

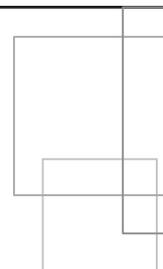
COMUNE DE L'AQUILA



BEYOND ARCHITECTURE GROUP
studiomobile



PROGETTO DI COSTRUZIONE DI SETTE MANUFATTI TEMPORANEI RESIDENZIALI A PESCOMAGGIORE



RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE

COMITATO PER LA RINASCITA DI
PESCOMAGGIORE
VIA DELLA MADONNA, 4
PESCOMAGGIORE
67100, L'AQUILA

INDIRIZZO

STRADA DELLA CONSERVA
PESCOMAGGIORE
67100, L'AQUILA

PROGETTISTI

ARCH. PAOLO ROBAZZA
ARCH. FABRIZIO SAVINI

GEOLOGI

DOTT. GEOL. EDOARDO PERONACE
CORSO GARIBALDI, 179
88049 SOVERIA MANNELLI (CZ)
P.IVA 10385321004

DOTT. GEOL BRUNO QUADRIO
VIA BONA LOMBARDA, 6
23037 TIRANO (SO)
P.IVA 00906100144

Indice

Indice.....	1
Premessa.....	2
Inquadramento Geologico e Geomorfologico.....	2
Indagini eseguite	4
Cenni teorici sulle indagini geofisiche eseguite.....	4
Indagine geofisica tipo MASW.....	4
Indagine geofisica tipo Sismica a Rifrazione.....	5
Microtremori a stazione singola.....	6
Risultati delle indagini	7
Indagini geofisiche (MASW e Sismica a Rifrazione).....	7
Microtremori a stazione singola.....	7
Conclusioni	8

Allegati

Corografia.....	11
Stralcio Catastale.....	13
Trincea Geognostica.....	15
Carta Geologica scala 1:5000.....	17
Ubicazione delle Indagini.....	19
Indagine Geofisica.....	21
Misure di Microtremori.....	41
Stralcio Progetto definitivo.....	51
Allegato Fotografico.....	53
Foto Aerea.....	61
Planimetria con indicazione dei punti di raccolta delle acque.....	63

Premessa

A seguito della richiesta del *Comitato per la rinascita di Pescomaggiore*, con sede in Pescomaggiore, via della Madonna 4, viene redatta la presente relazione al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico e geofisico l'area di studio.

Il sito è ubicato nei pressi della frazione di Pescomaggiore, nel Comune di L'Aquila, in via della Conserva, lungo la strada provinciale 103 (allegato 1), e accatastato nel foglio n° 85, particelle n° 787, 65 e 66 (allegato 2).

All'interno dell'area è prevista la realizzazione di un complesso di edifici temporanei in bioedilizia, finalizzati ad ospitare alcuni nuclei familiari di Pescomaggiore le cui abitazioni sono state danneggiate a seguito del terremoto del 6 aprile 2009. Tale opera prevede l'esecuzione di uno sbancamento minimo dell'originale scarpata esistente per la realizzazione del piano di posa delle platee di fondazione.

In data 12 agosto 2009 è stato eseguito un sopralluogo in un intorno significativo dell'area oggetto della presente relazione, al fine di effettuare un rilievo di superficie per la definizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche, nonché per individuare eventuali criticità. A seguito di tale sopralluogo è stata concordata con i progettisti una campagna di indagini geofisiche per la caratterizzazione dinamica dei terreni secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) entrate in vigore il 1/07/2009.

Inquadramento Geologico e Geomorfologico

L'area di studio è ubicata a nord-est dell'abitato di Pescomaggiore, sulla cresta che dal paese si raccorda col versante del monte Croce (1208 m s.l.m.).

Dal punto di vista geomorfologico il sito si colloca sul bordo della sopra citata cresta su un pendio blandamente degradante verso est (allegato 9 foto n°1), in corrispondenza di un impluvio naturale all'interno del quale, durante i sopralluoghi effettuati, è stata rilevata la presenza di acqua nella sua porzione sommitale. Nella porzione meridionale, non è stata individuata la presenza di acqua, che probabilmente viene drenata dai terreni di riempimento dell'impluvio stesso. Nella parte occidentale, oltre la strada provinciale 103, il versante mostra pendenze maggiori rispetto al versante sul quale verrà realizzato l'intervento.

Dal punto di vista geologico il sito d'intervento è caratterizzato dall'affioramento di rocce appartenenti alla formazione della Scaglia Cinerea (SCCa - Carta Geologica D'Italia scala 1:50.000, Progetto C.A.R.G., foglio 359 "L'Aquila"). Tale formazione si presenta nel sito come affiorante o sub-affiorante, costituita da calcari marnosi fratturati (figura 1).

Al di sopra di tali rocce, nella porzione limitrofa alla strada è stata rilevata la presenza di un sottile strato di copertura (spessore dell'ordine del metro) costituito essenzialmente da terreno vegetale alternato a depositi antropici di natura calcarea (pezzame lapideo eterometrico). Nella porzione inferiore del sito è stato possibile osservare direttamente la stratigrafia del sottosuolo in uno scavo della profondità di circa 2,0 m, dove è stata rilevata la presenza di circa 0,30 m di terreno vegetale seguito fino a fondo scavo da calcari marnosi intensamente fratturati (allegato 3, allegato 9 foto n°2 e 3).

Come si evince dalla carta geologica di figura 1, è stata individuata la presenza di una faglia ad andamento NE-SO circa, che borda ad occidente la cresta su cui è costituito l'abitato di Pescomaggiore. Durante i rilievi effettuati è stato inoltre rilevato un segmento della faglia già citata nei pressi dell'area d'interesse, ma non presente in cartografia ufficiale, che ne rappresenta la sua

prosecuzione verso NE (allegato 4). È importante osservare come a seguito del terremoto del 6 aprile tale struttura tettonica non abbia mostrato alcun segno di riattivazione.

Nella valle antistante il versante sono presenti depositi eluvio-colluviali con detrito calcareo in matrice limoso argillosa derivanti dall'erosione dei rilievi orientali (monte Croce).

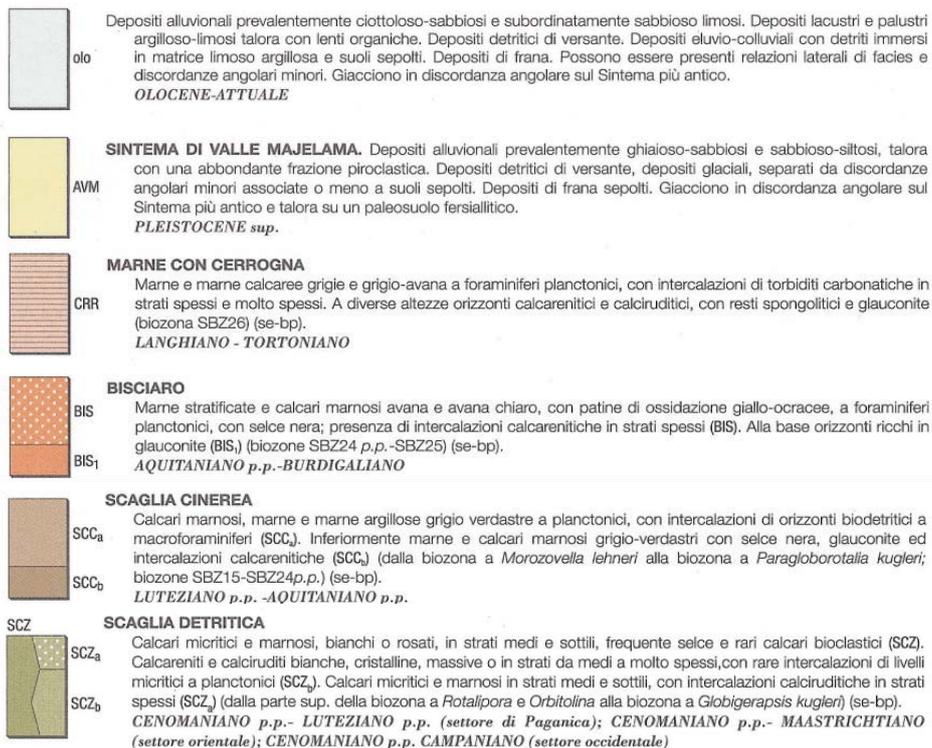
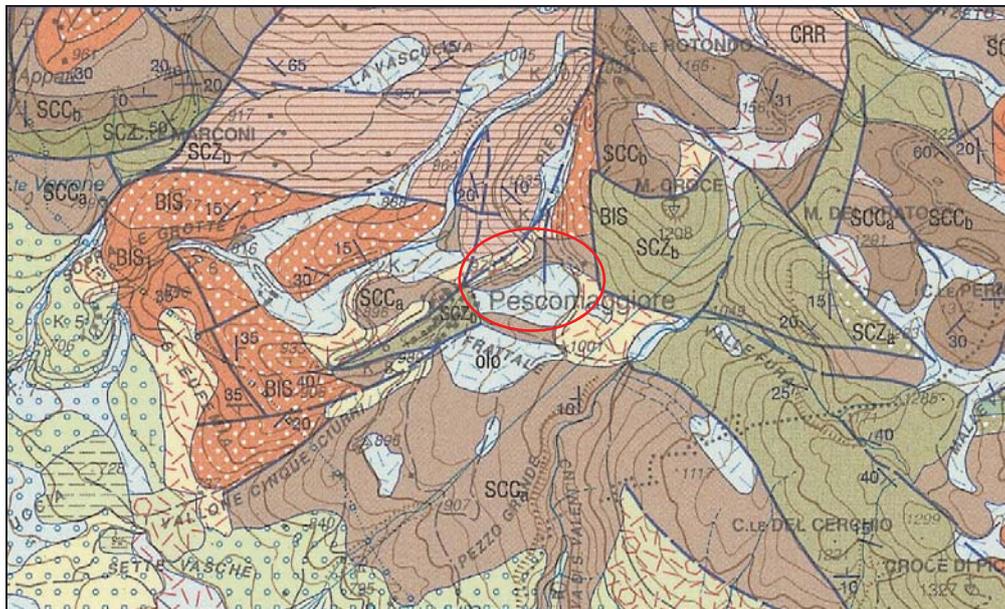


Fig. 1 – Stralcio del foglio 359 “L’ Aquila” del progetto C.A.R.G., “Carta Geologica d’Italia” al la scala 1: 50.000 (<http://www.apat.gov.it/Media/carg/index.html>); l’ovale rosso identifica l’area di studio.

Indagini eseguite

Nell'area analizzata, come accennato nelle premesse, è stata effettuata un'indagine geofisica tipo MASW (ubicazione in allegato 5) al fine di ottenere il valore delle velocità delle onde di taglio nei primi 30m di profondità, dei terreni presenti nell'area. Tale parametro risulta infatti indispensabile secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) recentemente entrate in vigore (1 luglio 2009), per la quantificazione del fattore di amplificazione dei terreni ubicati al di sopra di un ipotetico *bedrock* sismico.

Inoltre, sono state eseguite delle indagini con la finalità di individuare la frequenza di vibrazione propria dei terreni investigati tramite la tecnica dei microtremori a stazione singola (ubicazione in allegato 5). Tale parametro risulta di fondamentale importanza, una volta noto il periodo proprio di una struttura, al fine di evitare possibili fenomeni di risonanza causati da un ipotetico *input* sismico.

