso massa battente M (Kg)</i>
Leggero	DPL (Light)	M < 10
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M > 60

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche è stato utilizzato un penetrometro dinamico superpesante (DPSH) (PAGANI mod. TG 63-200) le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

⁽¹⁾ Si ricorda che le classificazioni geologiche dei vari livelli individuati (ove proposte) sono puramente indicative. Le prove eseguite mirano infatti, unicamente, alla caratterizzazione geotecnica dei materiali attraversati.

⁽²⁾ Multichannel Analysis of Surface Waves = Analisi Multicanale delle Onde Superficiali.

⁽³⁾ Horizontal to Vertical Spectral Ratio = Rapporto Spettrale tra componenti Orizzontale e Verticali (H/V).

Rif. Norme:	DIN 4094
Peso massa battente (maglio):	63,5 Kg
Altezza di caduta libera (volata):	0,75 m
Peso sistema di battuta (massa passiva):	0,63 Kg
Diametro punta conica:	51 mm
Area base punta conica:	20,43 cm ²
Angolo apertura punta:	90°
Lunghezza singola asta:	1,0 m
Peso singola asta:	6,31 Kg
Profondità giunzione 1 ^a asta:	0,40 m
Avanzamento punta:	0,20 m
Numero di colpi punta:	N(20) (relativo all'avanzamento)
Rivestimento/Fanghi:	No
Coefficiente di correlazione:	1,472

Con le tre prove penetrometriche dinamiche, i risultati delle quali sono esposti in dettaglio nei tabulati in *allegato 3*, sono stati attraversati terreni prevalentemente incoerenti, appartenenti ai depositi alluvionali recenti (“*all_l*”) ⁽⁴⁾ per uno spessore massimo di 7,20 m; tali depositi sono costituiti in prevalenza da limi sabbiosi sciolti nei livelli più superficiali e maggiormente addensati più in profondità.

Come si può notare dai grafici ottenuti, infatti, è stato attraversato un primo livello di *limi sabbiosi sciolti (strato 1)*, di spessore variabile da 2,4 m (P₃) a 4,0 m (P₁). In questo livello il numero dei colpi (N), registrato per 20 cm di infissione, risulta generalmente basso e compreso tra 1 e 4 ($N_{SPT} = 2,4 \div 3,3$); allo stesso modo, la resistenza dinamica alla punta (R_{pd}), ricavata in base alla formula “olandese”, assume valori molto bassi in tutto questo orizzonte, risultando in genere compresa tra 8 e 15 Kg/cm².

Al di sotto di questo orizzonte, fino a profondità comprese tra 3,8 m (P₃) e 6,6 m (P₁), si incontra un'intercalazione di limi sabbiosi più addensati con ghiaie e ciottoli diffusi ($N_{SPT} = 10,6$).

In corrispondenza della prova P₁, infine, a profondità superiori a 6,6 m, si verifica un aumento della resistenza del terreno, messo in evidenza da un netto incremento di N, con valori superiori a 15÷20 ($N_{SPT} = 31,3$), in corrispondenza dell'orizzonte costituito in prevalenza da *limi sabbiosi addensati con ghiaie e ciottoli poligenici diffusi (strato 3)*. In questo strato, la resistenza alla punta (R_{pd}) aumenta sensibilmente, raggiungendo valori superiori a 100 Kg/cm².

⁽⁴⁾ Per la caratterizzazione litostratigrafica si è fatto riferimento alla cartografia geologica disponibile per l'area d'interesse, in particolare alla *Carta geologica e carta della franosità del bacino del Fiume Serchio* - AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME SERCHIO (agg. Dicembre 2010).

Durante la realizzazione delle tre prove penetrometriche, inoltre, non è stata rilevata la presenza di falda acquifera, ma una consistente umidità del terreno per tutto lo spessore indagato.

Il fatto di non aver riscontrato presenza di acqua sulle aste, durante l'operazione di recupero delle stesse e quindi la presenza di falda, messa in evidenza viceversa dalla prospezione sismica a rifrazione con onde P (*cf.* § 3.5), può essere messo in relazione al ritardo con il quale l'acqua fluisce all'interno del foro di perforazione; tale tempo di "richiamo" dipende direttamente dalla granulometria, prevalentemente fine, della matrice dei terreni attraversati e quindi dal grado di trasmissività dell'acquifero in oggetto.

Di seguito vengono riassunte le successioni stratigrafiche ricostruite:

Prova P1:

<u><i>prof. dal p.c. (m):</i></u>	<u><i>litotipo:</i></u>
0,00 – 4,00:	<i>Limi sabbiosi sciolti con rari ciottoli eterometrici (depositi alluvionali recenti).</i>
4,00 – 6,60:	<i>Limi sabbiosi da poco a moderatamente addensati con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi (depositi alluvionali recenti).</i>
6,60 – 7,20:	<i>Limi sabbiosi addensati con ghiaie e ciottoli poligenici diffusi (ghiaie e conglomerati).</i>

Falda: assente (consistente umidità per tutti i 7,2 m dal p.c.)

Prova P2:

<u><i>prof. dal p.c. (m):</i></u>	<u><i>litotipo:</i></u>
0,00 – 3,20:	<i>Limi sabbiosi sciolti con rari ciottoli eterometrici (depositi alluvionali recenti).</i>
3,20 – 4,00:	<i>Limi sabbiosi addensati con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi (depositi alluvionali recenti).</i>

Falda: assente (consistente umidità per tutti i 4,0 m dal p.c.)

Prova P3:

prof. dal p.c. (m):

litotipo:

0,00 – 2,40:

Limi sabbiosi sciolti con rari ciottoli eterometrici (depositi alluvionali recenti).

2,40 – 3,80:

Limi sabbiosi da moderatamente addensati ad addensati con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi (depositi alluvionali recenti).

Falda: assente (consistente umidità per tutti i 3,8 m dal p.c.)

Nei tabulati e nei grafici allegati alla presente relazione, infine, viene riportata nel dettaglio l'elaborazione dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche (*all. 3*).

3. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE CON ONDE P E ONDE SH

3.1. La metodologia di indagine

Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o “di compressione e dilatazione”) e delle onde trasversali (onde SH o “di taglio”) per determinare lo spessore e l'andamento dei diversi strati del terreno.

La prospezione consiste nel generare nel terreno un'onda sismica di compressione o di taglio, utilizzando una sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, cannoncino sismico, ecc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo, dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*), seguendo le leggi di rifrazione (Legge di Snell), cioè considerando le rifrazioni che l'onda stessa subisce in corrispondenza delle superfici di separazione tra due strati sovrapposti aventi densità (ovvero moduli di elasticità) crescenti con la profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (*base sismica*) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono.

Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo.

Utilizzando metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (*V_p*) o trasversali (*V_s*), risalendo allo spessore dei terreni attraversati.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo dipende da diversi fattori; in uno stesso tipo di roccia, ad esempio, la velocità può diminuire od aumentare con la profondità in funzione del grado di alterazione e/o fratturazione.

Sensibili variazioni, inoltre, si possono avere nei terreni incoerenti saturi; la velocità delle onde P, infatti, è fortemente influenzata dalla presenza della falda e dal grado di saturazione.

Questo comporta che litotipi differenti possono avere uguali velocità delle onde P, per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Per il metodo sismico a rifrazione, inoltre, valgono le seguenti considerazioni:

- un livello a velocità intermedia, interposto fra uno strato superiore caratterizzato da velocità minore ed uno inferiore caratterizzato da velocità assai più elevata, può risultare non rilevabile, poiché mascherato dagli "arrivi" dello strato sottostante (effetto dello strato nascosto e/o "zona oscura");

- un determinato orizzonte può non essere individuato se la velocità di trasmissione delle onde P al suo interno risulterà inferiore a quella dei livelli sovrastanti (effetto della inversione della velocità);

- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni può non essere rilevabile;

- aumentando la spaziatura dei geofoni (e quindi la lunghezza della linea sismica), aumenta la profondità di investigazione, ma può ridursi la precisione nella determinazione della profondità e dello spessore dei vari orizzonti;

- la velocità delle onde P misurata nei terreni perfettamente saturi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale (acqua) e non dallo scheletro solido del materiale e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione; viceversa, la velocità delle onde S e delle onde di superficie dipende strettamente dalle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e perciò maggiormente rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno.

Ne consegue che per alcuni materiali sotto falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidezza del terreno sono quelle di taglio (SH) e subordinatamente quelle superficiali (*cfr.* § 4).

Il dato sismico può raggiungere una maggiore precisione ed una significatività più elevata se si dispone di sondaggi di taratura.

3.2. Sistema di acquisizione

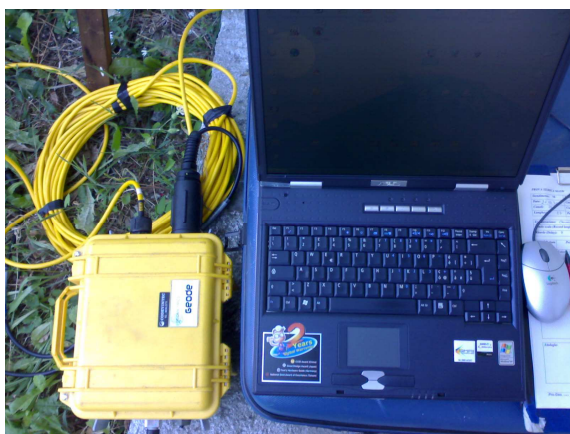
L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- sismografo;
- sorgente energizzante;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione (24 geofoni).

Sismografo

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un sismografo GEOMETRICS GEODE a 24 canali, le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

Registrazione:	Configurabile da 3 a 24 canali
Risoluzione:	24 bit
Larghezza di banda di ingresso:	1,75 Hz – 20.000 Hz
Intervalli di campionamento:	Selezionabili da 0,02 msec a 16 msec
Range dinamico di sistema:	144 dB (110 dB misurato a 2 msec)
Distorsione:	0,0005%
Accuratezza del trigger:	1/32 del passo di campionamento
Alimentazione:	Batterie esterne a 12 volt
Unità centrale di controllo:	Collegamento con PC notebook



Sismografo GEOMETRICS GEODE

Sorgente energizzante

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati:

<i>TIPO DI ONDA</i>	<i>SORGENTE DI ENERGIZZAZIONE</i>
onde P longitudinali (di compressione e dilatazione)	cannoncino sismico
onde SH trasversali (onde di taglio)	traversina in legno solidale al terreno e maglio di battuta da 30 kg

Per la generazione delle onde P (longitudinali) è stato utilizzato un cannoncino sismico (calibro 8 industriale), la testa del quale viene inserita in un preforo verticale, curando che la testa del cannoncino stesso sia ben solidale con il terreno; il contrasto al rinculo è garantito da una piastra saldata allo stelo ed ancorata al suolo.

Per la generazione delle onde SH (trasversali) è stata utilizzata una traversina in legno solidale al terreno; l'accoppiamento della traversina con il terreno deve essere curato con particolare attenzione, caricando la traversina stessa con il peso di un automezzo.

La traversina viene colpita con un maglio battente del peso di 30 kg, fissato a pendolo, alternativamente su entrambi i lati (battute destra e sinistra); in questo modo verranno generate prevalentemente onde di taglio polarizzate su un piano orizzontale (onde SH), che si propagheranno perpendicolarmente alla traversina in direzione dello stendimento di geofoni e saranno visibili dagli stessi geofoni aventi l'asse posto orizzontalmente e parallelamente alla traversina.

Assieme alle onde trasversali (SH) saranno comunque generate e parzialmente registrate dai geofoni anche altri tipi di onde, in particolare onde compressive (P). Per meglio evidenziare i primi arrivi delle onde SH, attenuando contemporaneamente quelli delle onde P generate, è possibile utilizzare il metodo *cross-over*, utilizzando la funzione di inversione di polarità consentita dal sismografo Geometrics GEODE, ovvero facendo la differenza tra battuta destra e sinistra con polarità invertita; in questo modo si riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale, mentre viene esaltato il primo arrivo delle onde SH.

Un'altra tecnica di acquisizione e successiva analisi dei dati registrati consiste, viceversa, nell'acquisire due tracce separate relative alle battute destra e sinistra, senza invertirne la polarità e successivamente sovrapporre in un unico sismogramma le forme d'onda relative alle due battute trasversali; in questo caso il primo arrivo che avrà direzione esattamente opposta nelle due registrazioni sarà quello legato alle onde di taglio (SH).

Trigger

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter) nell'istante in cui il sistema energizzante genera la perturbazione sismica, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso della durata di qualche secondo, che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Apparecchiatura di ricezione

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali GS-20DM con frequenza propria di 14 Hz.

Per la ricezione delle onde SH sono stati utilizzati 24 geofoni orizzontali GS-20DM con frequenza propria di 14 Hz.

Le quote dei geofoni sono state rilevate mediante apposita livellazione.

3.3. Elaborazione dei dati – Metodo tomografico

Il metodo della tomografia sismica permette di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un elevato potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire stratigraficamente situazioni complesse, non risolvibili con differenti tecniche di indagine. L'analisi del gradiente di velocità effettuata sulla sezione tomografica, permette di evidenziare i principali passaggi stratigrafici e/o di consistenza.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basata sui tempi di primo arrivo e sulla geometria di acquisizione, come nella normale sismica a rifrazione.

Partendo da un modello di velocità iniziale, questo viene migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione, ovvero il minimo scarto, fra le dromocrone calcolate e quelle osservate.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei primi arrivi (“picking”) attraverso il software interno del sismografo “Geode” e/o con il modulo “Pickwin” del programma *SeisImager/2D*, operata prima in automatico e successivamente con aggiustamenti manuali, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione.

2. inserimento dei dati ed interpretazione (“processing”) attraverso il modulo “Plotrefa” del programma *SeisImager/2D*; questo esegue l'inversione tomografica dei dati, che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (*raypath*) e genera il modello di velocità (*sezione tomografica*).

3. “output” dei tabulati:

- dati di scoppio (ascissa e quota dei geofoni, ascissa e quota dei punti di energizzazione, tempi di primo arrivo);
- velocità calcolate alle diverse profondità.

4. “output” grafico dei sismogrammi registrati, delle dromocrone sismiche (misurate e calcolate), del percorso dei raggi sismici, del modello tomografico di velocità sismiche dei terreni (sezione sismica tomografica) e della sezione sismostratigrafica interpretativa.

3.4. Schema di acquisizione

- ST1 (12 canali): interasse tra i geofoni = 5 m; lunghezza = 55 metri.

Per questo stendimento, sono state effettuate 5 registrazioni in **onde SH**, con 5 punti di energizzazione posizionati come segue:

- due tiri esterni, ubicati alla distanza di - 10,0 m dal geofono G1 e + 10 m dal geofono G12;
- due tiri in corrispondenza dei geofoni estremi G1 e G12;
- un tiro interno, ubicato a metà dello stendimento.

- ST2 (24 canali); interasse tra i geofoni = 3 m; lunghezza = 69 metri (analogo a quello della prova MASW-M1).

Per questo stendimento, sono state effettuate 7 registrazioni in **onde P**, con 7 punti di scoppio posizionati come segue:

- due tiri esterni, ubicati rispettivamente alla distanza di - 15,0 m dal geofono G1 e + 15,0 m dal geofono G24;
- due tiri in corrispondenza dei geofoni estremi G1 e G24;
- tre tiri intermedi, ubicati rispettivamente fra i geofoni G6 e G7, a metà dello stendimento (tra G12 e G13) e tra i geofoni G18 e G19.

La qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona e tale da consentire la sicura individuazione dei primi arrivi sui sismogrammi (*all. 5*).