Cenni teorici sulle indagini geofisiche eseguite

Indagine geofisica tipo MASW

Lo scopo della prova MASW (acronimo di *Multichannel Analysis Surface Waves*) consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh (V_R) ed un successivo processo di inversione, attraverso il quale viene fornita una stima indiretta della distribuzione delle V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio). La prova si applica generalmente quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 ed i 50 m, presentando una maggiore attendibilità per profondità indagate inferiori ai 20 m. Si rende necessaria soprattutto quando esiste la necessità di estrapolare dati medi relativi ad ampi volumi di terreno e quando i risultati da ottenere devono essere di qualità e precisione buone.

Per l'esecuzione della prova è necessaria una superficie pianeggiante più o meno ampia in relazione alla profondità di indagine. Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze, opportunamente regolabile, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate (Figura 3).

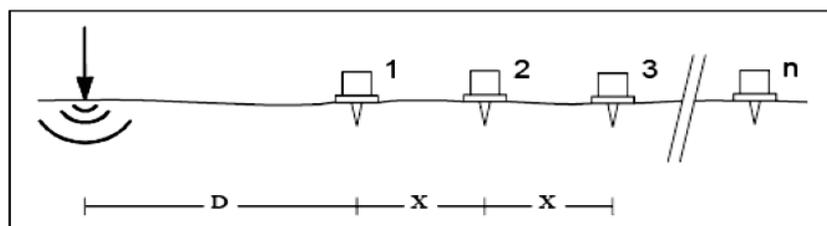


Fig. 3 – Schema semplificato della prova MASW

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo Rayleigh.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione utilizzata per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione. In questo caso l'acquisizione è stata effettuata tramite 24 canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz). L'energizzazione è avvenuta tramite massa battente (mazza da 5Kg) su una piastra di alluminio direttamente appoggiata sul terreno naturale.

Indagine geofisica tipo Sismica a Rifrazione

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla generazione artificiale di impulsi sismici, sotto forma di onde elastiche, per la determinazione delle velocità di propagazione nel terreno, essendo queste variabili secondo la natura dei terreni attraversati lo stato di alterazione delle rocce e ad altre caratteristiche come chimismo, porosità, scistosità e stratificazione.

Il principio base della sismica a rifrazione richiede che le velocità degli strati attraversati siano crescenti dall'alto verso il basso. A seguito di una energizzazione del terreno, realizzabile con dispositivi di vario tipo, vengono acquisiti da un registratore (sismografo) i primi impulsi che giungono ad appositi trasduttori, detti geofoni, disposti lungo un allineamento passante per il punto di energizzazione. Sulla base di tale configurazione è stata effettuata anche un'indagine sismica a rifrazione con la finalità di definire una stratigrafia geologica e geofisica dell'area indagata.

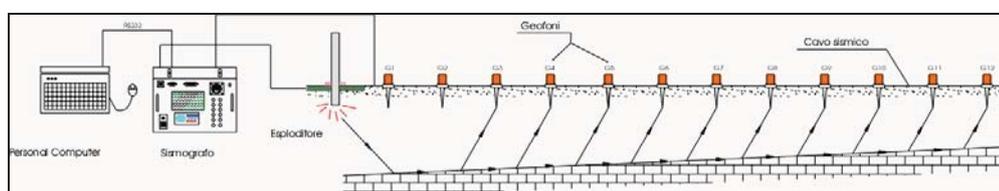


Fig. 4 – Schema semplificato della prova MASW

I geofoni più vicini al punto di energizzazione sono raggiunti dall'onda diretta, mentre a quelli successivi arrivano per prime le onde che hanno attraversato lo strato sottostante, più veloce, e che da esso sono state rifratte. La profondità di penetrazione è vincolata alla lunghezza dello stendimento, in un rapporto che, solo in casi ottimali, può raggiungere il valore di 1:3.

Riportando i dati acquisiti dal sismografo su un diagramma a spazio - tempo, si ottiene una linea spezzata detta dromocrona, i cui rami presentano una pendenza dipendente dalla velocità di propagazione delle onde sismiche negli strati. Le coordinate del punto d'intersezione tra i tratti a diversa pendenza sono determinate dallo spessore degli strati.

Con due o più punti di energizzazione e con profili rilevati in versi opposti è possibile determinare l'andamento degli strati anche quando le superfici sono inclinate, mentre con un elevato numero di scoppi (arrivando anche ad uno per geofono) è possibile definirne l'andamento di superfici molto irregolari oppure ondulate.

A tale proposito, è comunque necessario specificare che la sismica a rifrazione consente di definire le velocità delle onde longitudinali (V_p) in funzione delle diverse caratteristiche elastiche dei materiali attraversati, pertanto il cambiamento di velocità individua delle superfici isocinetiche, che non necessariamente corrispondono in maniera univoca a contatti stratigrafici. Il profilo sismico

è stato eseguito per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo in termini di velocità di propagazione delle onde di volume compressive o longitudinali (P).

Microtremori a stazione singola

Tale metodo, anche noto come tecnica di Nakamura (1989)¹, è basato sul calcolo dei rapporti spettrali tra la componente verticale e quella orizzontale del segnale registrato (rapporto H/V), e consente di determinare la frequenza di risonanza di un sito utilizzando il rumore ambientale (microtremore, ovvero rumore ambientale a corto periodo) nell'ipotesi che lo spettro della componente verticale simuli quello di un rumore bianco.

Attraverso un sistema di acquisizione composto da un sensore a tre componenti (verticale, Est-Ovest e Nord-Sud) e da un convertitore analogico digitale, si registrano finestre di rumore ambientale dalle quali è possibile elaborare i rapporti H/V. Tali rapporti presentano un comportamento differente a seconda del sito considerato, mostrando a seconda dei casi un picco di amplificazione in corrispondenza della frequenza fondamentale del sito. È importante sottolineare come in contesti geologico-tecnici semplici, la tecnica di Nakamura (1989) fornisca l'esatto valore della frequenza fondamentale, dimostrando peraltro che essa dipende da alcune caratteristiche dei litotipi di indagine; tra le più importanti si ricordano lo spessore delle coltri di copertura e i differenti parametri geotecnici e geofisici che definiscono il contrasto tra i litotipi.

Pare ormai chiaro, invece, come questa tecnica sperimentale, nella maggior parte dei casi, non consenta l'individuazione di eventuali fenomeni di amplificazione e topografica e di effetti di amplificazione bidimensionale (es. effetti di bacino). I valori di amplificazione ottenuti dall'analisi di misure di microtremore (rumore ambientale di corto periodo inferiore ai 5 secondi) in un'area di indagine, elaborate con la tecnica sopra descritta, devono essere interpretati in relativo, ovvero riconoscendo quali siti amplificano più di altri in funzione delle misure effettuate, senza però poter definire quale sia l'amplificazione "assoluta" su ogni sito.

¹ Nakamura Y. (1989) - A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *QR Railway Tech. Res. Inst.* 30, 1, 25-33.

Risultati delle indagini

Indagini geofisiche (MASW e Sismica a Rifrazione)

L'indagine geofisica di tipo MASW, realizzata in data 13 agosto 2009 dalla ditta Polo Geologico s.r.l. di Roma (allegato 6), ha restituito un profilo di velocità delle onde di taglio estremamente variabile con la profondità, con la presenza di 2 inversioni di velocità lungo il profilo dei 30m.

Nei primi 2,5 m di sottosuolo la velocità delle onde di taglio cresce da 650 m/s a circa 770 m/s, seguita dalla prima inversione di velocità, con una diminuzione fino ad un valore di 480 m/s. Dalla profondità di 7,5 m si verifica un rapido aumento della Vs sino a circa 1270 m/s (10,5 m di profondità). Il profilo della velocità delle onde di taglio prosegue con una leggera diminuzione (1210 m/s) fino ai 19,0 m, dove si registra un brusco incremento dei valori della Vs fino a 350 m/s. Da questo punto fino alla profondità di 24,5 m la velocità rimane costante, per poi aumentare sino al valore di 1090 m/s misurato sino ai 30,0 m di profondità.

L'indagine sismica a rifrazione (allegato 6) è stata eseguita al fine di ottenere una stratigrafia particolareggiata del sottosuolo associata ai valori di velocità delle onde di compressione. L'elaborazione delle tracce registrate in campagna ha restituito il seguente profilo sismostratigrafico:

- Il primo sismostrato rappresenta i terreni di copertura sciolti ed è caratterizzato da Vp comprese tra 300 e 350 m/s e spessori inferiori al metro.
- La velocità nel secondo strato è di 1100 m/s ed è correlabile sia a terreni detritici addensati e pseudocementati sia a calcari molto fratturati. Lo spessore di questa unità è esiguo verso l'estremità inversa mentre raggiunge 3,5 metri sulla estremità diretta.
- Il terzo sismostrato presenta uno spessore uniforme di circa 8 m e velocità di 1700 m/s riferibile a calcari fratturati o, in subordine, a terreni detritici.
- Il substrato o quarto sismostrato, caratterizzato da velocità di circa 3000 m/s, rappresenta un'unità litoide con patta riferibile a calcari da poco fratturati a integri il cui tetto ha un andamento sub-orizzontale.

Il rilievo piano altimetrico dello stendimento sismico è stato eseguito con misure di dettaglio sui punti di energizzazione e sui geofoni mediante clinometro – eclimetro e stadia in allumino estensibile da 5m (allegato 9, foto n°6).

Microtremori a stazione singola

In data 25 agosto 2009 è stata realizzata una prima misura di microtremore a stazione singola la cui ubicazione è riportata in allegato 5, identificata dalla sigla MTM1 (allegato 9, foto n°3).

Lo spettro ricavato dall'analisi della misura in questione (allegato 7) presenta un andamento essenzialmente piatto con un'ampiezza tra 1 e 2 Hz. Tale andamento (spettro HVSR piatto) rispecchia una condizione geologica di substrato. Un'attenta osservazione del segnale, mostra, al di sotto dei 20 Hz (valore al di sopra del quale il rumore misurato è da imputare ad un'origine antropica), uno scostamento dall'andamento piatto tra i 4 Hz e i 10 Hz. Tale perturbazione potrebbe essere imputata alla presenza di uno spessore esiguo di substrato alterato (<10m).

Sulla base di tale risultato è stata effettuata un'ulteriore campagna di misure (MTM 2 e MTM 3 la cui ubicazione è riportata in allegato 5), durante le ore notturne, al fine di verificare se tale segnale fosse generato da sorgenti antropiche. Per tale motivo, il giorno 31 agosto 2009 sono state effettuate le sopra citate acquisizioni, i cui risultati sono riportati in allegato 7. Da un primo confronto dei risultati scaturiti dalle misure è possibile notare come tutte e tre siano praticamente equivalenti al di sotto dei 20 Hz. Lo spettro si presenta infatti sempre essenzialmente piatto con un valore di ampiezza attorno a 1 in tutti e tre i casi.

L'andamento pressoché sovrapponibile dello spettro H_{VSR} ottenuto da acquisizioni effettuate in diversi periodi del giorno (di e notte) porta ad escludere che la perturbazione del segnale individuata e compresa tra i 4 Hz e i 10 Hz, sia imputabile ad un disturbo di origine antropica.