3.5. Risultati delle prospezioni sismiche

STENDIMENTO ST1 - ONDE SH

Nel dettaglio, con riferimento al *modello tomografico 2D* ricavato per le velocità sismiche dei terreni e alla *sezione sismostratigrafica ST1* (all. 4), la successione stratigrafica dei terreni ed i diversi intervalli di velocità delle onde SH registrate (Vsh) possono essere correlati secondo lo schema seguente:

- **strato 1**: dalla superficie fino alla profondità di **1,0÷1,2** m, caratterizzato da velocità molto basse ($V_{sh} \leq 200$ m/sec) e corrispondente al *suolo di alterazione e/o ai depositi molto sciolti più superficiali (aerato)*;

- **strato 2**: caratterizzato da velocità (Vsh) comprese tra 300 e 600 m/sec, correlabili con la presenza di *depositi alluvionali* costituiti in prevalenza da *limi sabbiosi sciolti*; la base di tale livello si rinviene alla profondità media di **4,0÷5,6** m dal p.c., con un approfondimento massimo fino a **7,6** m dal p.c. ubicato tra i geofoni G6 e G8;

- **strato 3**: questo orizzonte si riscontra a profondità medie superiori ai **4,0 ÷ 5,6** m dal p.c., fino ad una profondità massima di **7,6** m tra i geofoni G6 e G8; esso è caratterizzato da velocità (Vsh) superiori a 600 m/sec ed è riferibile, anche in base a sondaggi geognostici eseguiti nelle vicinanze ⁽⁵⁾, a *depositi alluvionali e/o fluvio-lacustri* più addensati, costituiti in prevalenza da *litici poligenici in matrice limoso-sabbiosa*.

Non è stato rilevato un terzo rifratore più veloce entro i primi 12÷15 m di profondità, corrispondente all'incirca alla massima profondità indagabile con la prospezione sismica in questione.

STENDIMENTO ST2 - ONDE P

Nel dettaglio, con riferimento al *modello tomografico 2D* ricavato per le velocità sismiche dei terreni e alla *sezione sismostratigrafica ST2* (all. 5), la successione stratigrafica dei terreni ed i diversi intervalli di velocità delle onde P registrate (Vp) possono essere correlati, anche sulla base delle prove penetrometriche eseguite, secondo lo schema seguente:

⁽⁵⁾ REGIONE TOSCANA - Programma DOCUP Toscana 2000-2006: Sondaggio geognostico S11 e indagine sismica Down-Hole in località "Boario" – Torrite (Castelnuovo di Garfagnana – LU).

- **strato 1:** dalla superficie fino a profondità variabili da **3,0** a **4,0** m dal p.c. andando dall'estremo G1 della stesa verso l'opposto G24, è presente uno strato caratterizzato da velocità (V_p) comprese tra circa 300 e 1.500 m/sec, correlabili con la presenza di *depositi alluvionali recenti sciolti/poco addensati*, costituiti in prevalenza da *limi sabbiosi con rari ciottoli eterometrici*; tali depositi sono posti al di sopra del probabile livello di falda acquifera ed interessati dalle oscillazioni stagionali della stessa;

- **strato 2:** caratterizzato da velocità (V_p) maggiori di 1.500 m/sec, correlabili con *depositi alluvionali recenti da moderatamente addensati a ben addensati*, costituiti in prevalenza da *limi sabbiosi con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi* e posti al di sotto del probabile livello di falda; esso è riscontrabile, per spessore indefinito, a profondità superiori ai **3,0÷4,0** m dal p.c.

In questo caso, le velocità delle onde P riscontrate al di sotto di tali profondità ($V_p > 1.500$ m/sec) non sono rappresentative delle proprietà meccaniche dei terreni indagati, dal momento che gli stessi depositi possono risultare parzialmente saturi e, come specificato al precedente punto 3.1, la stessa velocità (V_p) dipende, in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale (acqua) e non dallo scheletro solido del materiale; nel caso specifico, quindi, il grado di addensamento dei depositi viene assegnato sulla base delle prove penetrometriche eseguite e per analogia con le velocità registrate negli orizzonti sovrastanti.

La massima profondità indagata con la prospezione sismica in questione è stata di circa 7÷8 metri.

4. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

4.1. La metodologia di indagine

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali.

Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento.

Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente.

Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale.

Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso la MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente o un cannoncino sismico.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione.

Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

L'illustrazione di Fig. 1 mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale.

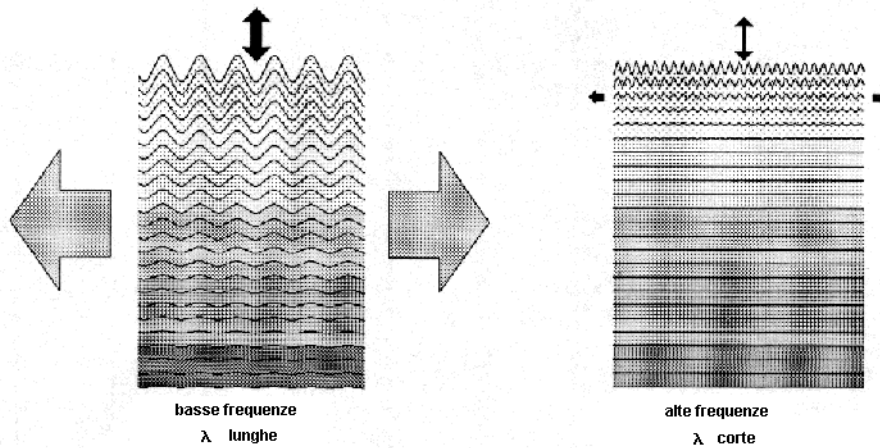


Fig. 1. Proprietà di dispersione delle onde superficiali

Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

4.2. Strumentazione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- sismografo GEOMETRICS GEODE a 24 canali, le cui caratteristiche tecniche sono riportate al paragrafo 3.2;
- sorgente energizzante (cannoncino sismico);
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione (24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz).

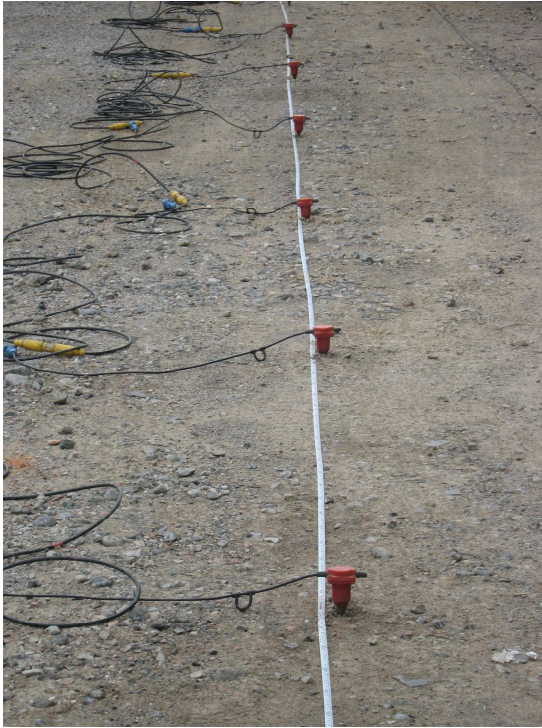
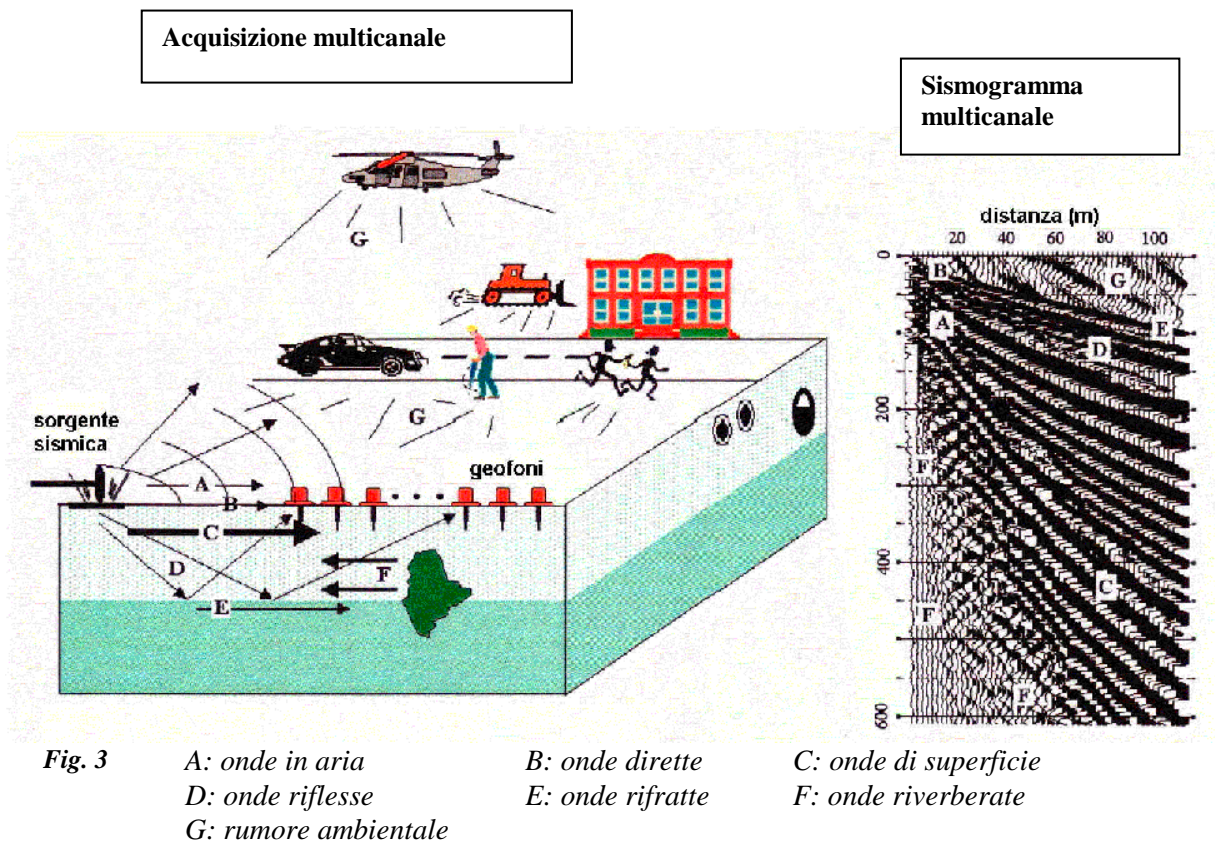


Fig. 2. Particolare di stesa con geofoni a 4,5 Hz per prova MASW

4.3. Vantaggi della registrazione multicanale



Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

4.4. Descrizione generale della procedura MASW

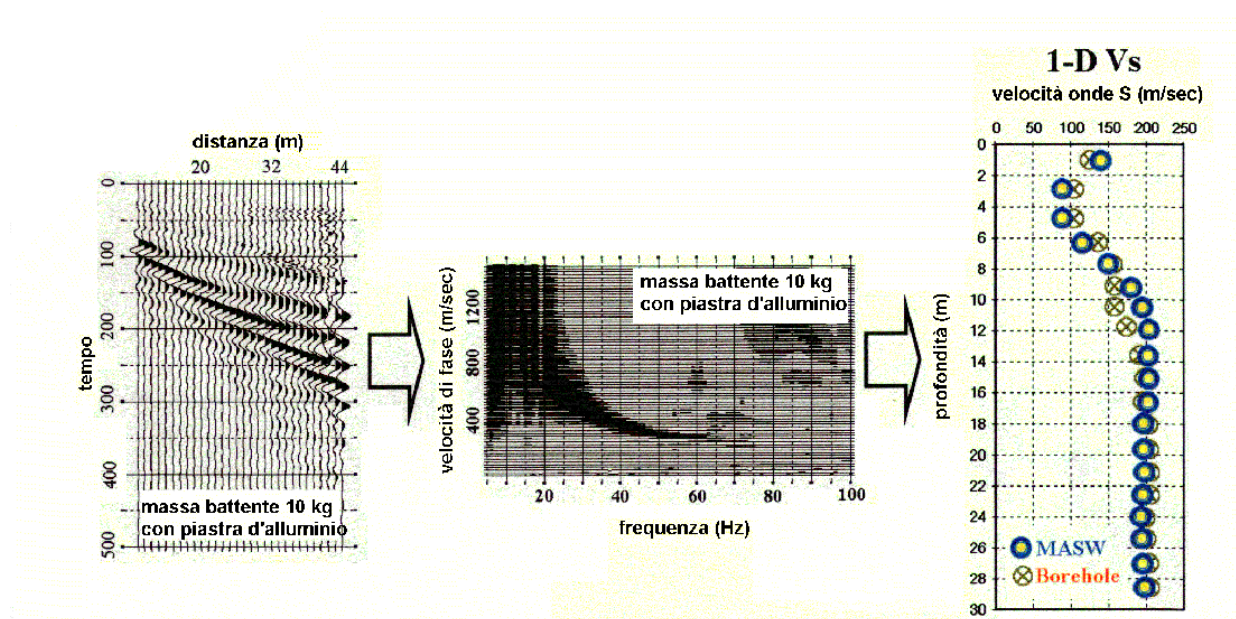


Fig. 4

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

4.5. Schema di acquisizione

Per la prova MASW in questione è stato effettuato uno stendimento (M1), ubicato nell'area d'interesse, così come riportato in planimetria allegata (*all. 2*); per tale stendimento è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 3,0 m, per una lunghezza complessiva di 69,0 metri, analogo a quello eseguito per la rifrazione con onde P (ST2).

Sono state effettuate 4 registrazioni, con 4 punti di energizzazione posizionati secondo il seguente schema:

- due tiri esterni, ubicati rispettivamente alla distanza di - 15,0 m e - 10,0 m dal geofono G1;
- due tiri esterni, ubicati rispettivamente alla distanza di + 15,0 m e + 10,0 m dal geofono G24.

La qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona.

4.6. Risultati della prova sismica MASW

In *allegato 5* sono riportati i risultati della prova MASW.

In particolare in *figura 1* viene mostrato lo spettro delle velocità e le curve di dispersione (di "picking", di "best model" e di "mean model"), a centro pagina, in *figura 2*, è riportato il profilo verticale delle velocità, mentre a destra, in *figura 3*, sono riportati, in colonna stratigrafica, per ogni orizzonte definito, i valori di velocità delle onde trasversali (V_s) e di densità dei materiali, nonché lo spessore dell'orizzonte stesso.

A centro pagina, in *figura 4*, viene riportato il sismogramma acquisito durante la prova di campagna ed in *figura 5* viene mostrata la documentazione fotografica di prova.

Nella tabella di fondo pagina, infine, vengono riportati, per ogni singolo orizzonte definito, i valori relativi a:

- quote di testa e di base dell'orizzonte sismico;
- spessore di ogni singolo orizzonte;
- valore di V_s relativo ad ogni singolo orizzonte sismico;
- valore di V_{s_x} calcolato alle diverse profondità (x);
- densità dei materiali costituenti ogni singolo orizzonte sismico;
- valore del Modulo di taglio stimato per ogni singolo orizzonte.

Il valore del parametro V_{s_x} , calcolato alle diverse profondità (x), è ricavato utilizzando la stratigrafia di V_s e la seguente formula:

$$V_{Sx} = \frac{x}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti.

Sulla base delle specifiche indagini geofisiche eseguite (prova MASW) è stato possibile definire la categoria di sottosuolo propria del sito di intervento, in ottemperanza a quanto riportato dal **D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (capitolo 3 – comma 3.2.2)** e di seguito sintetizzato nella seguente tabella:

Categorie di sottosuolo

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Lo stendimento sismico MASW ha permesso di individuare, in buona corrispondenza con i risultati delle prospezioni sismiche a rifrazione, orizzonti sismici sovrapposti, caratterizzati, nell'ambito dei 36 metri sotto il piano campagna, dalla seguente successione:

spessore orizzonte	velocità onde S	profondità progressiva dal piano di campagna
2,4 m	→ $V_s = 107$ m/sec	2,4 m
3,2 m	→ $V_s = 188$ m/sec	5,6 m
0,9 m	→ $V_s = 202$ m/sec	6,5 m
1,5 m	→ $V_s = 558$ m/sec	8,0 m
13,4 m	→ $V_s = 802$ m/sec	21,4 m
4,1 m	→ $V_s = 1307$ m/sec	25,5 m
10,5 m	→ $V_s = 1492$ m/sec	36,0 m

Il caso in esame vede la presenza di orizzonti di copertura di spessore complessivo pari a circa 8,0 m, caratterizzati da un valore di $V_{S8,0}$ dell'ordine di **172** m/sec (sottosuolo di tipo D), al di sopra di orizzonti nettamente più addensati e compatti caratterizzati da velocità (V_S) > **800** m/s (substrato sismico di riferimento).