Conclusioni

Sulla base dei sopralluoghi effettuati sia in fase preliminare che in fase di esecuzione delle opere nell'area di studio è emerso quanto segue:

- il progetto prevede, in alcune aree dell'area d'intervento, la riprofilatura del versante (allegato 8) e la posa di materiale di riporto al fine di ottenere un piano di fondazione idoneo ad ospitare gli edifici in progetto. Per tali aree si prescrive la compattazione opportuna di tale materiale al fine di ottenere un fondo quanto più omogeneo tale da evitare la possibilità di eventuali cedimenti differenziali. Data la natura litologica e coerente dei terreni presenti e sulla base della tipologia edilizia in progetto, non sono previste particolari problematiche in relazione a possibili cedimenti.

- durante il sopralluogo effettuato in un'intersezione significativa dell'area, è stata rilevata la presenza, lungo la strada della Conserva in direzione del monte Croce, di profonde forme di erosione sul fondo della strada stessa (allegato 9, foto n°4 e 5).

La causa di tale fenomeno è dovuta in primo luogo alla scorretta regimazione delle acque superficiali che, in corrispondenza di eventi meteorici eccezionali, non si infiltrano completamente nel sottosuolo e trovano come via preferenziale di scorrimento il fondo stradale. A lato di tale percorso è comunque presente un piccolo fosso originariamente realizzato per la raccolta delle acque verso due diversi punti della strada (allegato 11; allegato 9, foto n°7 e 8) in corrispondenza dei quali si trovano dei manufatti in cemento (tombotti) finalizzati al convogliamento delle acque stesse verso i campi situati immediatamente più a valle. Al momento del sopralluogo, sia il fosso che i manufatti risultavano invasi dalla vegetazione e parzialmente ostruiti da materiale inerte.

Tale incuria fa in modo che le acque di corrivazione raggiungano l'area oggetto dello studio, rappresentando in tal modo un elemento di rischio in termini di potenziali dissesti idrogeologici nei confronti delle abitazioni in progetto.

Per tale motivo si prescrive l'accurata pulizia e manutenzione degli elementi sopra descritti al fine di ottenere una corretta regimazione delle acque superficiali. Per quanto riguarda l'esatta ubicazione dei manufatti e dei fossi si faccia riferimento all'allegato 11.

- la valutazione della categoria di sottosuolo nel sito di Pescomaggiore è stata realizzata sulla base dei risultati delle indagini geofisiche tipo MASW (allegato 6); i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità ($V_{s,30}$) restituiti dall'indagine geofisica è pari a 667 m/s.

A tale valore di $V_{s,30}$, secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 14/01/08),

corrisponde una **categoria di sottosuolo “B”** definita come:

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

- In relazione alle caratteristiche geomorfologiche del sito di progetto le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 14/01/08) prevedono delle categorie topografiche di riferimento, nel caso di configurazioni superficiali semplici, da assegnare in funzione della topografia e dell'inclinazione.

Sulla base dell'ubicazione del sito e in relazione alle sue caratteristiche geomorfologiche, l'area d'intervento ricade all'interno della **categoria topografica T3**.

Autori: *Dott. Geol. E. Peronace*
 Dott. Geol. B. Quadrio

(Edoardo Peronace)

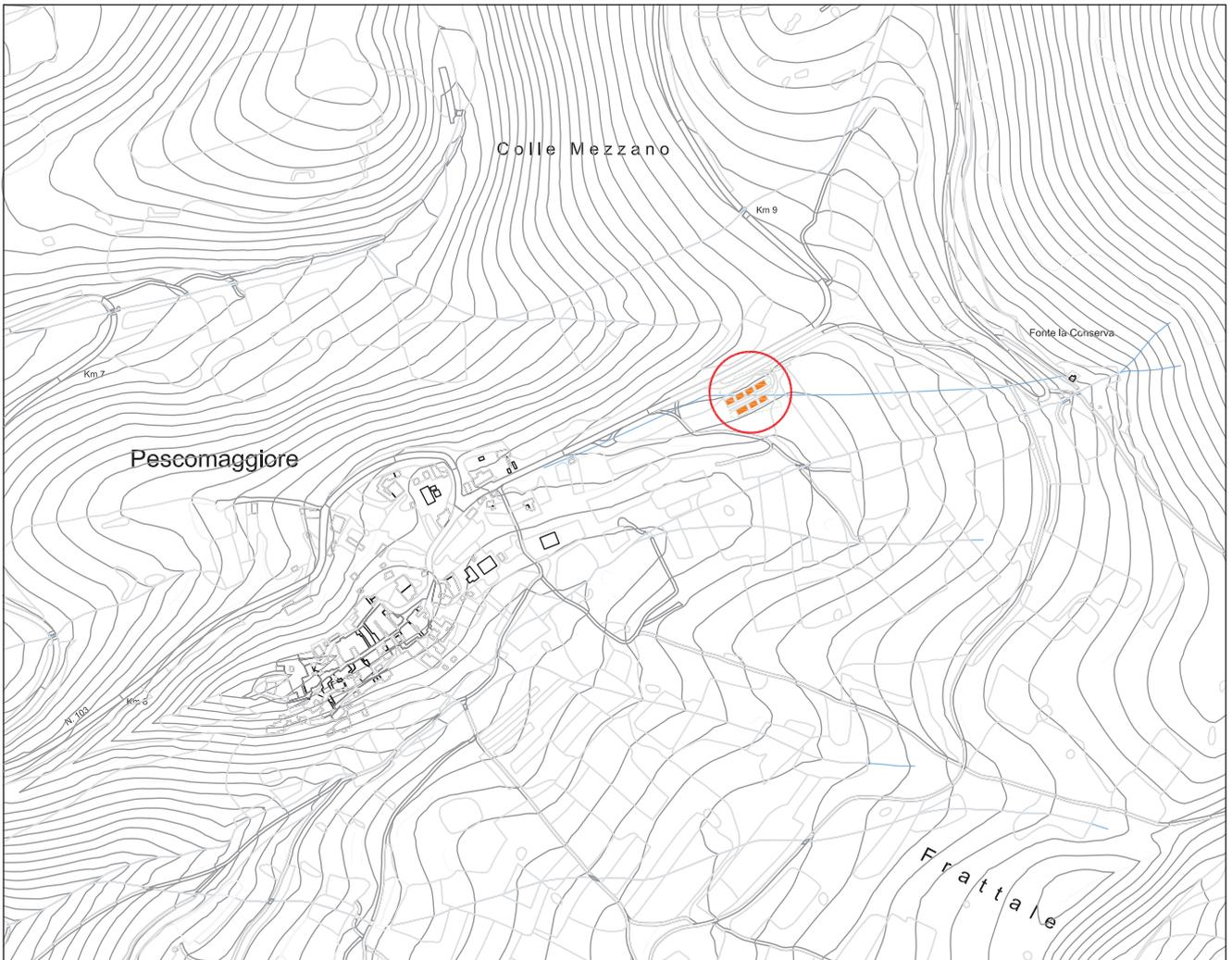
(Bruno Quadrio)

Allegato 1



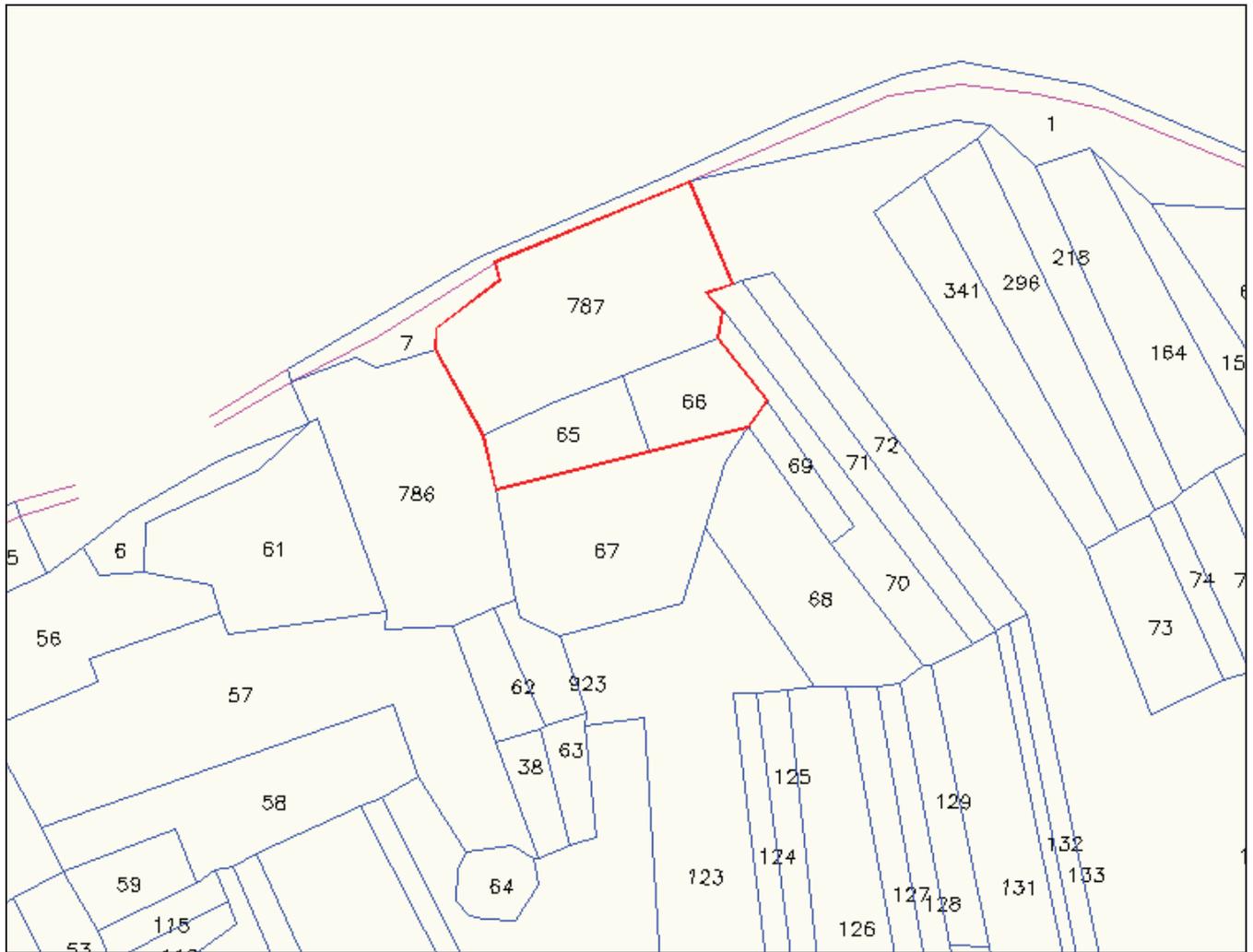
 Ubicazione dell'area oggetto dell'intervento

Scala 1:25000



Scala 1:5000

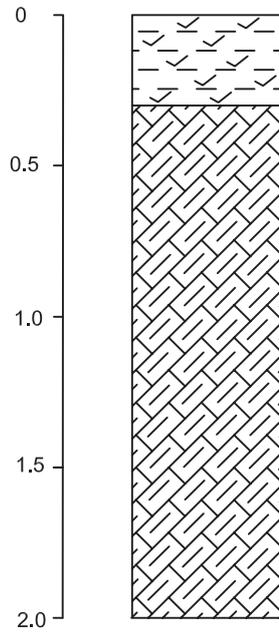
Allegato 2



Stralcio del foglio catastale 85 del Comune de L'Aquila; In rosso sono evidenziate le particelle catastali nelle quali verranno realizzati gli edifici in progetto.

Allegato 3

TR1



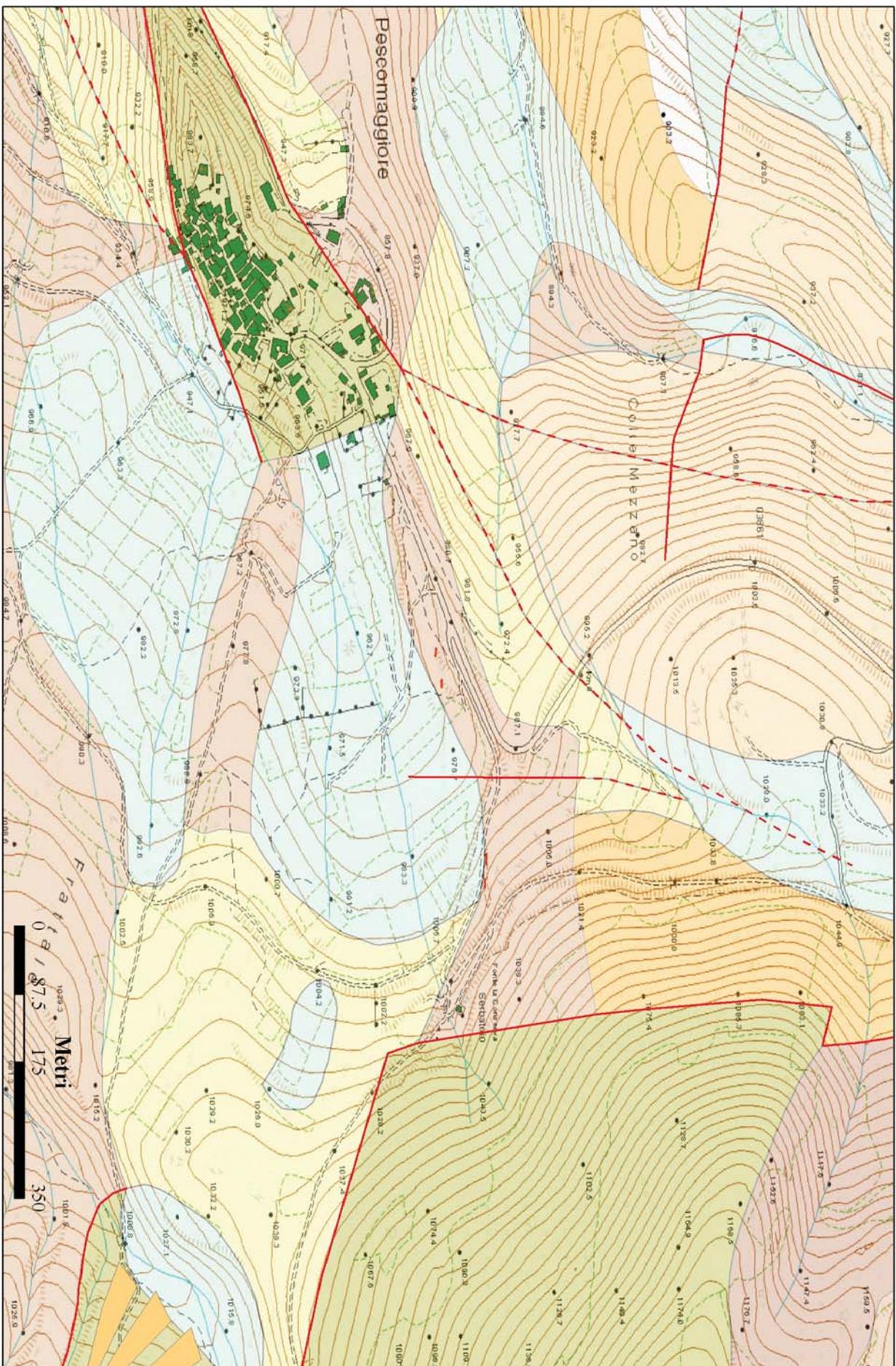
Terreno vegetale (0,3m)

Calcari marnosi intensamente fratturati (1,7m)

Informazioni aggiuntive:
nessuna

Lavoro: Relazione geologica e geofisica a supporto del progetto di costruzione di sette manufatti temporanei residenziali a Pescomaggiore		
Titolo: STRATIGRAFIA DELLA TRINCEA GEOGNOSTICA		TAV. 3
Proprietà: Comitato per la rinascita di Pescomaggiore <small>Via della Madonna, 4 Pescomaggiore 67100 L'Aquila</small>	A cura di: Dott.Geol. Peronace Edoardo Dott.Geol. Quadrio Bruno	Data rilievo: 25 Agosto 2009 Scala: 1:250 Rif.: Pescomaggiore

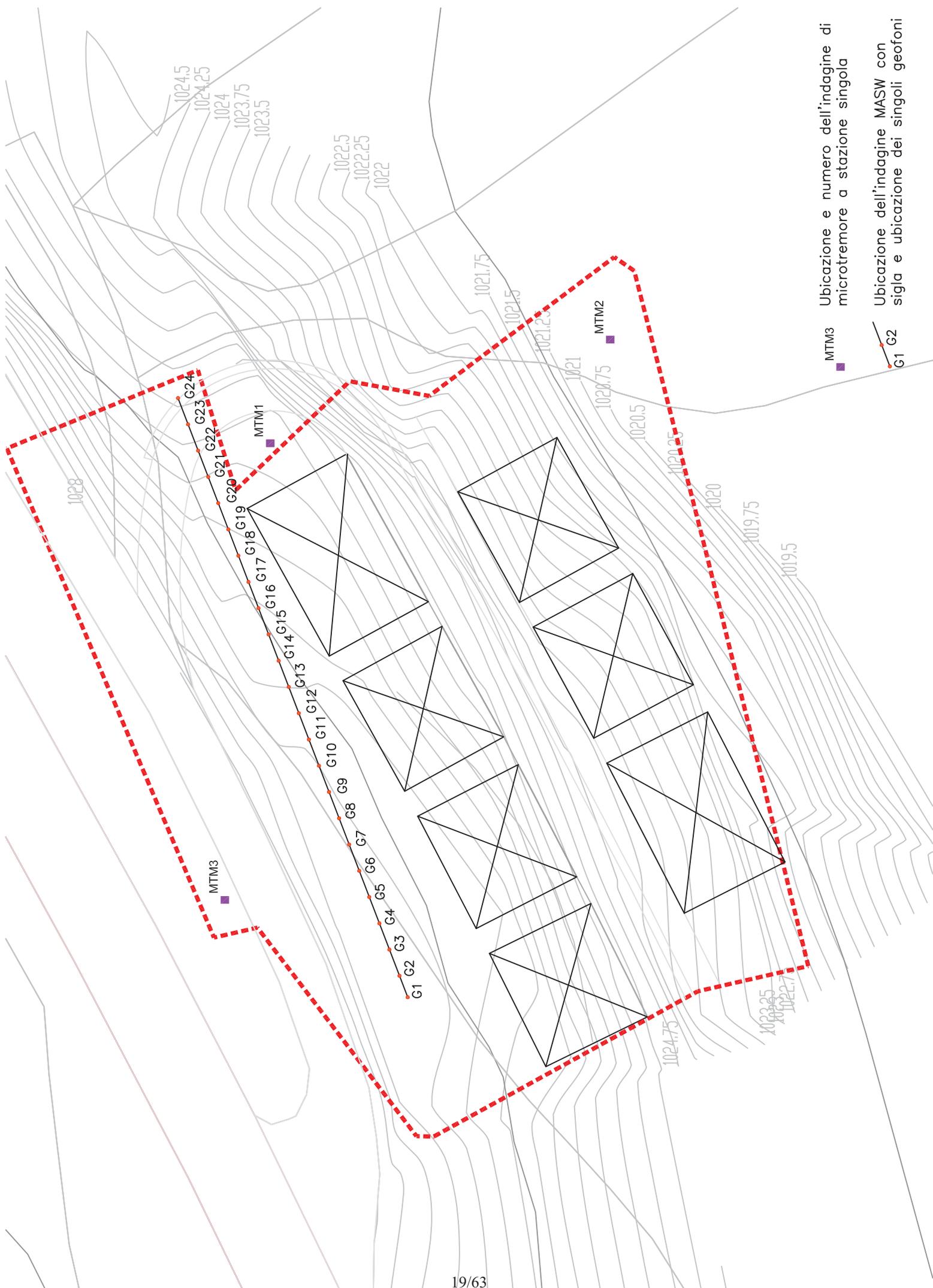
Allegato 4



Legenda

-  Depositi eluvio-colluviali con detriti in matrice limoso argillosa.
-  Marne e marne calcaree grigie e grigio avana con intercalazioni di torbiditi carbonatiche in strati spessi e molto spessi.
-  Calcarei marnosi, marne e marne argillose grigio verdastre
-  faglia incerta o sepolta
-  Depositi detritici di versante con tessitura medio-fine
-  Marne stratificate e calcari marnosi avana e avana chiaro con presenza di intercalazioni calcarenitiche in strati spessi.
-  Calcarenti e calciruditi bianche, cristalline, massive o in strati da medi a molto spessi.
-  conoidi alluvionale
-  faglia

Allegato 5



- MTM3 Ubicazione e numero dell'indagine di microtremore a stazione singola
- Ubicazione dell'indagine MASW con sigla e ubicazione dei singoli geofoni

Allegato 6



POLOGEOLOGICO srl
servizi nel campo della geologia applicata

**REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DELL'AQUILA
COMUNE DELL'AQUILA**

**PROGETTO DI COSTRUZIONE DI SETTE MANUFATTI TEMPORANEI
RESIDENZIALI A PESCOMAGGIORE (AQ)**

**INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE E CON METODOLOGIA MASW PER LA
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI IN TERMINI DI V_{s30}**



- Agosto 2009 -

Committente: Comitato per la Rinascita di Pescomaggiore



INDICE

PREMESSA	Pag. 2
1.0 – METODOLOGIA MASW.....	Pag. 2
1.1 – Rilievi MASW (Analisi multicanale delle onde superficiali)	Pag. 2
1.2 – Strumentazione impiegata	Pag. 6
1.3 – Modalità operative misure MASW	Pag. 7
1.4 – Analisi della prospezione MASW.....	Pag. 7
1.5 – Classificazione dei terreni in termini di Vs30	Pag. 8
1.6 – Storia del quadro normativo recente in materia antisismica	Pag. 9
2.0 – METODOLOGIA SISMICA A RIFRAZIONE	Pag. 11
2.1 – Principi generali della sismica a rifrazione	Pag. 11
2.2 – Strumentazione e modalità operative, analisi della prospezione ...	Pag. 12
3 – CONCLUSIONI.....	Pag. 15

ALLEGATI

- Elaborato indagine MASW
- Elaborato indagine sismica a rifrazione



PREMESSA

Su incarico del Comitato per la Rinascita di Pescomaggiore, è stato condotto uno studio geofisico propedeutico al “Progetto di costruzione di sette manufatti residenziali a Pescomaggiore (AQ)”, in località Strada della Conserva.