Sulla base di tali considerazioni, secondo quanto definito nelle NTC 2008, si assegna al sito d'interesse una **categoria di sottosuolo** di tipo **E**, corrispondente a: *terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore ai 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).*

5. MISURA DI RUMORE AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

5.1. Cenni sulla metodologia della tecnica HVSR

Le misure speditive di rumore ambientale, mediante tecnica di acquisizione a stazione singola e la tecnica di analisi HVSR (altrimenti conosciuta anche come “metodo di Nakamura”) permettono in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito o frequenza del picco fondamentale del sito (f_0) e quindi la possibile esistenza di fenomeni di risonanza sismica nell'intervallo di frequenza significativo.

La stessa tecnica, inoltre, consente di avere una prima indicazione sull'entità del contrasto d'impedenza, sulla base dell'ampiezza del picco (H/V) e sulla profondità dell'interfaccia stratigrafica legata a tale contrasto (*Albarello D. et al., 2010*).

Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME (2004), per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre “long”, che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a "tapering" e a lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone.

Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

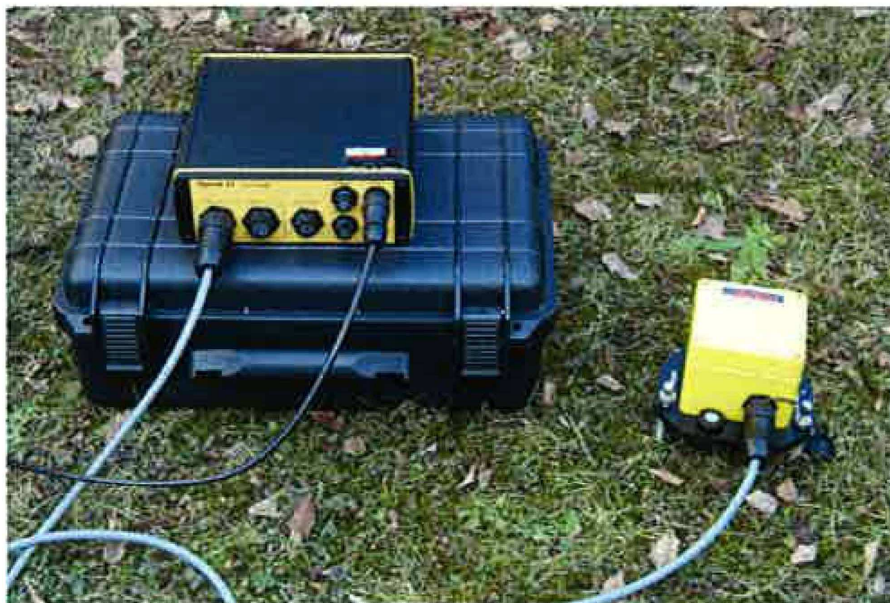
Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

5.2. Strumentazione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- Acquisitore a 24 bit SOLGEO "Dymas-24" ad alta risoluzione ed ampio spettro in frequenza (DC÷4000 Hz), per registrazioni in continuo o a soglia, sino a 20.000 campioni al secondo;
- Sismometro triassiale SOLGEO "Veloget3D" con range selezionabile (1-80 Hz o 1-315 Hz), conforme alle normative di riferimento (DIN e UNI); sensori da 4,5 Hz, linearizzati elettronicamente a 1 Hz, con dinamica superiore a 130 dB.

L'elaborazione dei dati acquisiti per il calcolo della curva H/V (Metodo "Nakamura") è stata eseguita con il software EasyHVSr della Geostru.



Sistema di acquisizione “Dymas-24” e sismometro “Veloget3D” per monitoraggio sismico

5.3. Elaborazione della misura e restituzione dei dati

Nel caso specifico, l’analisi è stata eseguita su una finestra di frequenze significativa dal punto di vista geologico di 0,5 – 20 Hz (dal momento che picchi con frequenze > di 20 Hz risultano non significativi).

La scala delle ampiezze (H/V) è stata “normalizzata”, in maniera da fare risaltare l’ampiezza del picco fondamentale.

L’elaborazione è stata fatta attraverso:

- media geometrica: $H/V = \sqrt{(H_{NS}^2 + H_{EW}^2)} / V$;
- “padding”, “tapering” del 5%;
- lisciamento dello spettro di ampiezza: triangolare proporzionale del 10%.

(Albarello D. et al., 2010; Al Yuncha Z. et al., 2004).

Al fine di fornire una prima informazione di massima sugli spessori delle coperture, ovvero sulla profondità dei “contrast di impedenza” responsabili dei picchi osservati ed una stima, in prima approssimazione, dell’entità di tali contrasti, si fa riferimento agli abachi forniti da vari autori, in particolare *Albarello D. et al. (2010)*.

La frequenza di risonanza delle coperture dipende dal loro spessore H e dalla velocità media delle onde S (Vs) negli stessi sedimenti; conoscendo quindi la frequenza (f_0) e la velocità media Vs di tali sedimenti, si può ricavare in prima approssimazione il loro spessore attraverso la seguente formula:

$$H = V_s/4 \cdot f_0$$

Ne deriva che in base alla frequenza di picco è possibile stimare la profondità del “contrasto d’impedenza” collegato al picco stesso.

Per “basso contrasto” d’impedenza si intende quando $2 < H/V < 3$;

per “alto contrasto” si intende quando l’ampiezza di $H/V > 3$.

Per la classificazione delle misure e della curva H/V, infine, si fa riferimento ai criteri *SESAME (2004)* e ad *Albarello D. et al. (2010, 2011)*.

Nella scheda di *allegato 7* sono riportati i risultati della prova di rumore a stazione singola elaborata con la tecnica HVSR.

In particolare la scheda contiene le seguenti informazioni ed elaborati:

- dati generali relativi alla misura eseguita;
- ubicazione con sistema GPS e documentazione fotografica della prova;
- dati riepilogativi della registrazione e del tipo di elaborazione eseguita;
- grafici degli spettri medi delle tre componenti (NS, EW e Verticale);
- mappe di stazionarietà e direzionalità degli spettri;
- grafico del rapporto spettrale H/V e relativa frequenza di picco fondamentale (f_0);
- riepilogo dei criteri *SESAME (2004)* e classificazione della curva secondo *Albarello D. et al. (2010, 2011)*.

5.4. Risultati della misura HVSR

Boario_HV1

La misura è stata seguita all’interno dell’area d’interesse, a metà dello stendimento sismico ST2/M1 (*all. 2*).

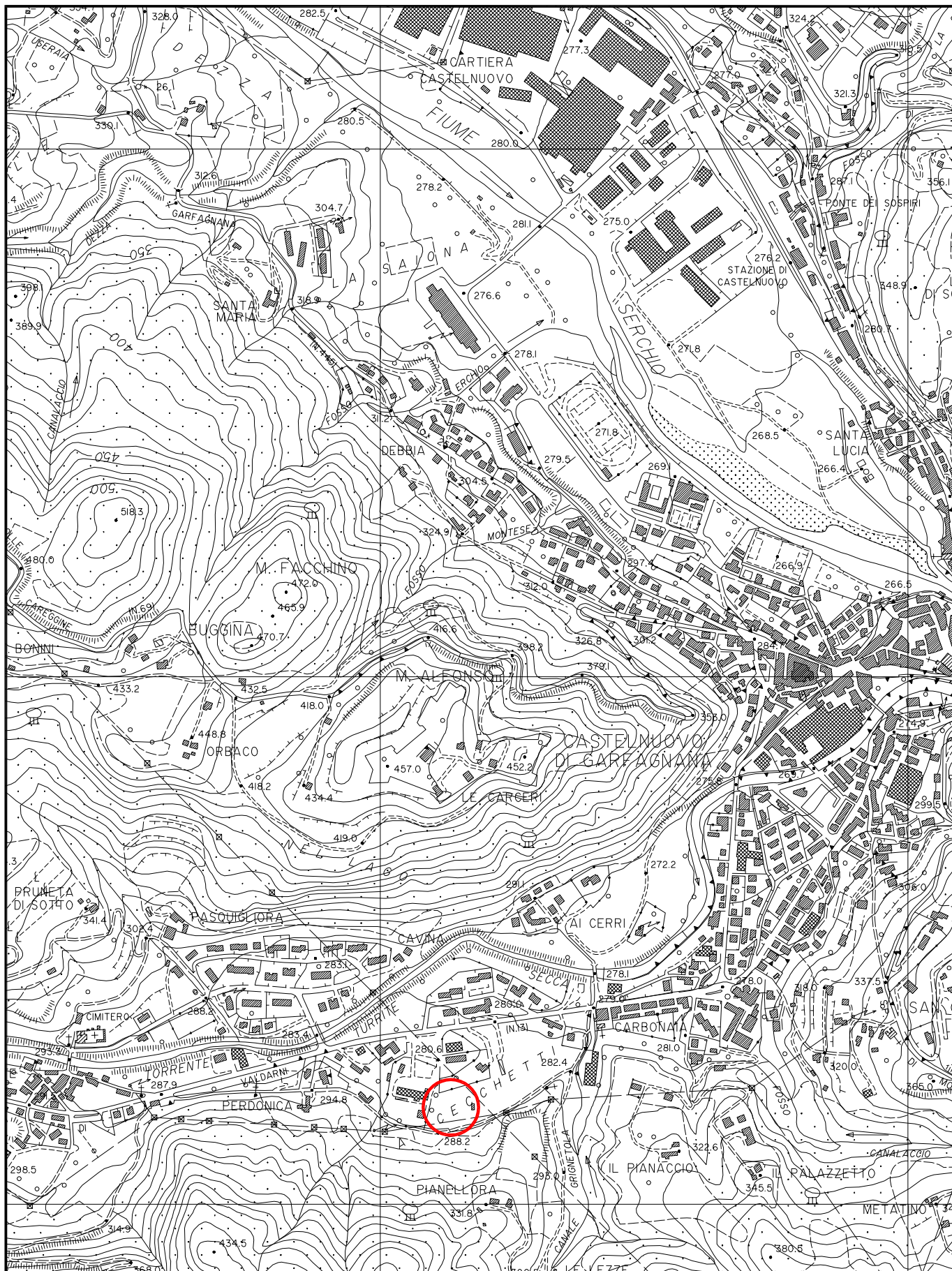
La sua elaborazione mette in evidenza un picco chiaro a frequenza $F = 8,30$ Hz, di ampiezza $A = 4,96$, correlato ad un alto contrasto di impedenza. Curva A1.

Considerando i valori di velocità delle onde S (V_s) riscontrati dalle prospezioni sismiche nei depositi di copertura meno addensati, tale contrasto d’impedenza può essere collocato a profondità comprese tra 5 e 10 metri dal p.c., in accordo con quanto evidenziato dalle stesse prospezioni sismiche a rifrazione e MASW (*cfr. §§ 3.5, 4.6*).

Castelnuovo di Garfagnana, Novembre 2013

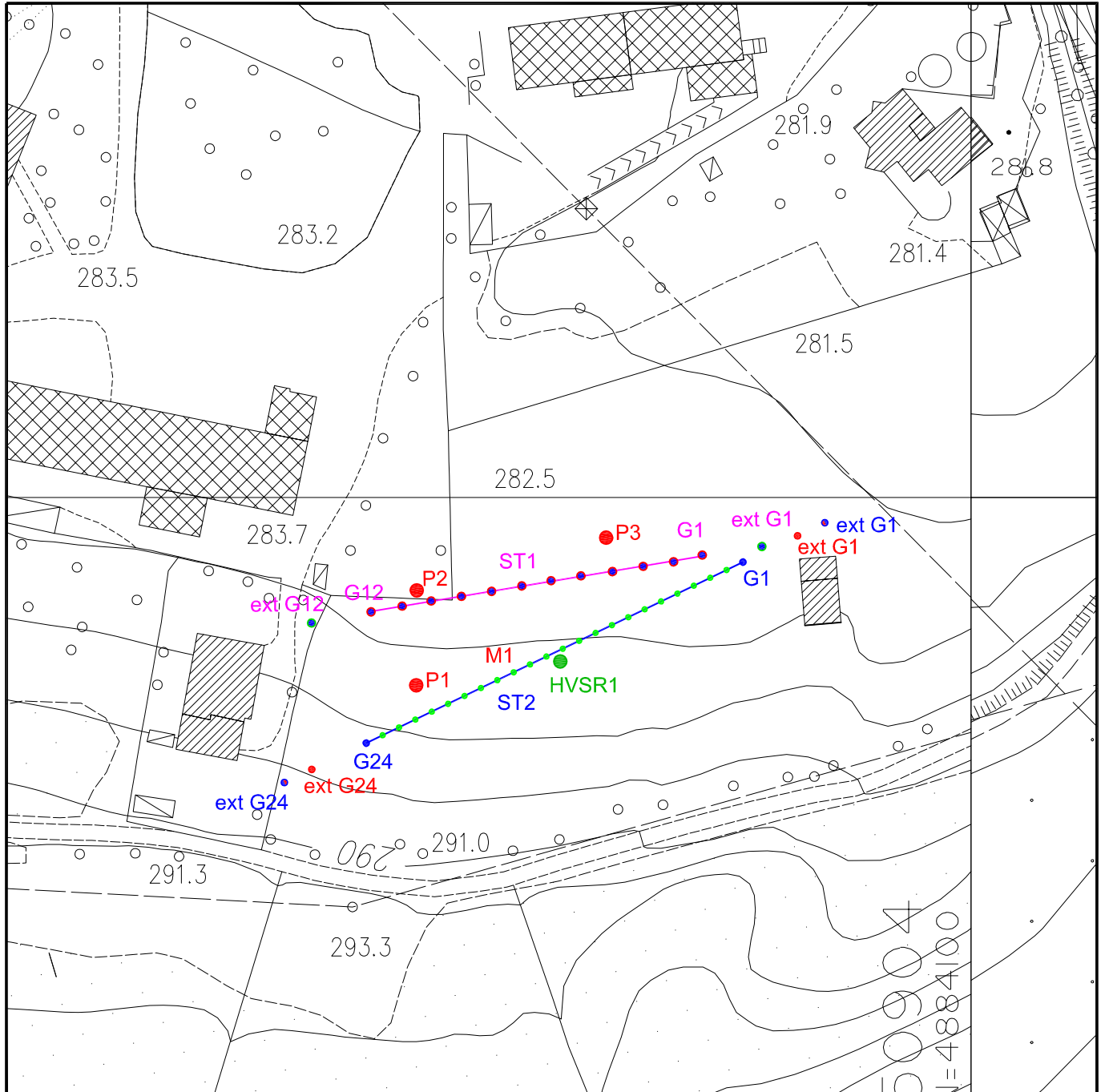
PRO.GEO. s.r.l.