In questo rapporto vengono illustrati i risultati di una analisi sismica eseguita con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la caratterizzazione del sito in termini di Vs30, in ottemperanza all’Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3274/2003 e successive integrazioni e modificazioni.

Ad integrazione dell’indagine MASW è stata eseguita una prospezione sismica rifrazione per definire la geometria 2d del substrato.

Questo documento comprende una parte introduttiva nella quale si riportano i principi generali del metodo, seguiti da una descrizione e da un commento dei risultati delle indagini ed infine da un quadro normativo di riferimento.

1.0 METODOLOGIA MASW

1.1 Rilievi MASW (Analisi multicanale delle onde superficiali)

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 (Vs), 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 Vs.

Per ottenere un profilo Vs 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 Vs 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 Reyleigh, 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.



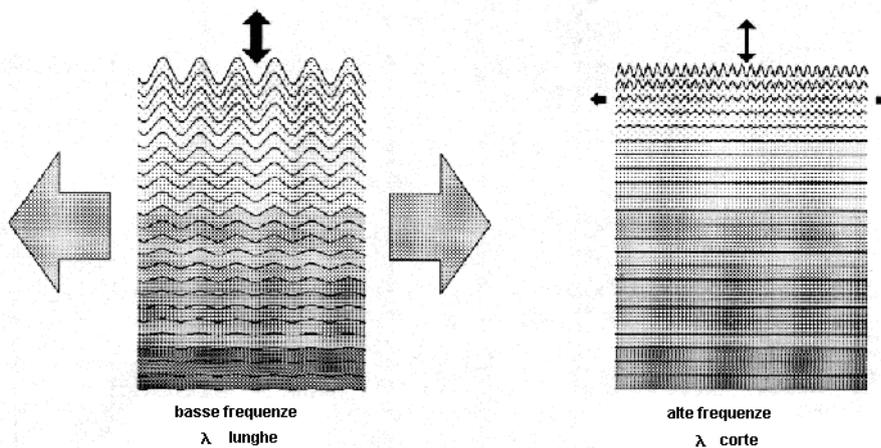
Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza 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 in funzione 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. E' 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 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 V_s di inversione.



Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una massa battente. 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).

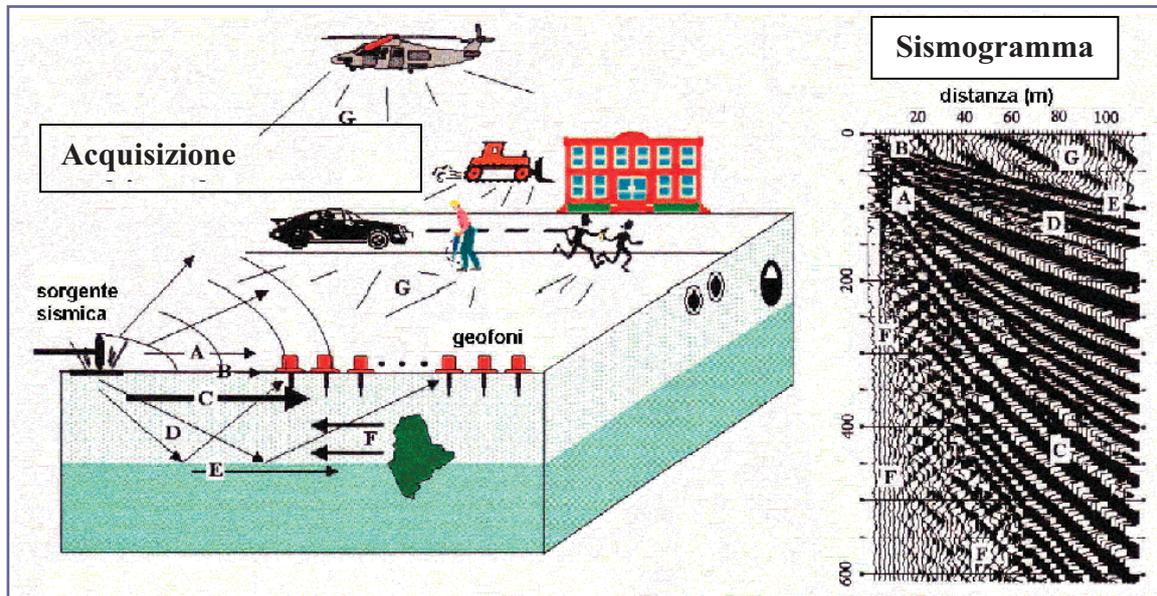


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione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





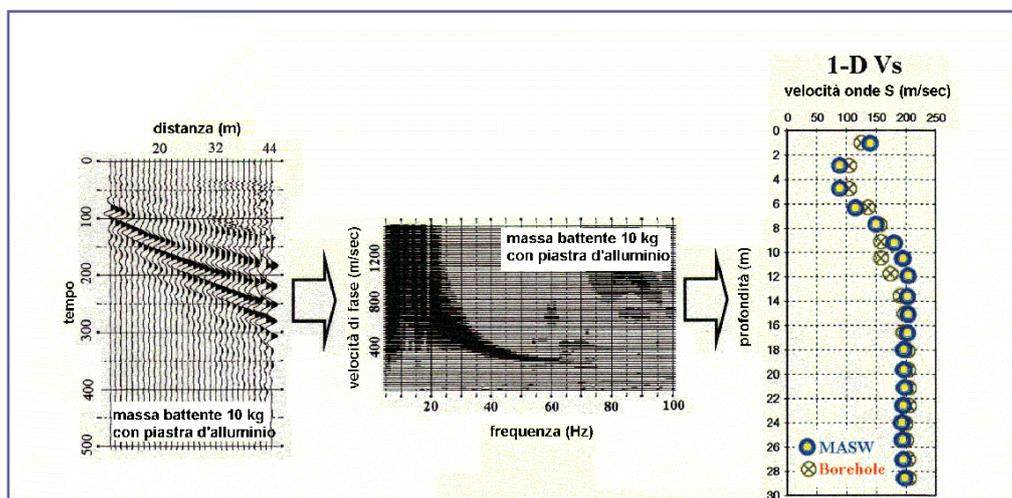
VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE



A: onde in aria	E: onde rifratte
B: onde dirette	F: onde riverberate
C: onde di superficie	G: rumore ambientale
D: onde riflesse	

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.

DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW





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

Gli allegati relativi alle prove MASW riportano la stratigrafia delle Vs ricavata dalla prova, le curve di dispersione misurate e calcolate, il sismogramma acquisito ed infine la documentazione fotografica delle attività di campagna.

In alto è riportato il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la seguente formula:

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

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 total e di N strati presenti nei 30 m superiori.

1.2 Strumentazione impiegata

L'attrezzatura utilizzata per le indagini sismiche è costituita da:

➤ *Sismografo digitale ABEM mod. Terraloc MK6 a 24 canali dotato di:*

- possibilità di visualizzazione istantanea delle tracce su display LCD a colori retroilluminato;
- possibilità di sommatoria (stacking);
- funzione di monitoraggio dei disturbi;
- dispositivi di filtraggio selettivo;
- ritardo di acquisizione preselezionabile;
- zoom delle tracce video;
- computer interno Pentium 133 MHz/16 Mb RAM con software di acquisizione Teknor Industrial Computers inc.;
- alloggiamento per schede di memoria per il salvataggio di sicurezza dei dati.



➤ *Geofoni verticali a 4,5 Hertz.*



I geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4,5 Hz, consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno.

Sono particolarmente adatti per essere utilizzati nei metodi che si basano sulle onde superficiali (MASW – REMI) perché ampliano lo spettro di frequenza verso il basso e consentono quindi profondità di indagine maggiori.



Il sistema di acquisizione si completa con i seguenti elementi:

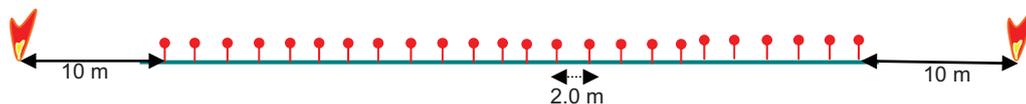
- Cavi sismici multipolari schermati armati in Kevlar per stendimenti fino a 290 m di lunghezza
- Massa battente da 8 Kg
- Funzione time-break assolta da un dispositivo ad chiusura di contatto

L'elaborazione dei dati sismici è stata eseguita con software dedicato "Surfseis Ver 2.05, a cura del Kansas Geological Survey".

1.3 Modalità operative misure MASW

Nell'area in esame è stato eseguito un rilievo MASW avente la geometria che di seguito viene schematizzata:

CONFIGURAZIONE BASE SISMICA PER RILIEVO MASW



La linea MASW, eseguita nel mese di Agosto 2009, ha quindi avuto una lunghezza complessiva di 46 metri.

1.4 Analisi delle prospezioni MASW

Il risultato relativo all'analisi delle onde superficiali mostra, in accordo con lo scenario geologico del sito, un valore di Vs30 pari a 667 m/s.

Il profilo delle Vs per la MASW, mostra una successione di terreni con Vs medio alte fino a 10.7 metri di profondità, attribuibili a terreni sedimentari detritici addensati, seguita da orizzonti con Vs superiori a 1000 m/s, associabili al substrato carbonatico.

Da notare l'intervallo a velocità relativamente bassa, posto tra 18.9 e 24.6 metri dal piano campagna, in corrispondenza del quale si registra una Vs pari a 351 m/s.

Di seguito è riportata una tabella relativa al calcolo del parametro Vs30 per ciascun rilievo, determinato secondo le direttive all'OPCM 3274/2003.

N° PROSPEZIONE	VALORE Vs30	Classificazione secondo OPCM 3274
MASW PESCOM _01	Vs30 = 667 m/s	B

Ciò che sinteticamente è stato appena illustrato, può essere visualizzato nel dettaglio negli elaborati allegati alla presente relazione.



1.5 – Classificazione dei terreni in termini di Vs30

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopraccitate normative. Il profilo delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità è possibile determinare una velocità equivalente Vs30 rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito come suolo di tipo A, B, C, D, E, S1, S2 secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo viene sviluppato utilizzando la stratigrafia Vs e la seguente formula:

$$Vs30 = 30 / \sum_{i=1}^N h_i / V_i$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Di seguito si riporta la tabella contenuta nell'OPCM 3274/2003 in base allo schema di classificazione dei siti.



Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 – NTC 14/01/2008		
Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30(m/s)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m	>800
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360÷800
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	180÷360
D	Depositi granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti	<180
E	Strati superficiali allentati (5 – 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (IP>40) e contenuto d'acqua	<100
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	<50

1.6 – Storia del quadro normativo recente in materia antisismica

O.P.C.M. n.3274 del 2003

Il recente riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base al parametro Vs30.

NTC 23 settembre 2005

Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici.

È previsto che le nuove NTC entrino in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile far riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).



DM 14 gennaio 2008

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il *DM 14 gennaio 2008* contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la cui entrata in vigore era prevista per il 5 marzo 2008.

Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC.

La proroga assegnate al decreto non si applica alle verifiche tecniche e alle nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di **interesse strategico** e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

Lo stesso vale per gli edifici e le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la **Circolare 617/2009**, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresenta – ha spiegato il Ministero – “la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni”.

L'8 aprile del 2009 la Commissione Ambiente della Camera ha impegnato il Governo a rendere nel più breve tempo possibile obbligatoria l'applicazione del DM 14 gennaio 2008, abrogando la proroga al 30 giugno 2010.

Per ciò che riguarda la normativa della regione Lazio è di recente pubblicazione la **“DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE n. 387** del 22 Maggio 2009 che ha per oggetto la *Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03.*





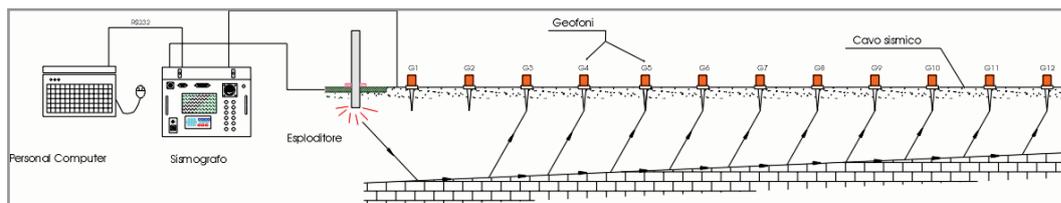
2.0 SISMICA A RIFRAZIONE

2.1 Principi generali sismica a rifrazione

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla generazione artificiale di impulsi sismici, sotto forma di onde elastiche, per la determinazione delle velocità di propagazione nel terreno, essendo queste variabili secondo la natura dei terreni attraversati lo stato di alterazione delle rocce e ad altre caratteristiche come chimismo, porosità, scistosità e stratificazione.

Il principio base della sismica a rifrazione richiede che le velocità degli strati attraversati siano crescenti dall'alto verso il basso.

A seguito di una energizzazione del terreno, realizzabile con dispositivi di vario tipo, vengono acquisiti da un registratore (sismografo) i primi impulsi che giungono ad appositi trasduttori, detti geofoni, disposti lungo un allineamento passante per il punto di energizzazione.



Schema di esecuzione di un profilo sismico a rifrazione

I geofoni più vicini al punto di energizzazione sono raggiunti dall'onda diretta, mentre a quelli successivi arrivano per prime le onde che hanno attraversato lo strato sottostante, più veloce, e che da esso sono state rifratte.

La profondità di penetrazione è vincolata alla lunghezza dello stendimento, in un rapporto che, solo in casi ottimali, può raggiungere l' 1:3.

Riportando i dati acquisiti dal sismografo su un diagramma spazio - tempo, si ottiene una linea spezzata detta dromocrona, i cui rami presentano una pendenza dipendente dalla velocità di propagazione delle onde sismiche negli strati.

Le coordinate del punto d'intersezione tra i tratti a diversa pendenza sono determinate dallo spessore degli strati.

Con due o più punti di energizzazione e con profili rilevati in versi opposti è possibile determinare l'andamento degli strati anche quando le superfici sono inclinate, mentre con un elevato numero di scoppi (arrivando anche ad uno per geofono) è possibile definire l'andamento di superfici molto irregolari oppure ondulate.

A tale proposito, è comunque necessario specificare che la sismica a rifrazione consente di definire le velocità delle onde longitudinali in funzione delle diverse caratteristiche elastiche dei materiali attraversati, pertanto il cambiamento di velocità



individua delle superfici isocinetiche, che non necessariamente corrispondono in maniera univoca a contatti stratigrafici.

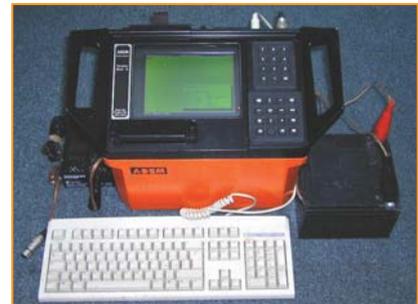
Il profilo sismico è stato eseguito per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo in termini di velocità di propagazione delle onde di volume compressive o longitudinali (P).

2.2 Strumentazione e modalità operative, analisi della prospezione

Le misure sismiche sono state eseguite con la seguente attrezzatura:

➤ *Sismografo digitale ABEM mod. Terraloc MK6 a 24 canali dotato di:*

- *possibilità di visualizzazione istantanea delle tracce su display LCD a colori retroilluminato;*
- *possibilità di registrazione in sommatoria (stacking);*
- *funzione di monitoraggio dei disturbi;*
- *dispositivi di filtraggio selettivo;*
- *ritardo di acquisizione preselezionabile;*
- *zoom delle tracce video;*
- *computer interno Pentium 133 MHz/16 Mb RAM con software di acquisizione Teknor Industrial Computers inc.;*
- *interfaccia seriale il salvataggio dei dati.*



Geofoni verticali da 10 Hz

- *Cavi sismici multipolari;*
- *Sorgenti sismiche: Martello da Kg 6 – Fucile sismico con cartucce cal. 8 industriale*
- *Circuito di Time-break: a chiusura di contatto*

Strumentazione per il rilievo dell'andamento piano-altimetrico:

- *Clisi - eclimetro BREITHAUPT mod. Necli 7028 ammortizzato a liquido.*
- *Stadia in alluminio estensibile da 5m.*

Il rilievo piano altimetrico di ciascuna linea sismica è ottenuto con misure sui punti di energizzazione e sui geofoni.





Il profilo è stato eseguito secondo lo schema riportato nella tabella seguente.

Nome Profilo	Lunghezza (m)	Numero Geofoni	Numero Tiri	Interdistanza geofoni (m)
PESCOMAGGIORE01	46	24	5	2

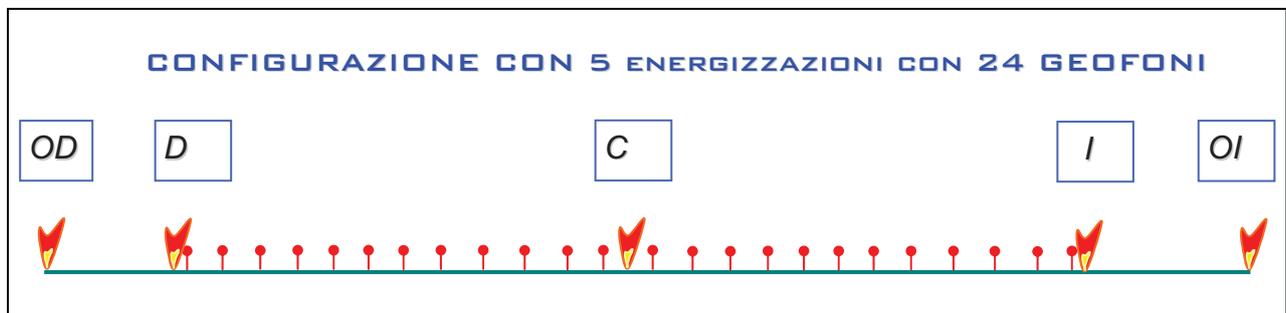
Fase di preparazione

Ubicazione del profilo sismico sul terreno, secondo le indicazioni della D.L., posizionamento dei geofoni e collegamento al sismografo tramite i cavi sismici, rilievo del dislivello tra i geofoni per ricostruire l'esatto profilo altimetrico dello stendimento sismico.

Fase di acquisizione

Onde P: energizzazione verticale con esploditore o massa battente in punti stabiliti previo controllo del rumore, visualizzazione delle tracce sul sismografo, verifica della qualità dei dati e successiva registrazione su Hard-Disk.

Le energizzazioni eseguite in punti prefissati lungo lo stendimento rispecchiano in generale il seguente schema



ENERGIZZAZIONE Onde P

C: centrale; **D:** diretta; **I:** inversa; **ID1:** intermedia diretta; **II1:** intermedia inversa;
OD: offset diretta a m 10; **OI:** offset inversa a m 10;

Analisi delle prospezioni sismiche

L'elaborazione delle tracce è stata eseguita con il software di analisi GRM che ha restituito per ciascun profilo sismico una sezione caratterizzata da quattro sismostrati o unità geosismiche, con differenti intervalli di velocità delle onde P.

Il primo sismostrato rappresenta i terreni di copertura sciolti ed è caratterizzato da V_p comprese tra 300 e 350 m/s e spessori inferiori al metro.



La velocità nel secondo sismostrato è di 1100 m/s ed è correlabile sia a terreni detritici addensati e pseudocementati sia calcari molto fratturati. Lo spessore di questa unità è esiguo verso l'estremità inversa mentre raggiunge 3,5 metri sulla estremità diretta.

Il terzo sismostrato presenta uno spessore uniforme di circa 8 m e velocità di 1700 m/s riferibile a calcari fratturati o, in subordine, a terreni detritici.

Il substrato o quarto sismostrato, caratterizzato da velocità di circa 3000 m/s, rappresenta un'unità litoide compatta riferibile a calcari da poco fratturati a integri il cui tetto ha un andamento sub-orizzontale.

Il dettaglio di quanto appena sinteticamente esposto può essere visualizzato nella sezione sismica dello stendimento riportato in allegato.





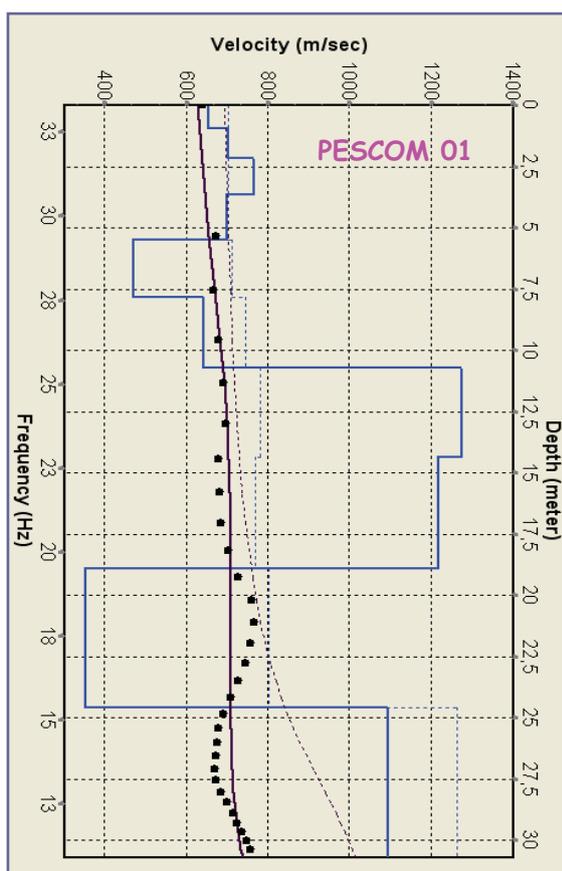
2. CONCLUSIONI

La campagna geofisica eseguita ha permesso di caratterizzare i terreni del sito in studio in termini di velocità delle onde sismiche trasversali (Vs30) e longitudinali (Vp).

Per ciò che concerne la classificazione dei terreni, sulla base dell'andamento della velocità delle onde trasversali con la profondità, secondo i criteri illustrati nel OPCM 3274/2003, i dati forniti dalla prospezione permettono di attribuire i terreni investigati alla categoria "B", con Vs 30 pari a 676 m/s.