Dott. Geol. AMERINO PIERONI



Allegato 1: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO in scala 1:10000

Allegato 2: PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE in scala 1:500



P1

Prove penetrometriche dinamiche superpesanti (Aprile 2009)

ST1
G1
ext G1

Stendimento sismico onde SH (Aprile 2009)

M1
G1
ST2
ext G1

Stendimento sismico onde P - MASW (Novembre 2013)

HVS1

Misura di rumore ambientale a stazione singola (Novembre 2013)

Allegato 3: PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Amministrazione comunale
Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.
Località: Torrite - Castelnuovo di Garfagnana

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ...P1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI
 01/04/2009
 7,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	2	0,847	16,34	19,29	0,82	0,96
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	4	0,840	32,39	38,57	1,62	1,93
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	2	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	1	0,811	6,72	8,28	0,34	0,41
3,00	2	0,809	13,39	16,56	0,67	0,83
3,20	3	0,806	20,03	24,85	1,00	1,24
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	3	0,801	18,59	23,21	0,93	1,16
3,80	3	0,798	18,53	23,21	0,93	1,16
4,00	4	0,796	24,63	30,94	1,23	1,55
4,20	6	0,794	36,84	46,41	1,84	2,32
4,40	6	0,791	36,73	46,41	1,84	2,32
4,60	5	0,789	28,64	36,28	1,43	1,81
4,80	7	0,787	39,98	50,80	2,00	2,54
5,00	8	0,785	45,57	58,06	2,28	2,90
5,20	9	0,783	51,14	65,31	2,56	3,27
5,40	7	0,781	39,68	50,80	1,98	2,54
5,60	8	0,779	42,60	54,67	2,13	2,73
5,80	8	0,777	42,50	54,67	2,12	2,73
6,00	8	0,775	42,40	54,67	2,12	2,73
6,20	7	0,774	37,01	47,84	1,85	2,39
6,40	7	0,772	36,93	47,84	1,85	2,39
6,60	7	0,770	34,82	45,20	1,74	2,26
6,80	18	0,719	83,55	116,24	4,18	5,81
7,00	20	0,717	92,63	129,16	4,63	6,46
7,20	25	0,666	107,47	161,45	5,37	8,07

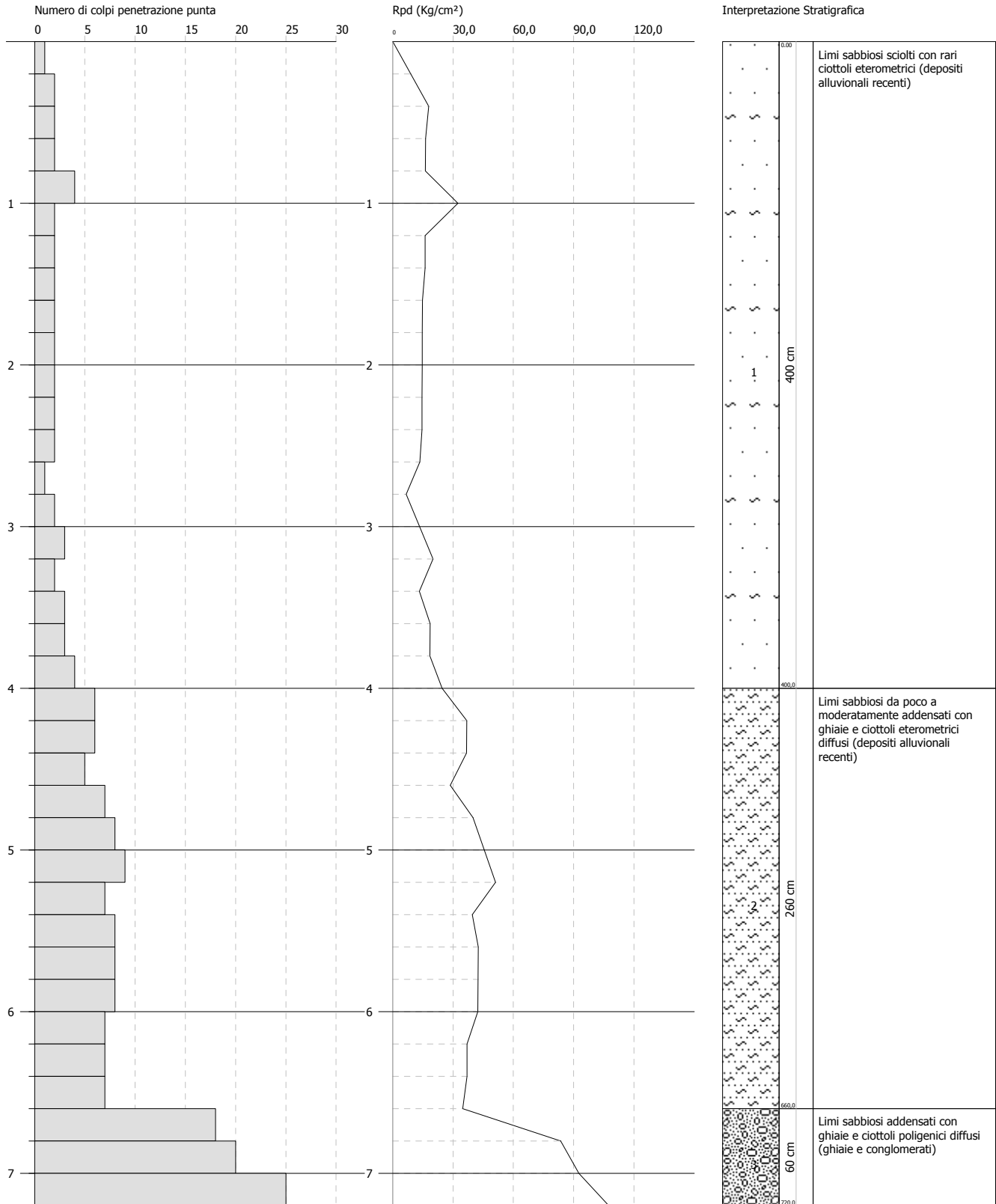
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Strato
4	2,25	19,78249	Incoerente	0	1,47	0,0	0,29	1,489	3,35	1
6,6	7,15	50,67989	Incoerente	0	1,75	0,0	0,82	1,489	10,65	2
7,2	21	135,6223	Incoerente - coesivo	0	2,18	2,41	1,11	1,489	31,27	3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Amministrazione comunale
 Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.
 Località: Torrite - Castelnuovo di Garfagnana

Data: 01/04/2009

Scala 1:35



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[3] - Limi sabbiosi addensati con ghiaie e ciottoli poligenici diffusi (ghiaie e conglomerati)	31,27	7,20	Terzaghi-Peck	2,11

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[Strato 3]	31,27	7,20	Robertson (1983)	62,54

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[Strato 3]	31,27	7,20	Stroud e Butler (1975)	143,47

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[Strato 3]	31,27	7,20	Apollonia	312,70

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[Strato 3]	31,27	7,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[Strato 3]	31,27	7,20	Meyerhof ed altri	2,18

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[Strato 3]	31,27	7,20	Meyerhof ed altri	2,41

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Limi sabbiosi sciolti con rari ciottoli eterometrici (depositi alluvionali recenti)	3,35	4,00	3,35	Meyerhof 1957	38,55
[2] - Limi sabbiosi da poco a moderatamente addensati con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi (depositi alluvionali recenti)	10,65	6,60	10,65	Meyerhof 1957	55,67
[3] - Limi sabbiosi addensati con ghiaie e ciottoli poligenici diffusi (ghiaie e conglomerati)	31,27	7,20	31,27	Meyerhof 1957	87,32

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Sowers (1961)	28,94
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Sowers (1961)	30,98
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Sowers (1961)	36,76

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Bowles (1982) Sabbia Media	128,25
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Bowles (1982) Sabbia Media	231,35

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	34,35
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	49,34
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	91,69

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Meyerhof ed altri	1,47
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Meyerhof ed altri	1,75
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Meyerhof ed altri	2,15

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	(A.G.I.)	0,35
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	(A.G.I.)	0,33
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Ohsaki (Sabbie pulite)	202,51
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Ohsaki (Sabbie pulite)	600,65
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Ohsaki (Sabbie pulite)	1653,23

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Navfac 1971-1982	0,60
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Navfac 1971-1982	2,24
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Navfac 1971-1982	5,78

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[Strato 1]	3,35	4,00	3,35	Robertson 1983	6,70
[Strato 2]	10,65	6,60	10,65	Robertson 1983	21,30
[Strato 3]	31,27	7,20	31,27	Robertson 1983	62,54

PROVA ...P2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 01/04/2009
 Profondità prova 4,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	2	0,847	16,34	19,29	0,82	0,96
0,80	1	0,843	8,13	9,64	0,41	0,48
1,00	1	0,840	8,10	9,64	0,40	0,48
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	1	0,830	7,39	8,91	0,37	0,45
1,80	2	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	1	0,820	7,31	8,91	0,37	0,45
2,40	1	0,817	7,28	8,91	0,36	0,45
2,60	1	0,814	6,74	8,28	0,34	0,41
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	3	0,809	20,09	24,85	1,00	1,24
3,20	5	0,806	33,38	41,41	1,67	2,07
3,40	15	0,753	93,59	124,23	4,68	6,21
3,60	18	0,751	104,55	139,24	5,23	6,96
3,80	20	0,748	115,79	154,71	5,79	7,74
4,00	30	0,696	161,52	232,07	8,08	11,60

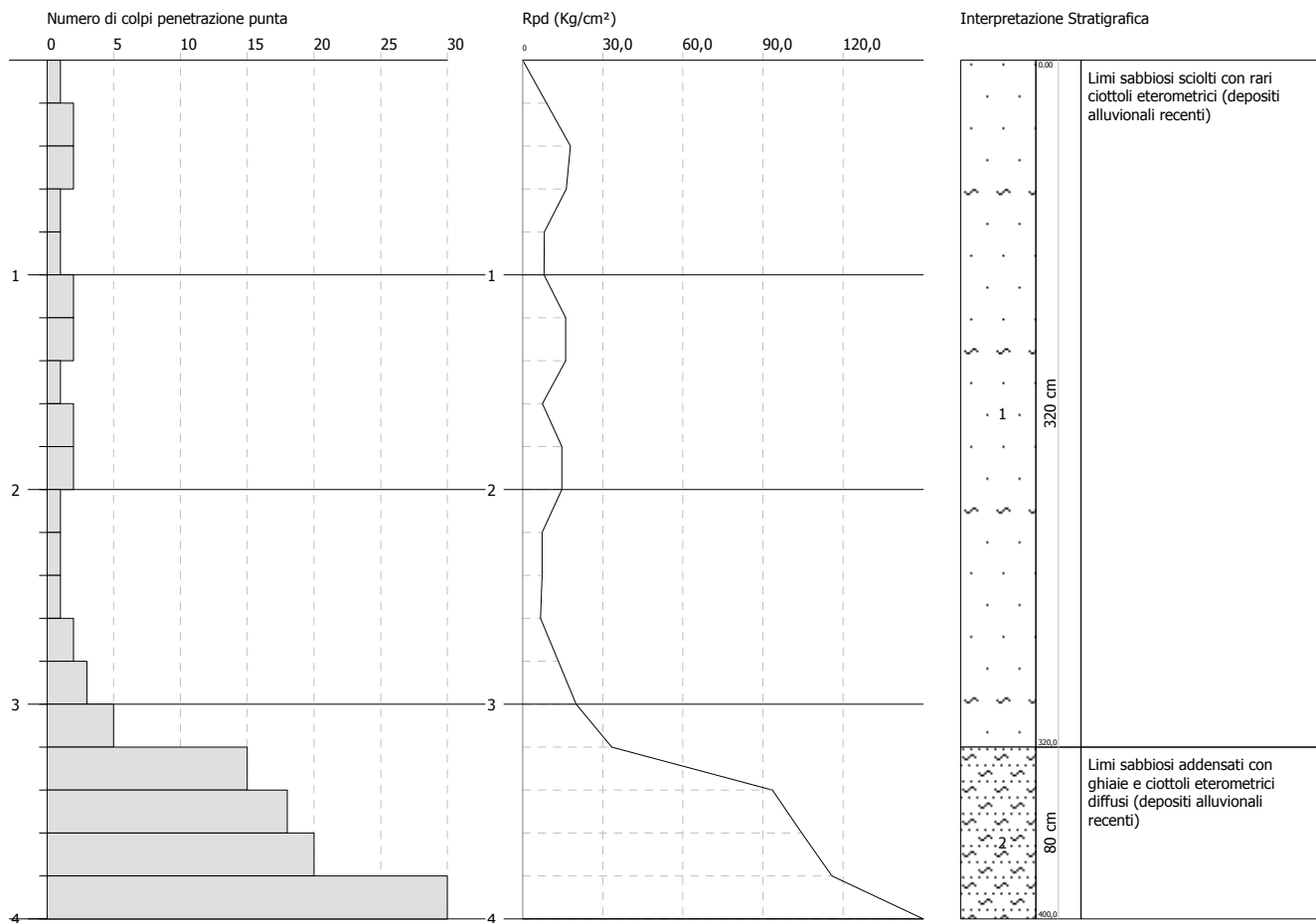
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Strato
3,2	1,81	16,41743	Incoerente	0	1,43	0,0	0,23	1,489	2,7	1
4	20,75	162,5428	Incoerente	0	2,14	0,0	0,54	1,489	30,9	2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Amministrazione comunale
 Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.
 Località: Torrite - Castelnuovo di Garfagnana

Data: 01/04/2009

Scala 1:35



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Limi sabbiosi sciolti con rari ciottoli eterometrici (depositi alluvionali recenti)	2,7	3,20	2,7	Meyerhof 1957	35,8
[2] - Limi sabbiosi addensati con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi (depositi alluvionali recenti)	30,9	4,00	30,9	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Sowers (1961)	28,76
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Sowers (1961)	36,65

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Bowles (1982) Sabbia Media	229,50

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33,01
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	90,93

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Meyerhof ed altri	1,43
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Meyerhof ed altri	2,14

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	(A.G.I.)	0,35
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Ohsaki (Sabbie pulite)	165,35
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Ohsaki (Sabbie pulite)	1634,84

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Navfac 1971-1982	0,44
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Navfac 1971-1982	5,73

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,7	3,20	2,7	Robertson 1983	5,40
[Strato 2]	30,9	4,00	30,9	Robertson 1983	61,80

PROVA ...P3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 01/04/2009
 Profondità prova 3,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	1	0,847	8,17	9,64	0,41	0,48
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	1	0,833	8,03	9,64	0,40	0,48
1,60	1	0,830	7,39	8,91	0,37	0,45
1,80	1	0,826	7,36	8,91	0,37	0,45
2,00	1	0,823	7,34	8,91	0,37	0,45
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	23	0,714	136,05	190,48	6,80	9,52
2,80	7	0,811	47,04	57,97	2,35	2,90
3,00	9	0,809	60,27	74,54	3,01	3,73
3,20	5	0,806	33,38	41,41	1,67	2,07
3,40	20	0,753	124,79	165,63	6,24	8,28
3,60	25	0,701	135,54	193,39	6,78	9,67
3,80	35	0,648	175,55	270,74	8,78	13,54

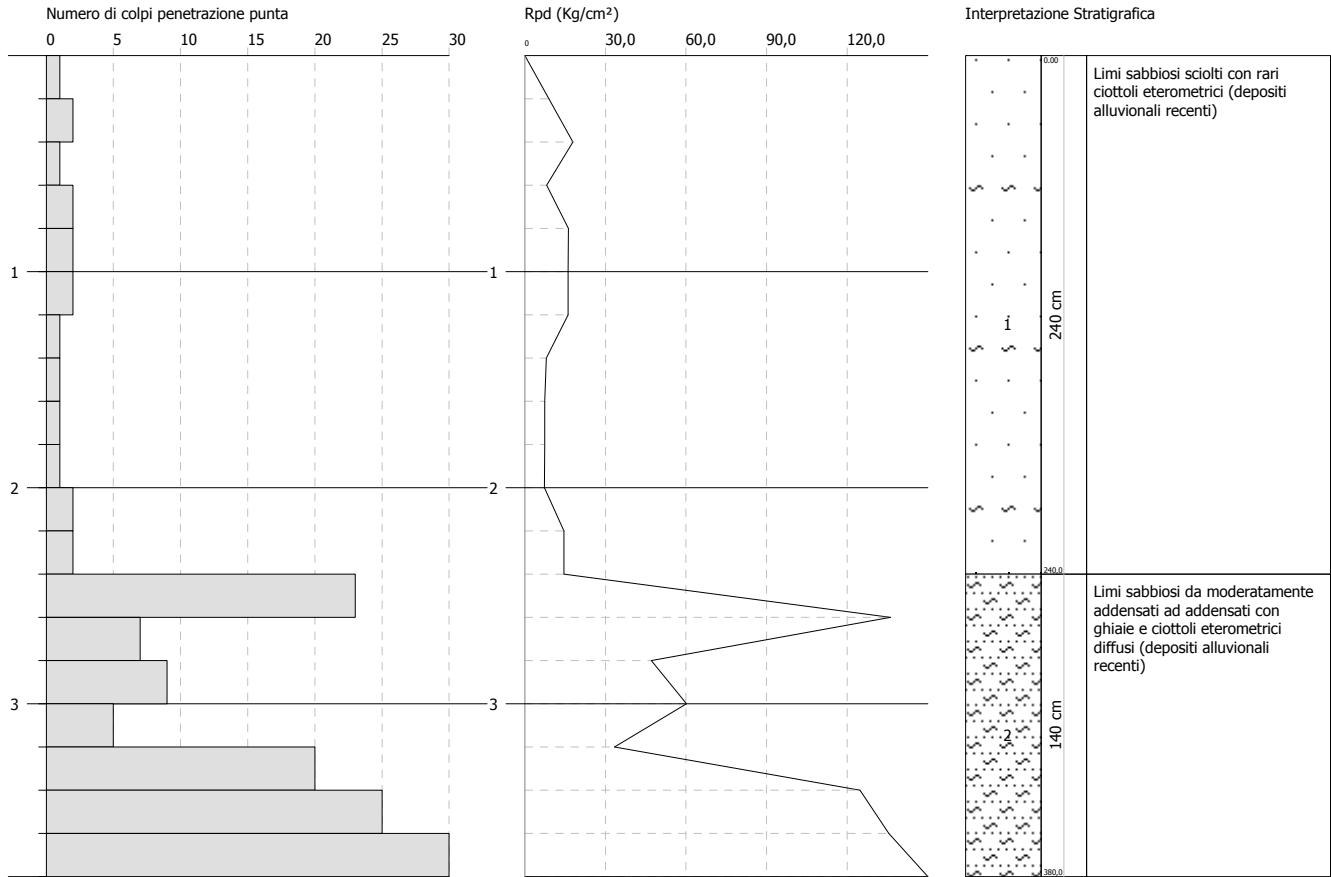
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Strato
2,4	1,5	14,27603	Incoerente	0	1,41	0,0	0,17	1,489	2,23	1
3,8	17,71	142,0465	Incoerente	0	2,1	0,0	0,49	1,489	26,37	2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
 Strumento utilizzato... DPHS TG 63-200 PAGANI

Committente: Amministrazione comunale
 Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.
 Località: Torrite - Castelnuovo di Garfagnana

Data: 01/04/2009

Scala 1:35



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Limi sabbiosi sciolti con rari ciottoli eterometrici (depositi alluvionali recenti)	2,23	2,40	2,23	Meyerhof 1957	33,64
[2] - Limi sabbiosi da moderatamente addensati ad addensati con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi (depositi alluvionali recenti)	26,37	3,80	26,37	Meyerhof 1957	99,05

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Sowers (1961)	28,62
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Sowers (1961)	35,38

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Bowles (1982) Sabbia Media	206,85

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	32,05
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	81,63

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Meyerhof ed altri	1,41
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Meyerhof ed altri	2,10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	(A.G.I.)	0,35
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

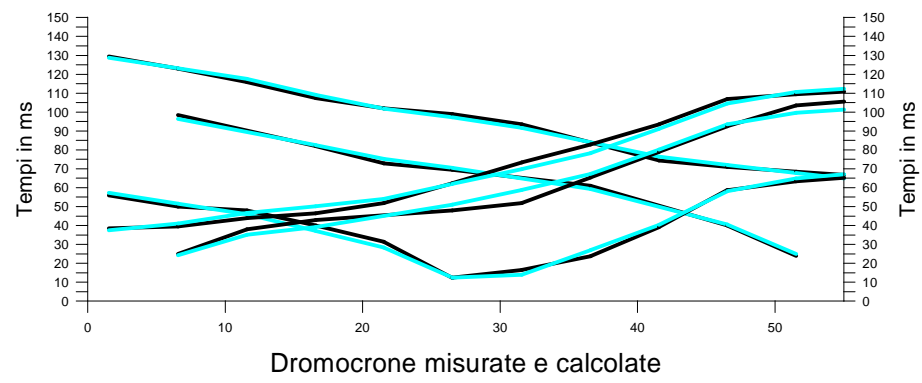
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Ohsaki (Sabbie pulite)	138,14
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Ohsaki (Sabbie pulite)	1408,50

Modulo di reazione Ko

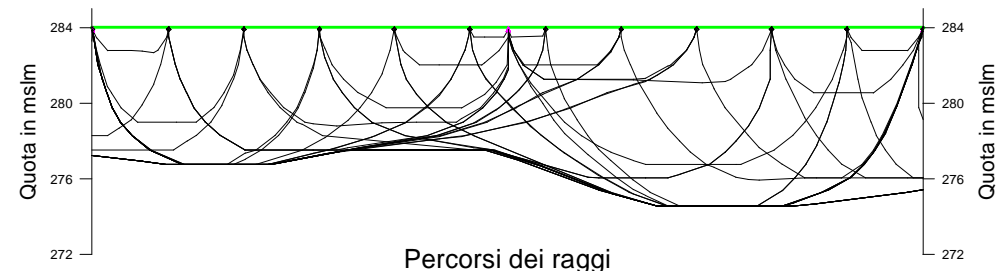
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Navfac 1971-1982	0,33
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Navfac 1971-1982	5,09

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

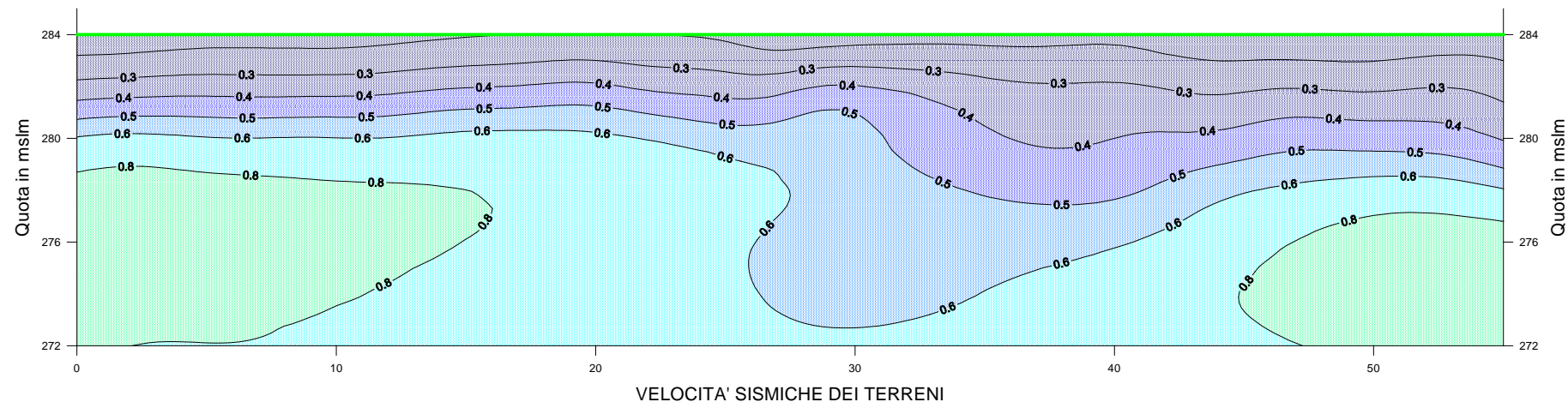
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[Strato 1]	2,23	2,40	2,23	Robertson 1983	4,46
[Strato 2]	26,37	3,80	26,37	Robertson 1983	52,74



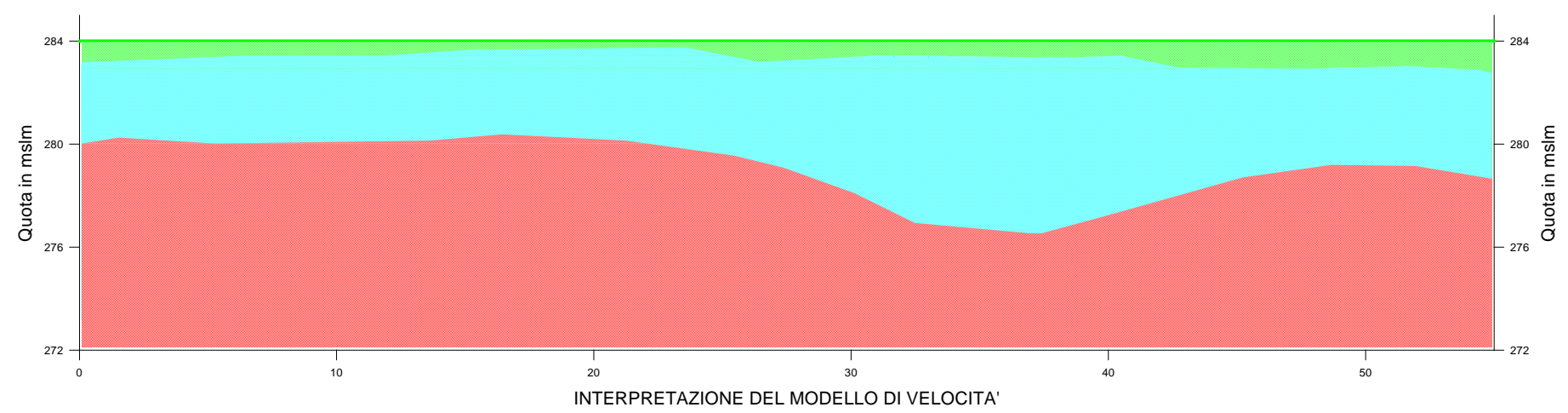
Dromocrone misurate e calcolate



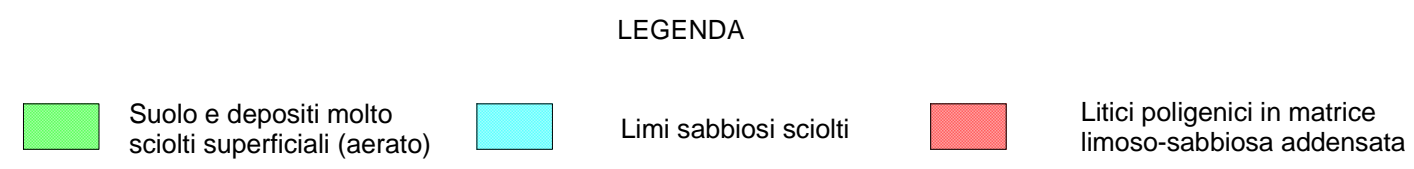
Percorsi dei raggi



VELOCITA' SISMICHE DEI TERRENI



INTERPRETAZIONE DEL MODELLO DI VELOCITA'



LEGENDA

File with raypaths: b.ray
 Number of data: 52
 RMS residual: 2.376486
 RMS relative residual(%): 4.351469

##	Source	Receiver	T obs.:	T calc.:	T - T0	Resid.:
1	65.000 284.000	0.000 0.000 284.000	0.000 135.500	134.878	0.622	0.461
2	65.000 284.000	0.000 5.000 284.000	0.000 129.000	129.181	-0.181	-0.140
3	65.000 284.000	0.000 10.000 284.000	0.000 122.000	123.678	-1.678	-1.357
4	65.000 284.000	0.000 15.000 284.000	0.000 113.500	115.218	-1.718	-1.491
5	65.000 284.000	0.000 20.000 284.000	0.000 108.000	107.931	0.069	0.064
6	65.000 284.000	0.000 25.000 284.000	0.000 105.000	103.218	1.782	1.726
7	65.000 284.000	0.000 30.000 284.000	0.000 99.500	97.674	1.826	1.870
8	65.000 284.000	0.000 40.000 284.000	0.000 80.500	82.545	-2.045	-2.477
9	65.000 284.000	0.000 45.000 284.000	0.000 77.000	78.096	-1.096	-1.404
10	65.000 284.000	0.000 50.000 284.000	0.000 74.500	73.852	0.648	0.877
11	65.000 284.000	0.000 55.000 284.000	0.000 72.000	69.572	2.428	3.491
12	55.000 284.000	0.000 5.000 284.000	0.000 104.500	102.529	1.971	1.922
13	55.000 284.000	0.000 15.000 284.000	0.000 88.000	88.566	-0.566	-0.640
14	55.000 284.000	0.000 20.000 284.000	0.000 78.000	81.279	-2.279	-2.804
15	55.000 284.000	0.000 25.000 284.000	0.000 75.500	76.566	-1.066	-1.392
16	55.000 284.000	0.000 35.000 284.000	0.000 67.000	65.329	1.671	2.558
17	55.000 284.000	0.000 45.000 284.000	0.000 46.000	46.556	-0.556	-1.195
18	55.000 284.000	0.000 50.000 284.000	0.000 30.000	30.930	-0.930	-3.007
19	55.000 284.000	0.000 55.000 284.000	0.000 10.000	63.266	-53.266	-2.000
20	27.500 284.000	0.000 0.000 284.000	0.000 62.000	57.566	4.434	-2.720
21	27.500 284.000	0.000 5.000 284.000	0.000 56.000	51.980	4.020	3.885
22	27.500 284.000	0.000 10.000 284.000	0.000 54.000	43.157	10.843	6.587
23	27.500 284.000	0.000 15.000 284.000	0.000 46.000	34.312	11.688	9.233
24	27.500 284.000	0.000 20.000 284.000	0.000 37.500	18.352	19.148	8.807
25	27.500 284.000	0.000 25.000 284.000	0.000 18.500	19.935	-1.435	12.870
26	27.500 284.000	0.000 30.000 284.000	0.000 22.500	32.961	-10.461	-9.741
27	27.500 284.000	0.000 35.000 284.000	0.000 29.750	46.424	-16.674	-2.528
28	27.500 284.000	0.000 40.000 284.000	0.000 45.250	64.092	-18.842	1.026
29	27.500 284.000	0.000 45.000 284.000	0.000 64.750	70.935	-6.185	-2.023
30	27.500 284.000	0.000 50.000 284.000	0.000 69.500	74.149	-4.649	-2.898
31	27.500 284.000	0.000 55.000 284.000	0.000 72.000	30.363	41.637	2.097
32	0.000 284.000	0.000 0.000 284.000	0.000 27.000	41.172	-14.172	6.869
33	0.000 284.000	0.000 5.000 284.000	0.000 31.000	45.261	-14.261	8.261
34	0.000 284.000	0.000 10.000 284.000	0.000 44.000	57.050	-13.050	-5.347
35	0.000 284.000	0.000 15.000 284.000	0.000 49.000	64.845	-15.845	-10.556
36	0.000 284.000	0.000 25.000 284.000	0.000 54.000	73.332	-19.332	-2.499
37	0.000 284.000	0.000 30.000 284.000	0.000 58.000	86.257	-28.257	-1.457
38	0.000 284.000	0.000 35.000 284.000	0.000 71.500	99.591	-28.091	-1.095
39	0.000 284.000	0.000 40.000 284.000	0.000 85.000	105.676	-20.676	3.619
40	0.000 284.000	0.000 45.000 284.000	0.000 98.500	108.219	-9.719	3.956
41	0.000 284.000	0.000 50.000 284.000	0.000 109.500	43.539	65.961	2.206
42	0.000 284.000	0.000 55.000 284.000	0.000 112.500	47.127	65.373	-3.452
43	-10.000 284.000	0.000 0.000 284.000	0.000 44.500	52.741	-8.241	-5.197
44	-10.000 284.000	0.000 5.000 284.000	0.000 45.500	56.256	-10.756	-6.677
45	-10.000 284.000	0.000 10.000 284.000	0.000 50.000	60.110	-10.110	-3.510
46	-10.000 284.000	0.000 15.000 284.000	0.000 52.500	68.072	-15.572	0.629
47	-10.000 284.000	0.000 20.000 284.000	0.000 58.000	75.867	-17.867	4.789
48	-10.000 284.000	0.000 25.000 284.000	0.000 68.500	84.353	-15.853	5.509
49	-10.000 284.000	0.000 30.000 284.000	0.000 78.500	97.278	-17.778	2.284
50	-10.000 284.000	0.000 35.000 284.000	0.000 89.000	110.612	-21.612	2.159
51	-10.000 284.000	0.000 40.000 284.000	0.000 99.500	116.697	-17.197	-1.026
52	-10.000 284.000	0.000 45.000 284.000	0.000 113.000	119.240	-6.240	-1.459

LEGENDA

Strumento: GEODE
 Elettrodi: GS - 20 DM - 14 Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:250 Scala verticale = 1:250

**PROSPEZIONE SISMICA
 A RIFRAZIONE CON ONDE SH**

Località: Torrite (Castelnuovo Garf.)