Dall'osservazione del grafico riportato negli elaborati allegati, si nota una successione di sismostrati a velocità Vs gradualmente crescenti con la profondità, con valori elevati fin dalla superficie, ad eccezione dell'intervallo tra 18.9 e 24.6 m dal piano campagna, in cui si registra la velocità più bassa della sequenza con 351 m/s.

Per una rapida visualizzazione di quanto appena esposto, si riportano di seguito il grafico Vs-Profondità e la relativa tabella.

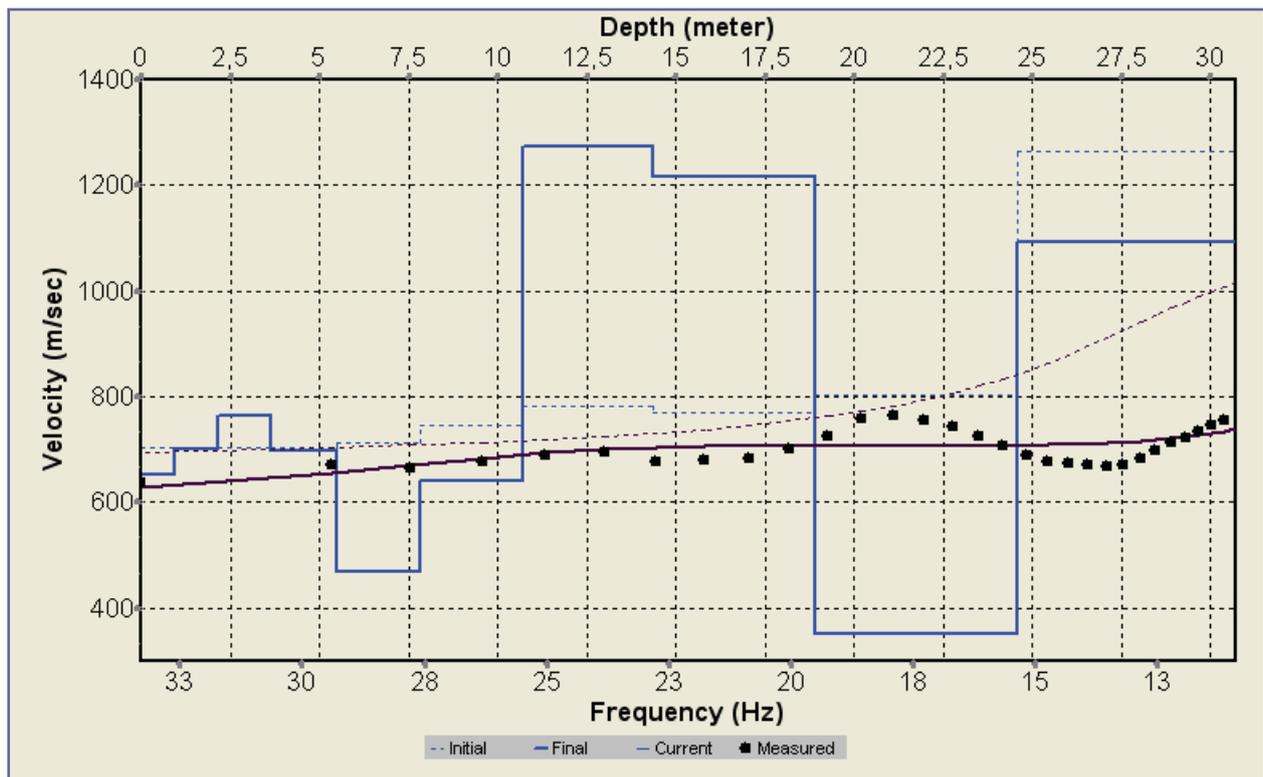
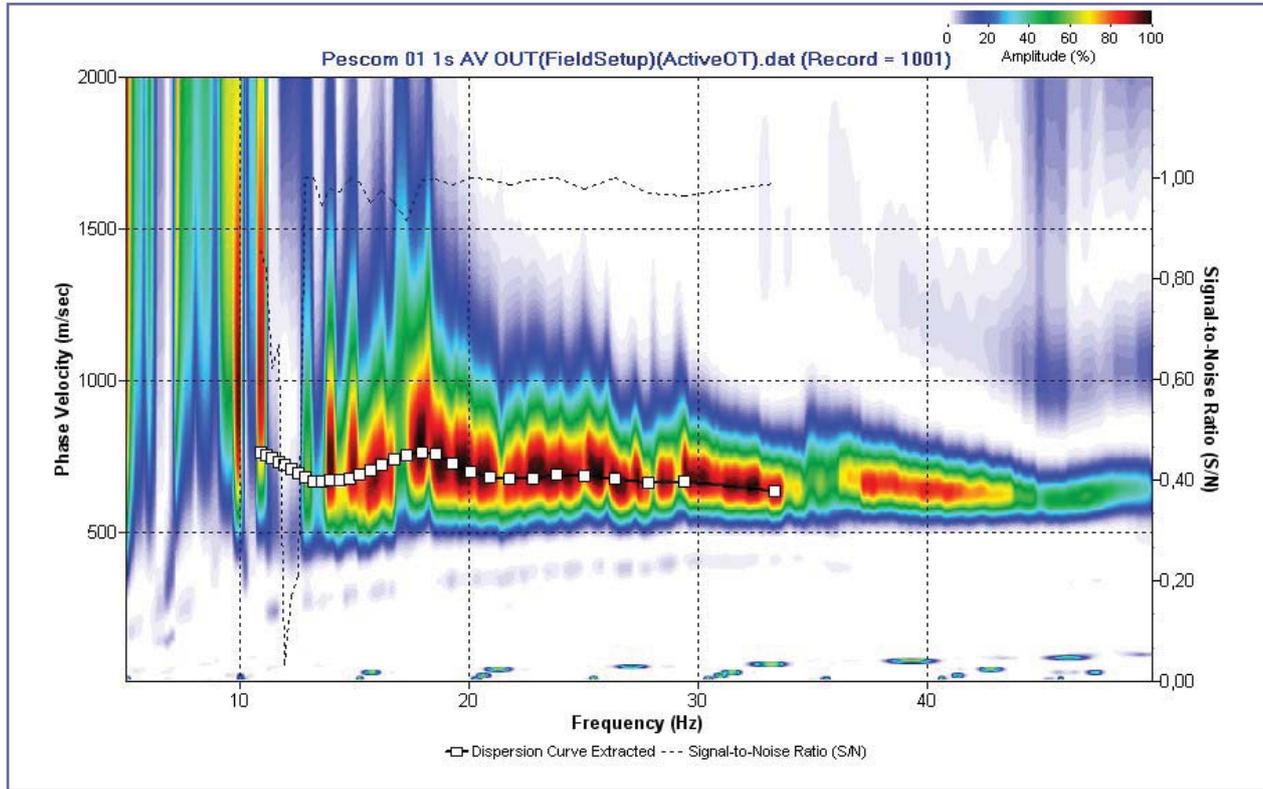


Profondità (m)	Vs (m/s)
0.0÷1.0	652
1.0÷2.1	702
2.1÷3.6	764
3.6÷5.5	698
5.5÷7.8	469
7.8÷10.7	641
10.7÷14.4	1272
14.4÷18.9	1217
18.9÷24.6	351
24.6÷30.0	1091