Committente: Amministrazione comunale

Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.

SEZIONE SISMICA ST1

All. 4 Aprile 2009

Allegato 5: PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P – ST1

Committente:	Amministrazione Comunale
Località:	TORRITE (CASTELNUOVO DI GARFAGNANA)
Data di esecuzione:	25.11.13
Linea sismica:	ST2

Sistema di acquisizione

SISMOGRAFO: Geometrics GEODE 24 canali

Caratteristiche tecniche

Registrazione:	Configurabile da 3 a 24 canali
Risoluzione:	24 bit
Larghezza di banda di ingresso:	1,75 Hz – 20.000 Hz
Intervalli di campionamento:	Selezionabili da 0,02 msec a 16 msec
Range dinamico di sistema:	144 dB (110 dB misurato a 2 msec)
Distorsione:	0,0005%
Accuratezza del trigger:	1/32 del passo di campionamento
Alimentazione:	Batterie esterne a 12 Volt
Unità centrale di controllo:	Collegamento con PC notebook

Torrite_ST2 - TABELLA RISULTATI – modello tomografico

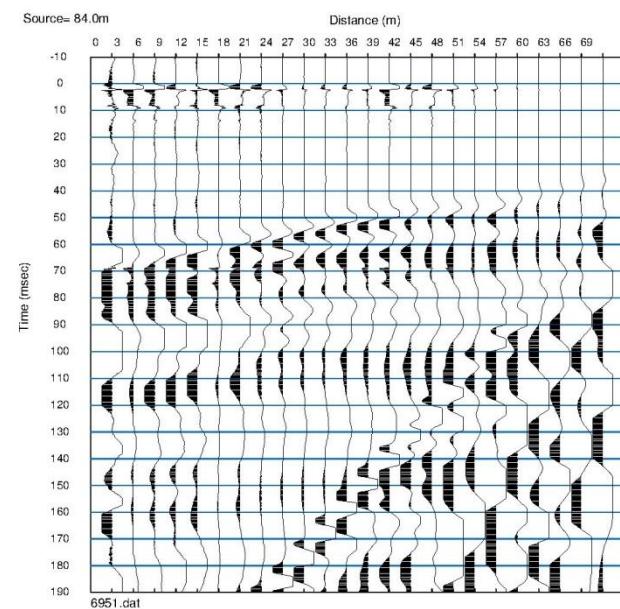
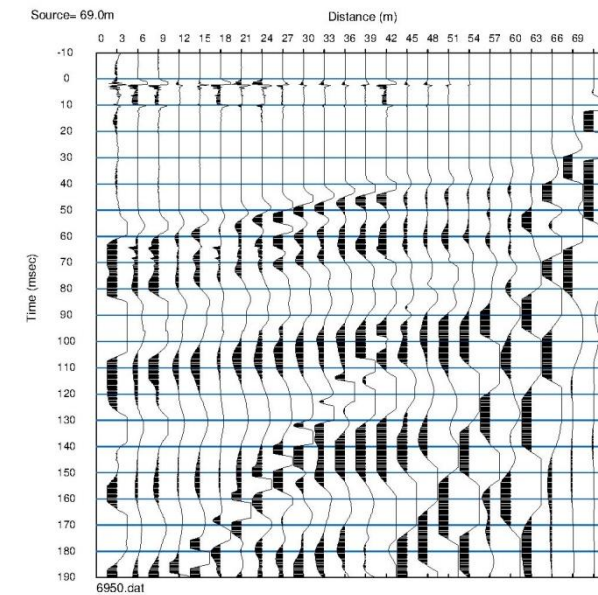
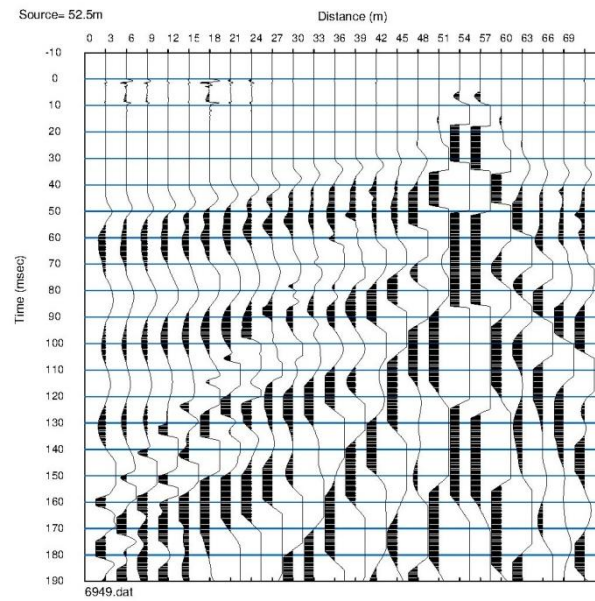
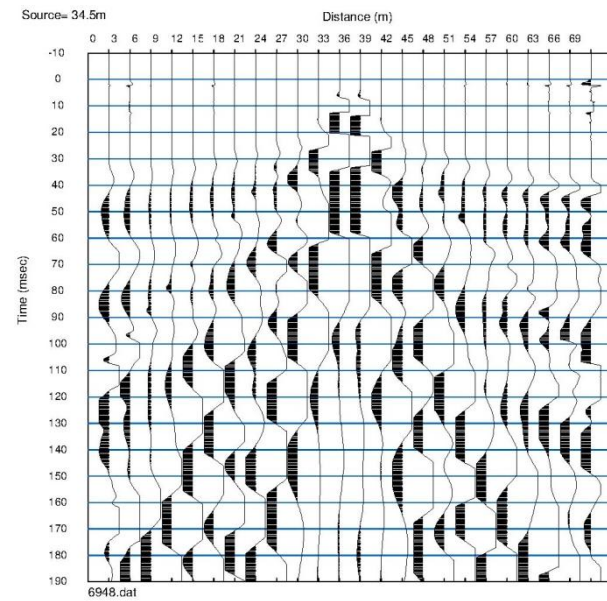
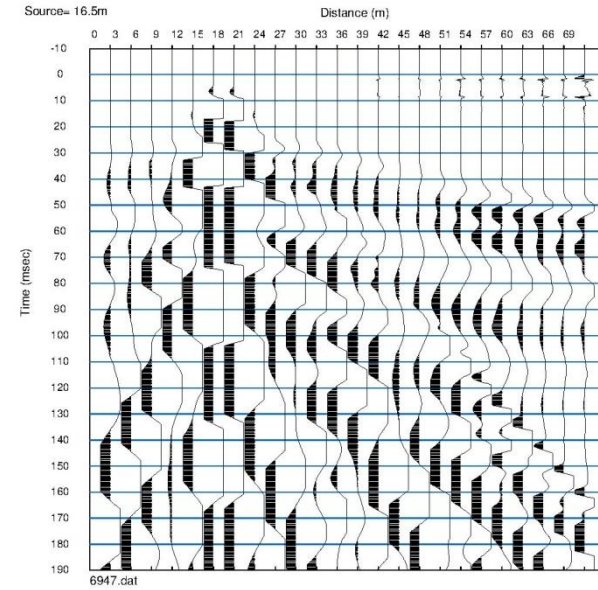
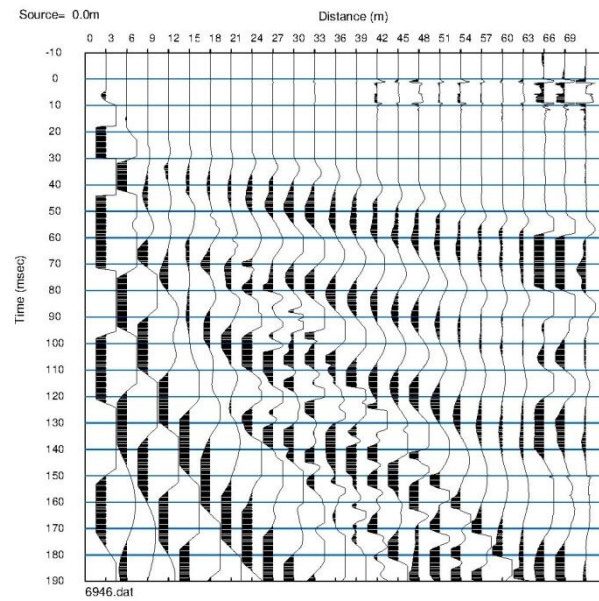
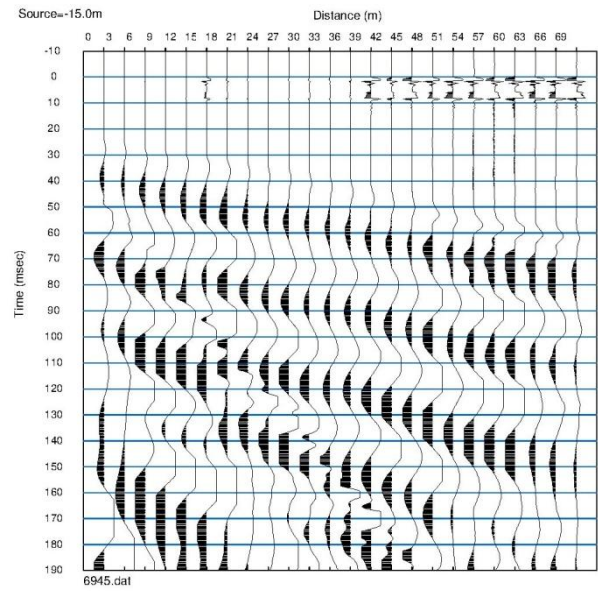
The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth
1	283.65	-15.00	0.00	0.00
2	284.15	0.00	0.00	0.00
3	284.70	16.50	0.00	0.00
4	285.30	34.50	0.00	0.00
5	286.17	52.50	0.00	0.00
6	287.00	69.00	0.00	0.00
7	287.75	84.00	0.00	0.00

Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6	SP 7
1	284.15	0.00	0.00	22.22 1	0.00 1	26.00 1	33.41 1	44.59 1	52.23 1	59.83 1
2	284.25	3.00	0.00	24.04 1	10.67 1	24.97 1	32.38 1	43.59 1	51.23 1	58.84 1
3	284.35	6.00	0.00	25.65 1	20.11 1	23.97 1	31.38 1	42.62 1	50.27 1	57.87 1
4	284.45	9.00	0.00	27.22 1	21.86 1	22.90 1	30.34 1	41.60 1	49.25 1	56.85 1
5	284.55	12.00	0.00	28.80 1	23.51 1	16.00 1	29.28 1	40.56 1	48.22 1	55.82 1
6	284.65	15.00	0.00	30.36 1	25.12 1	5.33 1	28.17 1	39.46 1	47.15 1	54.76 1
7	284.75	18.00	0.00	31.76 1	26.56 1	5.33 1	26.85 1	38.16 1	45.89 1	53.50 1
8	284.85	21.00	0.00	32.82 1	27.64 1	15.96 1	25.19 1	36.51 1	44.26 1	51.88 1
9	284.95	24.00	0.00	33.93 1	28.76 1	22.98 1	23.53 1	34.90 1	42.69 1	50.32 1
10	285.05	27.00	0.00	35.10 1	29.94 1	24.18 1	21.95 1	33.33 1	41.13 1	48.82 1
11	285.15	30.00	0.00	36.37 1	31.22 1	25.48 1	15.79 1	31.90 1	39.71 1	47.40 1
12	285.25	33.00	0.00	37.76 1	32.61 1	26.89 1	5.31 1	30.58 1	38.41 1	46.10 1
13	285.35	36.00	0.00	39.28 1	34.13 1	28.40 1	5.31 1	29.35 1	37.22 1	44.91 1
14	285.50	39.00	0.00	40.98 1	35.83 1	30.11 1	15.99 1	28.26 1	36.18 1	43.87 1
15	285.65	42.00	0.00	42.67 1	37.52 1	31.80 1	22.73 1	27.12 1	35.11 1	42.80 1
16	285.80	45.00	0.00	44.53 1	39.39 1	33.68 1	24.62 1	26.08 1	34.14 1	41.83 1
17	285.95	48.00	0.00	46.58 1	41.44 1	35.74 1	26.71 1	16.01 1	33.34 1	41.03 1
18	286.10	51.00	0.00	48.60 1	43.49 1	37.85 1	28.82 1	5.34 1	32.51 1	40.22 1
19	286.25	54.00	0.00	50.43 1	45.32 1	39.76 1	30.83 1	5.34 1	31.50 1	39.23 1
20	286.40	57.00	0.00	52.02 1	46.92 1	41.37 1	32.48 1	16.01 1	30.23 1	37.97 1
21	286.55	60.00	0.00	53.43 1	48.32 1	42.78 1	33.91 1	26.67 1	28.83 1	36.57 1
22	286.70	63.00	0.00	54.80 1	49.70 1	44.16 1	35.30 1	29.45 1	21.27 1	35.20 1
23	286.85	66.00	0.00	56.08 1	50.98 1	45.45 1	36.60 1	30.80 1	10.62 1	33.78 1
24	287.00	69.00	0.00	57.34 1	52.23 1	46.71 1	37.86 1	32.09 1	0.00 1	32.36 1

X (m)	Y (m)	V (m/s)	X (m)	Y (m)	V (m/s)	X (m)	Y (m)	V (m/s)
0,0	284,1	281,4	12,0	281,0	2024,4	27,0	284,3	293,0
0,0	284,0	281,4	12,0	280,3	2228,0	27,0	284,0	294,1
0,0	283,7	281,4	12,0	279,7	2248,4	27,0	283,7	294,7
0,0	283,4	281,4	12,0	279,0	2257,4	27,0	283,4	295,4
0,0	283,2	281,4	12,0	278,3	2258,4	27,0	282,7	536,2
0,0	282,9	281,4	12,0	277,7	2258,4	27,0	282,0	2159,3
0,0	282,6	311,9	15,0	284,6	281,4	27,0	281,4	2181,4
0,0	281,9	1101,7	15,0	284,5	281,4	27,0	280,7	2182,4
0,0	281,3	1573,9	15,0	284,2	282,8	27,0	280,0	2183,4
0,0	280,7	1791,0	15,0	283,9	282,9	27,0	279,3	2184,4
0,0	280,0	2040,3	15,0	283,6	283,1	27,0	278,7	2191,3
0,0	279,4	2080,3	15,0	283,3	283,2	27,0	278,0	2213,8
0,0	278,7	2293,8	15,0	283,0	283,3	30,0	285,1	285,0
0,0	278,1	2293,8	15,0	282,4	377,7	30,0	285,0	289,6
0,0	277,4	2293,8	15,0	281,7	1838,2	30,0	284,7	291,8
3,0	284,3	281,4	15,0	281,1	2079,1	30,0	284,4	292,5
3,0	284,1	281,4	15,0	280,4	2226,6	30,0	284,1	293,2
3,0	283,8	281,4	15,0	279,7	2232,9	30,0	283,8	293,7
3,0	283,5	281,4	15,0	279,1	2235,4	30,0	283,5	294,2
3,0	283,2	281,4	15,0	278,4	2237,2	30,0	282,8	584,6
3,0	283,0	281,4	15,0	277,8	2237,2	30,0	282,1	2182,5
3,0	282,7	287,9	18,0	284,8	282,2	30,0	281,5	2183,5
3,0	282,0	848,0	18,0	284,6	283,6	30,0	280,8	2184,5
3,0	281,4	1622,8	18,0	284,3	287,0	30,0	280,1	2185,5
3,0	280,7	1896,1	18,0	284,0	287,5	30,0	279,4	2186,5
3,0	280,1	2158,1	18,0	283,7	288,2	30,0	278,7	2187,5
3,0	279,4	2169,6	18,0	283,4	288,5	30,0	278,1	2213,4
3,0	278,8	2293,8	18,0	283,1	288,8	33,0	285,3	282,4
3,0	278,2	2293,8	18,0	282,5	377,1	33,0	285,1	287,5
3,0	277,5	2293,8	18,0	281,8	1927,9	33,0	284,8	288,8
6,0	284,4	281,4	18,0	281,1	2120,4	33,0	284,5	289,2
6,0	284,2	281,4	18,0	280,5	2212,0	33,0	284,2	289,5
6,0	283,9	281,4	18,0	279,8	2213,3	33,0	283,9	289,9
6,0	283,6	281,4	18,0	279,1	2214,3	33,0	283,6	290,2
6,0	283,3	281,4	18,0	278,5	2221,6	33,0	282,9	597,1
6,0	283,1	281,4	18,0	277,8	2224,1	33,0	282,2	2161,9
6,0	282,8	281,4	21,0	284,9	282,9	33,0	281,5	2163,3
6,0	282,1	649,1	21,0	284,7	287,9	33,0	280,9	2164,3
6,0	281,5	1650,6	21,0	284,4	291,2	33,0	280,2	2165,3
6,0	280,8	1941,4	21,0	284,1	292,0	33,0	279,5	2166,3
6,0	280,2	2207,9	21,0	283,8	293,3	33,0	278,8	2179,3
6,0	279,5	2232,9	21,0	283,5	293,8	33,0	278,1	2212,8
6,0	278,9	2291,3	21,0	283,2	294,4	36,0	285,4	281,4
6,0	278,2	2291,6	21,0	282,5	411,3	36,0	285,2	283,4
6,0	277,6	2291,6	21,0	281,9	2009,9	36,0	284,9	283,8
9,0	284,5	281,4	21,0	281,2	2148,5	36,0	284,6	283,9
9,0	284,3	281,4	21,0	280,5	2190,6	36,0	284,3	284,1
9,0	284,0	281,4	21,0	279,9	2192,0	36,0	284,0	284,2
9,0	283,7	281,4	21,0	279,2	2193,0	36,0	283,7	284,4
9,0	283,4	281,4	21,0	278,5	2210,1	36,0	283,0	576,2
9,0	283,1	281,4	21,0	277,9	2216,8	36,0	282,3	2120,9
9,0	282,9	281,4	24,0	285,0	283,8	36,0	281,6	2122,6
9,0	282,2	514,3	24,0	284,8	290,0	36,0	280,9	2130,9
9,0	281,5	1696,8	24,0	284,5	292,4	36,0	280,2	2131,9
9,0	280,9	1977,1	24,0	284,2	293,3	36,0	279,6	2137,2
9,0	280,2	2224,2	24,0	283,9	294,6	36,0	278,9	2174,6
9,0	279,6	2254,9	24,0	283,6	295,3	36,0	278,2	2212,5
9,0	278,9	2279,2	24,0	283,3	296,0	39,0	285,5	282,4
9,0	278,3	2280,0	24,0	282,6	468,9	39,0	285,3	282,4
9,0	277,6	2280,0	24,0	282,0	2089,6	39,0	285,0	282,5
12,0	284,5	281,4	24,0	281,3	2169,0	39,0	284,7	282,8
12,0	284,4	281,4	24,0	280,6	2179,0	39,0	284,4	283,1
12,0	284,1	281,4	24,0	280,0	2180,3	39,0	284,1	283,4
12,0	283,8	281,4	24,0	279,3	2181,3	39,0	283,8	283,8
12,0	283,5	281,4	24,0	278,6	2198,7	39,0	283,1	531,1
12,0	283,2	281,4	24,0	277,9	2214,3	39,0	282,4	2052,3
12,0	282,9	281,4	27,0	285,0	285,7	39,0	281,7	2077,9
12,0	282,3	425,1	27,0	284,9	289,8	39,0	281,0	2100,9
12,0	281,6	1761,2	27,0	284,6	292,2	39,0	280,3	2112,5

X (m)	Y (m)	V (m/s)	X (m)	Y (m)	V (m/s)	X (m)	Y (m)	V (m/s)
39,0	279,6	2124,6	54,0	284,4	281,6	69,0	287,0	285,9
39,0	278,9	2176,9	54,0	283,7	286,2	69,0	286,8	287,3
39,0	278,2	2212,1	54,0	283,0	1131,9	69,0	286,5	292,3
42,0	285,6	283,5	54,0	282,2	1995,0	69,0	286,1	292,9
42,0	285,5	283,5	54,0	281,5	2068,6	69,0	285,8	293,5
42,0	285,2	283,5	54,0	280,8	2169,7	69,0	285,4	294,3
42,0	284,9	284,0	54,0	280,0	2185,7	69,0	285,1	295,0
42,0	284,6	284,5	54,0	279,3	2192,8	69,0	284,3	295,8
42,0	284,2	285,0	54,0	278,6	2202,6	69,0	283,5	1327,1
42,0	283,9	285,6	57,0	286,4	281,6	69,0	282,8	2180,6
42,0	283,2	464,9	57,0	286,2	281,8	69,0	282,0	2185,7
42,0	282,5	1909,0	57,0	285,9	282,6	69,0	281,2	2185,7
42,0	281,8	2038,1	57,0	285,6	282,7	69,0	280,4	2200,8
42,0	281,1	2071,5	57,0	285,2	282,9	69,0	279,6	2200,8
42,0	280,4	2115,2	57,0	284,9	283,1	69,0	278,9	2202,6
42,0	279,7	2128,2	57,0	284,6	283,3			
42,0	279,0	2181,7	57,0	283,8	285,4			
42,0	278,3	2209,6	57,0	283,1	1098,0			
45,0	285,8	282,4	57,0	282,3	2054,3			
45,0	285,6	282,4	57,0	281,6	2104,4			
45,0	285,3	282,4	57,0	280,9	2168,9			
45,0	285,0	282,7	57,0	280,1	2187,7			
45,0	284,7	282,9	57,0	279,4	2191,2			
45,0	284,4	283,2	57,0	278,6	2202,6			
45,0	284,1	283,4	60,0	286,5	281,8			
45,0	283,3	389,7	60,0	286,4	282,5			
45,0	282,6	1680,6	60,0	286,0	284,0			
45,0	281,9	2000,5	60,0	285,7	284,4			
45,0	281,2	2044,5	60,0	285,4	284,8			
45,0	280,5	2135,2	60,0	285,0	285,3			
45,0	279,8	2144,3	60,0	284,7	285,8			
45,0	279,1	2187,8	60,0	284,0	287,2			
45,0	278,4	2205,6	60,0	283,2	1117,3			
48,0	286,0	281,4	60,0	282,4	2119,2			
48,0	285,8	281,4	60,0	281,7	2149,0			
48,0	285,5	281,4	60,0	280,9	2168,0			
48,0	285,2	281,4	60,0	280,2	2187,7			
48,0	284,8	281,4	60,0	279,4	2189,0			
48,0	284,5	281,4	60,0	278,7	2202,6			
48,0	284,2	281,4	63,0	286,7	281,6			
48,0	283,5	330,5	63,0	286,5	283,1			
48,0	282,8	1434,5	63,0	286,2	285,0			
48,0	282,0	1966,9	63,0	285,9	285,6			
48,0	281,3	2032,3	63,0	285,5	286,2			
48,0	280,6	2159,4	63,0	285,2	286,9			
48,0	279,9	2164,7	63,0	284,8	287,6			
48,0	279,2	2191,8	63,0	284,1	288,5			
48,0	278,4	2203,4	63,0	283,3	1174,6			
51,0	286,1	281,4	63,0	282,6	2173,2			
51,0	285,9	281,4	63,0	281,8	2183,5			
51,0	285,6	281,4	63,0	281,0	2183,5			
51,0	285,3	281,4	63,0	280,3	2193,3			
51,0	285,0	281,4	63,0	279,5	2193,3			
51,0	284,6	281,4	63,0	278,7	2202,6			
51,0	284,3	281,4	66,0	286,9	282,9			
51,0	283,6	297,9	66,0	286,7	284,7			
51,0	282,9	1242,3	66,0	286,3	288,4			
51,0	282,1	1960,4	66,0	286,0	289,0			
51,0	281,4	2043,4	66,0	285,7	289,7			
51,0	280,7	2170,1	66,0	285,3	290,5			
51,0	280,0	2178,7	66,0	285,0	291,2			
51,0	279,2	2192,8	66,0	284,2	292,0			
51,0	278,5	2202,9	66,0	283,4	1258,6			
54,0	286,3	281,4	66,0	282,7	2193,6			
54,0	286,1	281,4	66,0	281,9	2194,6			
54,0	285,8	281,4	66,0	281,1	2194,6			
54,0	285,4	281,4	66,0	280,3	2201,5			
54,0	285,1	281,4	66,0	279,6	2201,5			
54,0	284,8	281,5	66,0	278,8	2202,6			



PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P

Località: Torrite (Castelnuovo di Garfagnana)

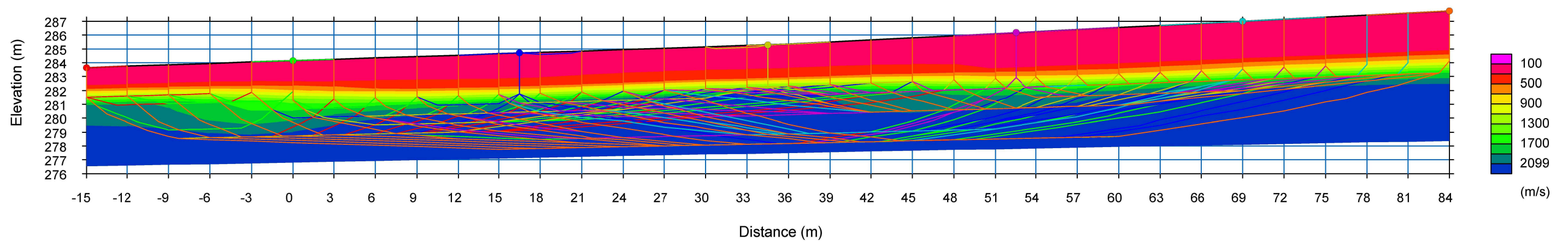
Committente: Amministrazione comunale

Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.

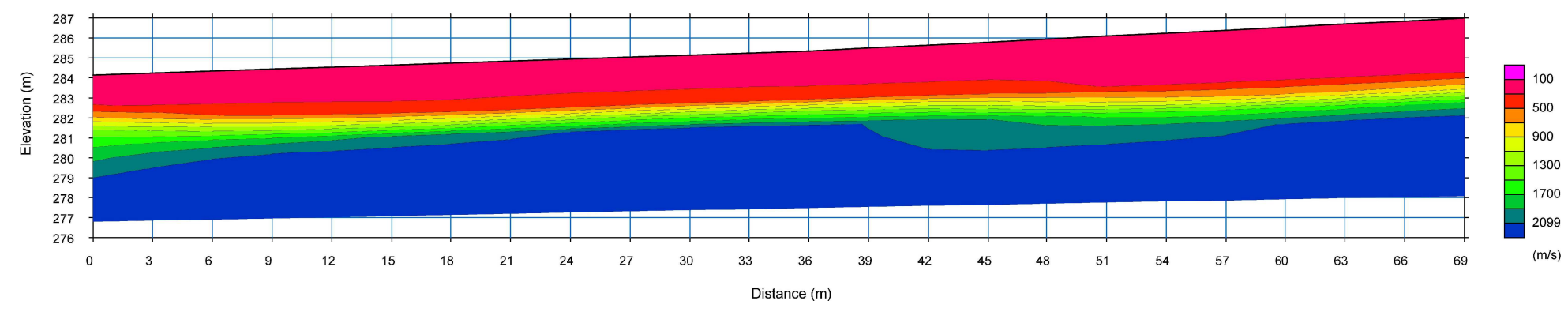
Sismogrammi ST2

AII. 3

Novembre 2013



Modello tomografico esteso - Percorso dei raggi in scala 1:300



Modello tomografico 2D - Velocità sismiche dei terreni in scala 1:300

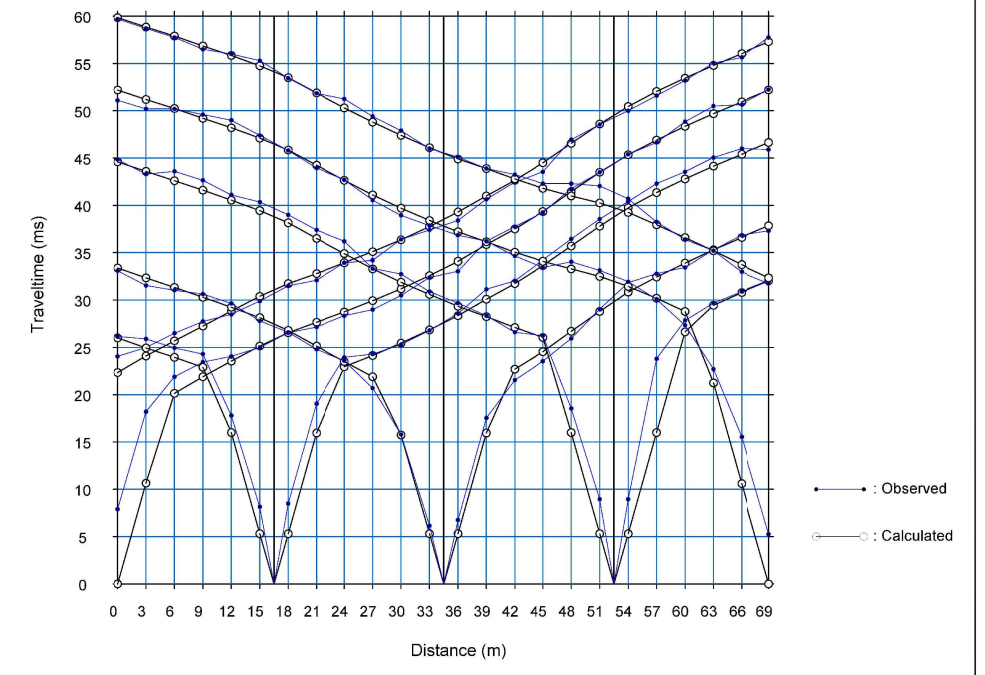
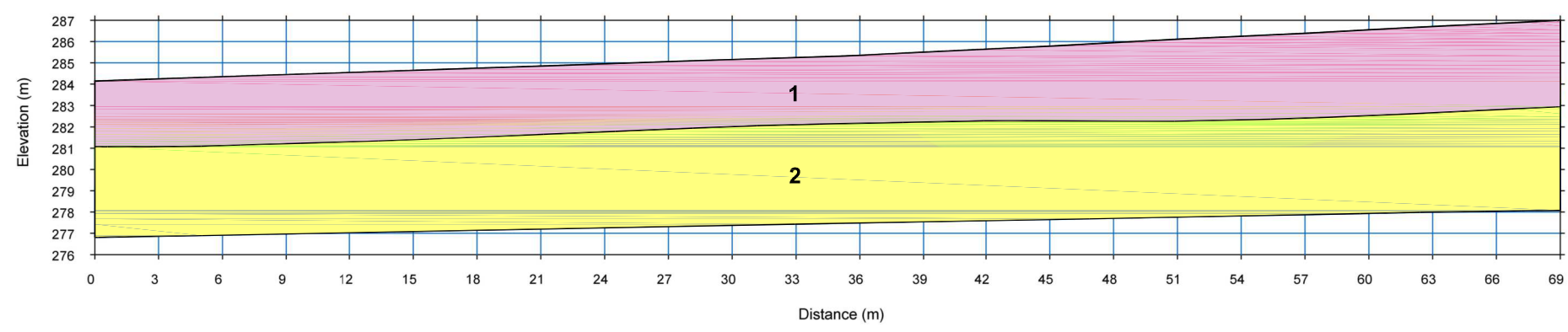


Grafico delle domocrone misurate e calcolate in scala 1:800



Sezione sismostratigrafica in scala 1:300

- 1** Limi sabbiosi sciolti/poco addensati con rari ciottoli eterometrici (depositi alluvionali recenti interessati dalle oscillazioni stagionali della falda)
- 2** Limi sabbiosi da moderatamente addensati ad addensati con ghiaie e ciottoli eterometrici diffusi (depositi alluvionali recenti sotto il livello di falda)

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P	
Località: Torrite (Castelnuovo di Garfagnana)	
Committente: Amministrazione comunale	
Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.	
SEZIONE SISMICA ST2	
All. 5	Novembre 2013

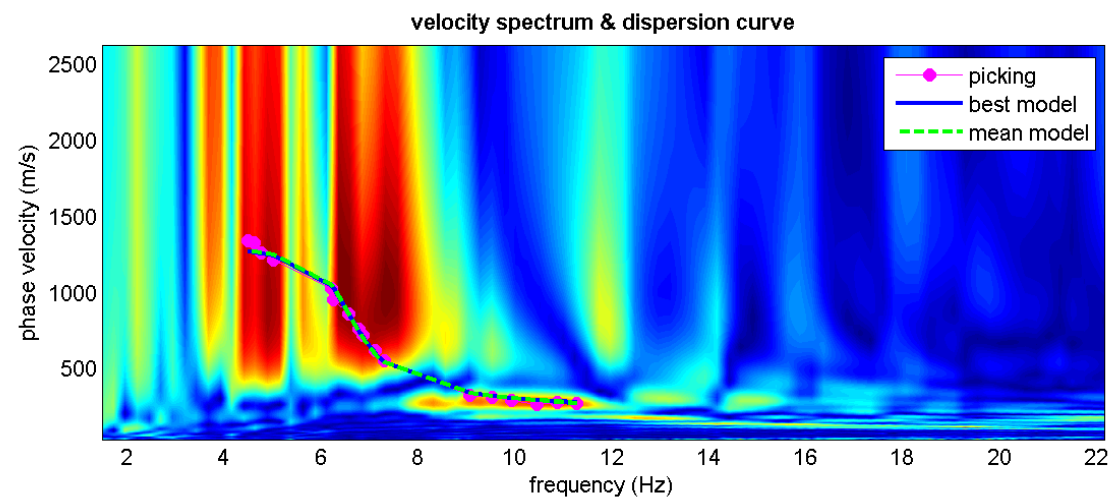
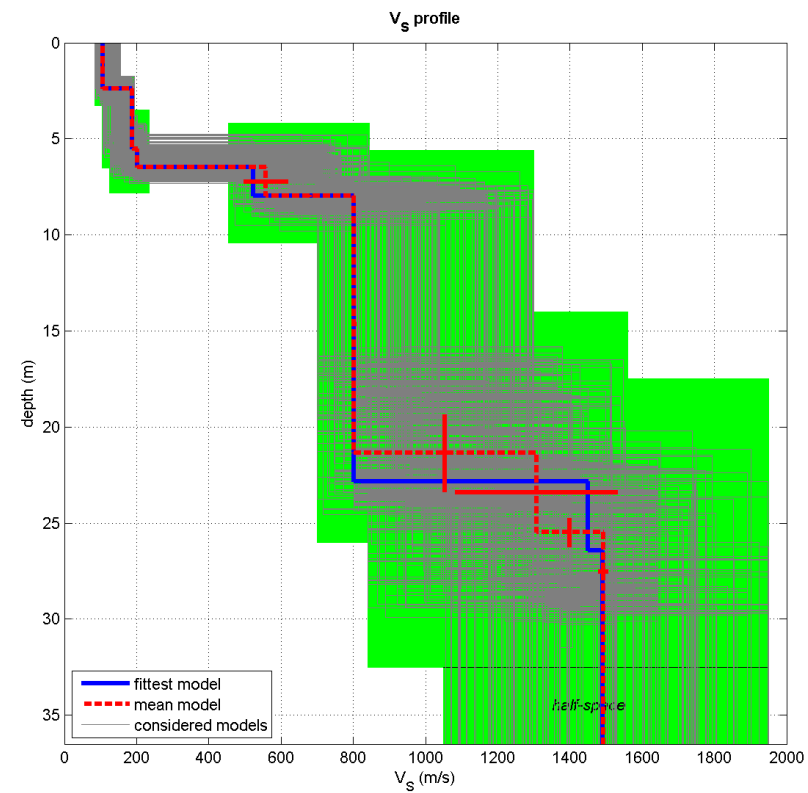


Figura 1 – Spettro di velocità calcolato



dataset: 6952.dat

Figura 2 - Profilo verticale delle velocità

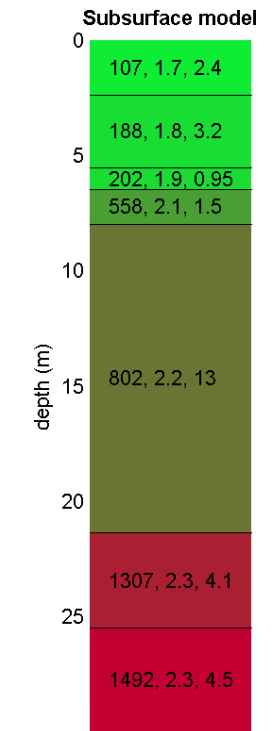


Figura 3 - Colonna stratigrafica:
Vs (m/s) – densità (gr/cm³) – spessore (m)

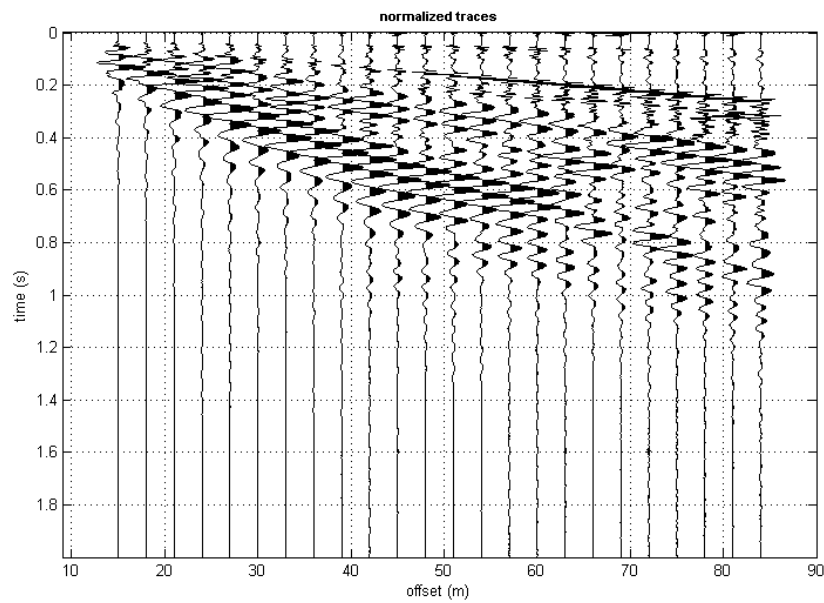


Figura 4 - Sismogramma



Figura 5 - Zona di esecuzione della prova sismica MASW

Da Prof. (m)	A Prof. (m)	Spessore (m)	Vs (m/sec)	Vs _x (m/sec)	Densità (gr/cm ³)	Modulo di taglio (MPa)
0.0	2.4	2.4	107	107	1.69	19
2.4	5.6	3.2	188	142	1.83	65
5.6	6.5	0.9	202	148	1.85	76
6.5	8.0	1.5	558	172	2.08	646
8.0	21.4	13.4	802	338	2.20	1412
21.4	25.5	4.1	1307	384	2.32	3966
25.5	36.0	10.5	1492	490	2.31	5134

PROVA SISMICA MASW

Località: Torrite (Castelnuovo di Garfagnana)

Committente: Amministrazione comunale

Cantiere: Piano Attuativo area E.R.P.

Sezione sismica M1

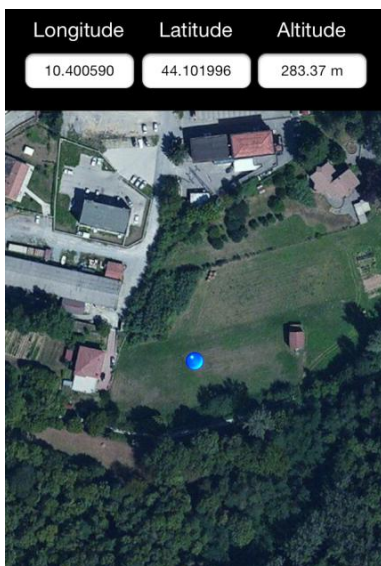
All. 6

Novembre 2013

Allegato 7: Scheda di elaborazione della misura di rumore ambientale (HVSR)

Dati generali

Nome progetto: TORRITE_HV1
Committente: Amministrazione comunale
Località: Torrite
Comune: Castelnuovo di Garfagnana
Provincia: Lucca
Data: 22/11/2013
Inizio registrazione: 16:04:26
Latitudine: 44.101996
Longitudine: 10.400590
Condizioni meteo: Coperto – vento assente
Tipo di superficie: Terreno naturale; strumento posizionato all'interno di piccola buca scavata nel terreno e cavo di uscita parzialmente interrato
Note: Rari transienti



Tracce in input

Dati riepilogativi:

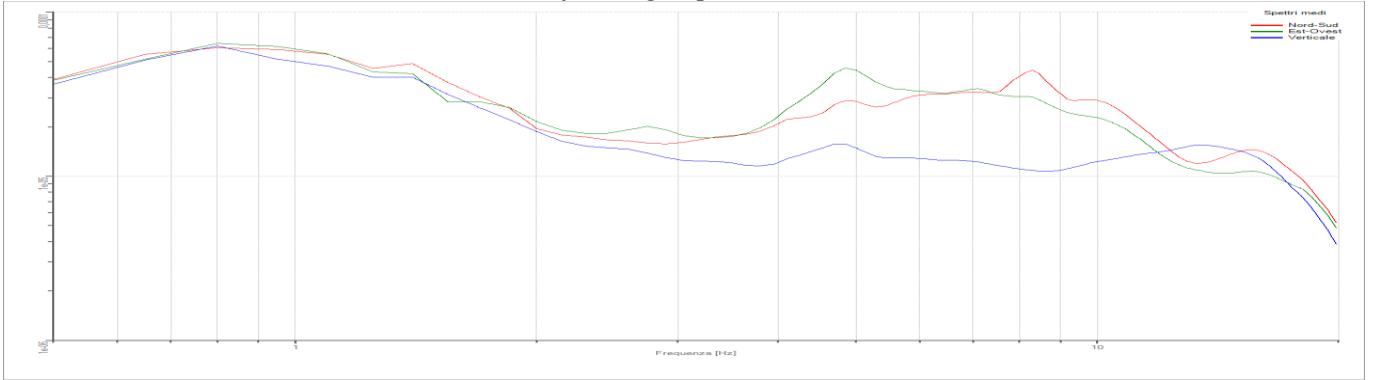
Numero tracce: 3
Durata registrazione: 2400 s
Frequenza di campionamento: 200,00 Hz
Numero campioni: 480000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

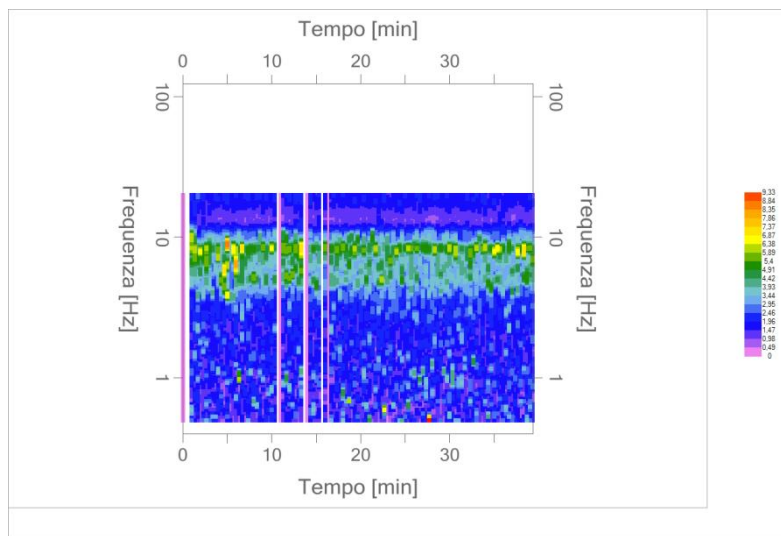
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre : 120
Numero finestre incluse nel calcolo: 111
% finestre incluse nel calcolo: 92.5% (selezione manuale)
Dimensione temporale finestre: 20,000 s
Tipo di lisciamiento: Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
Padding: Eseguito

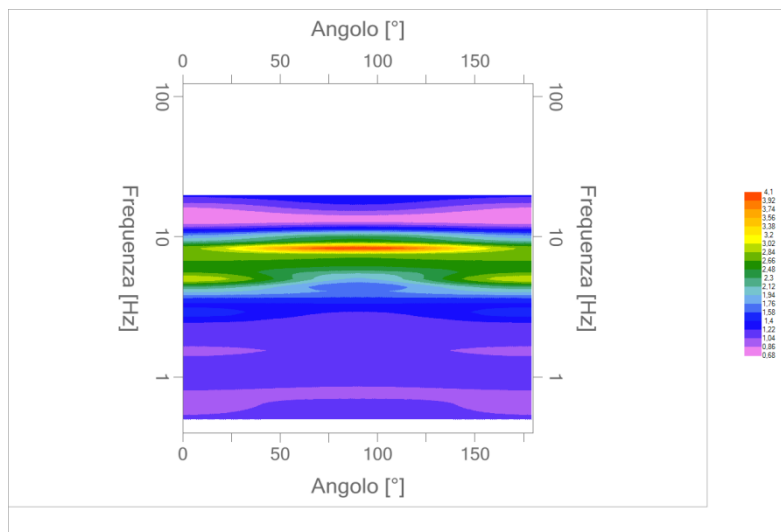
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

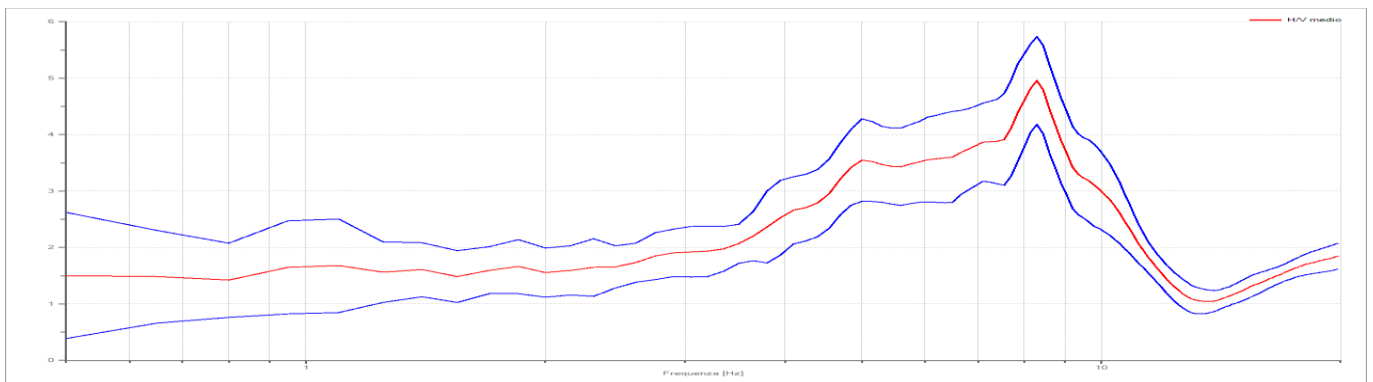
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 20,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,15 Hz
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica
 Tapering: 5%

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 8,30 Hz \pm 0,16 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Criteri SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Classificazione della curva H/V

Classe	A
Tipo	1

Allegato 8: Documentazione fotografica



Figura 1 – Prova penetrometrica dinamica superpesante P1



Figura 2 – Prova penetrometrica dinamica superpesante P2



Figura 3 – Prova penetrometrica dinamica superpesante P3



Figura 4 – Stendimento sismico ST1 – onde SH



Figura 5 – Stendimento sismico ST2 – onde P



Figura 6 – Stendimento sismico M1 - Masw