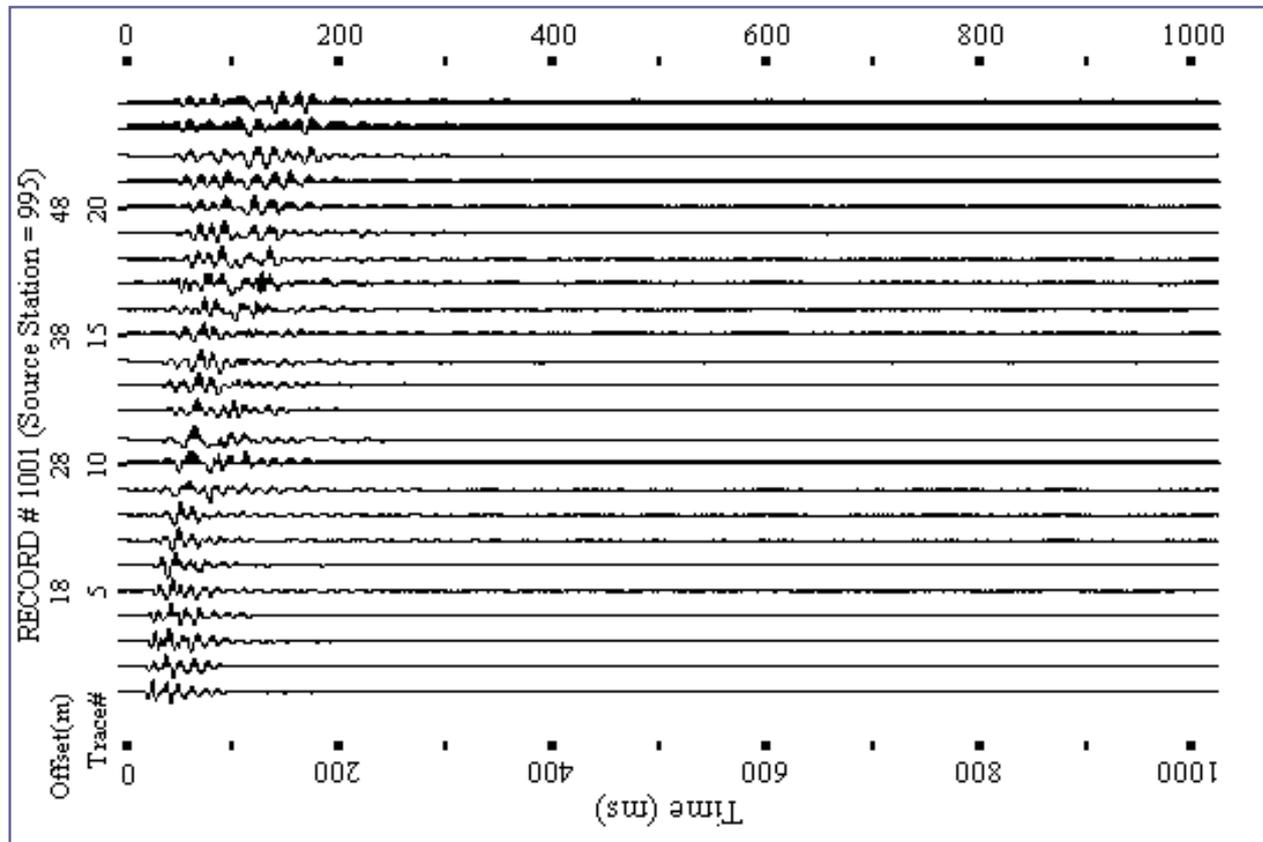
Vs30 = 667 m/s

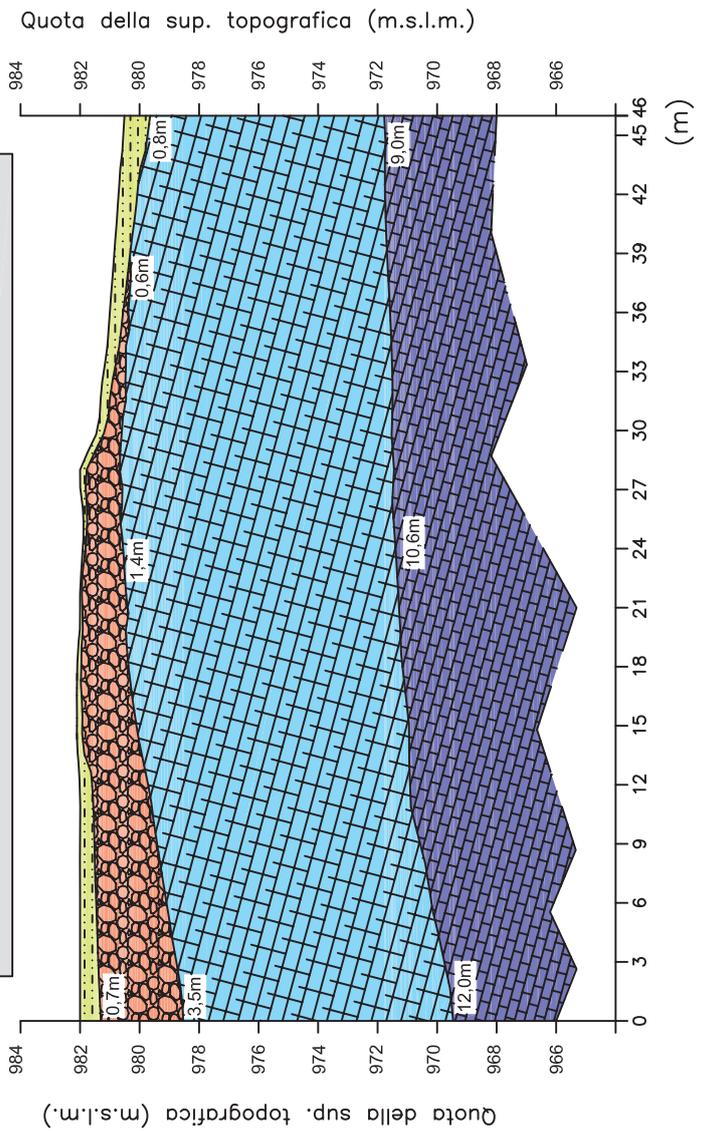
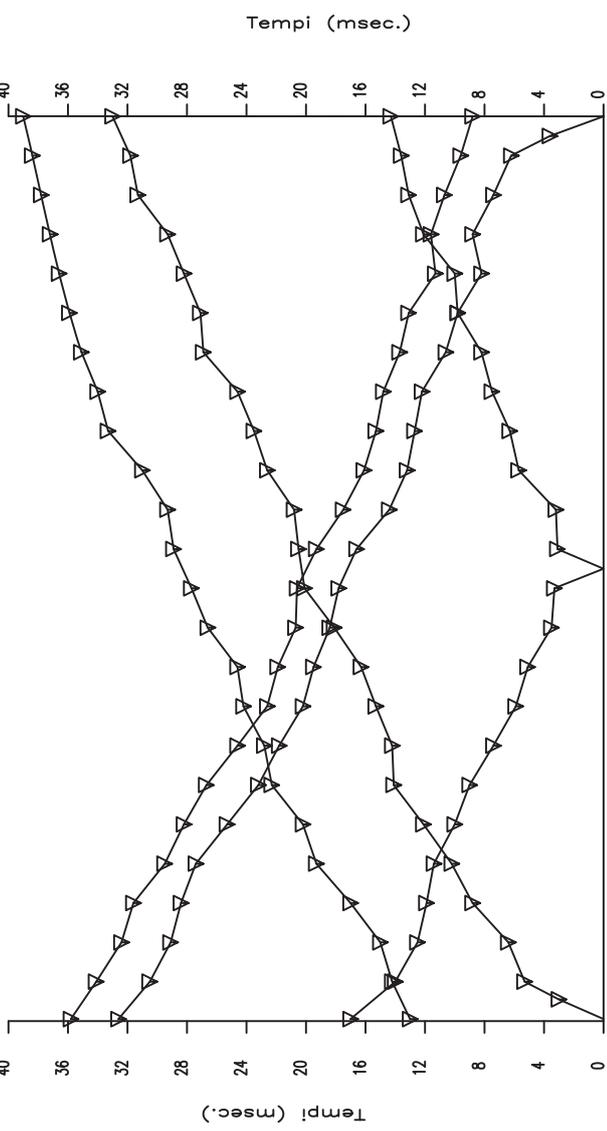
Nella sezione sismica a rifrazione si distingue una fascia detritica di modesto spessore con velocità fino a 1100 m/s, seguita da una unità litoide molto fratturata fino a circa 10-12 metri dal piano campagna, con Vp di 1700 m/s ed infine il tetto sub-orizzontale di un substrato roccioso poco fratturato o integro.

Committente: Comitato per la Rinascita di Pescomaggiore	MASW_PESCOM_01
Riferimento: Costruzione di sette manufatti temporanei residenziali	Vs30 = 667 m/s
Località: Pescomaggiore (AQ) – Strada Della Conserva	
Data: Agosto 2009	CLASSE "B" OPCM 3274/03



Committente:	Comitato per la Rinascita di Pescomaggiore	MASW_PESCOM_01
Riferimento:	Costruzione di sette manufatti temporanei residenziali	Vs30 = 667 m/s
Località:	Pescomaggiore (AQ) – Strada Della Conserva	
Data:	Agosto 2009	CLASSE "B" OPCM 3274/03





LEGENDA

Tempi dei primi arrivi ai geofoni

Terreni di copertura - suolo
Vp [300 - 350 m/s]

Detrito - Calcarei molto fratturati
Vp [1100 m/s]

Calcarei fratturati
Vp [1700 m/s]

Calcarei compatti
Vp [2850 - 3000 m/s]

4,5m Profondità rifratte da piano campagna

REGIONE ABRUZZO

PROVINCIA DELL'AQUILA

COMUNE DELL'AQUILA

PROGETTO DI COSTRUZIONE DI SETTE MANUFATTI TEMPORANEI RESIDENZIALI A PESCOMAGGIORE

località: Strada della Conserva

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO SISMICO
Pescomaggiore 1

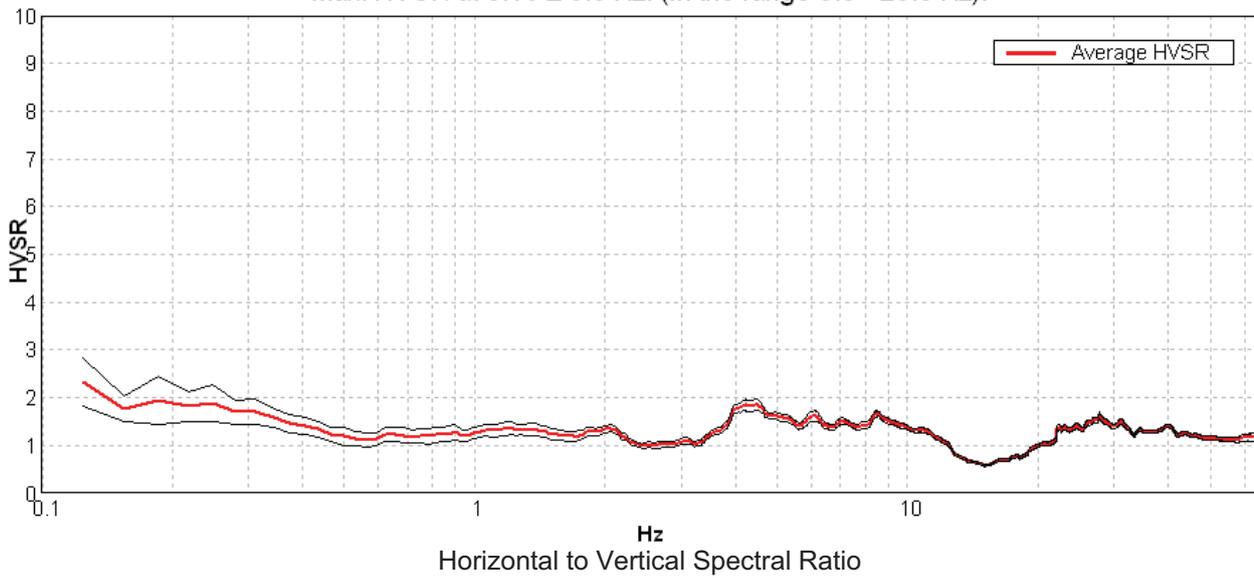
Allegato 7

Pescomaggiore MTM1

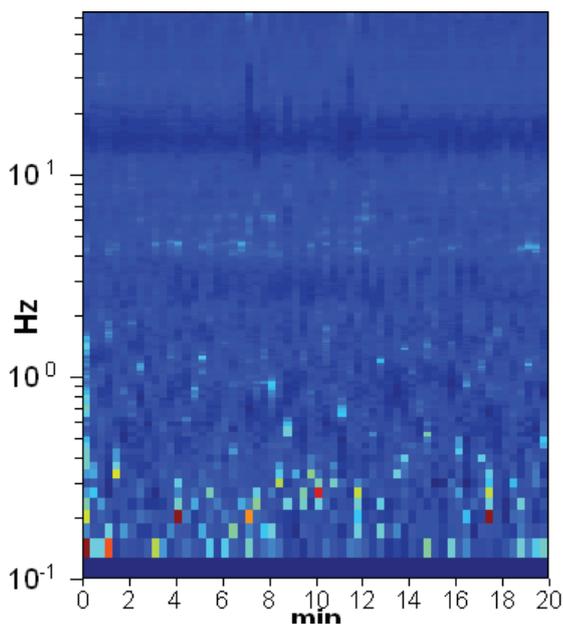
Start recording: 25/08/09 11:52:15 End recording: 25/08/09 12:12:16
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

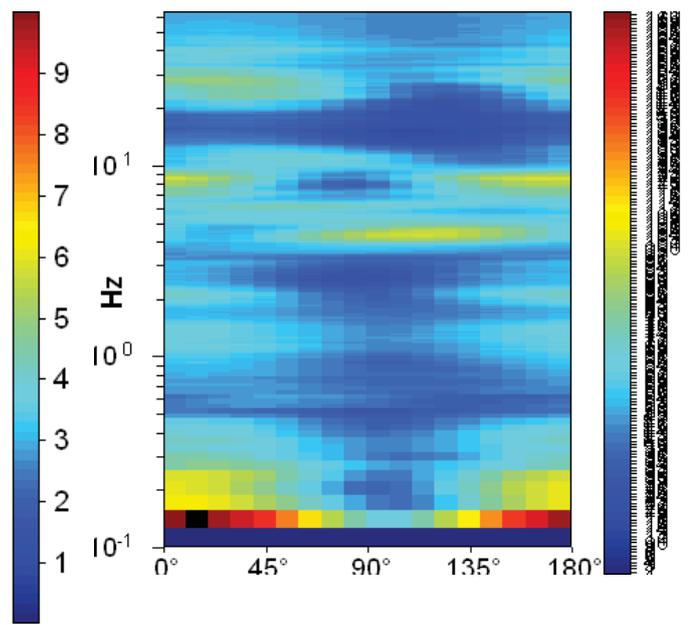
Max. HVSr at 0.13 ± 0.0 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



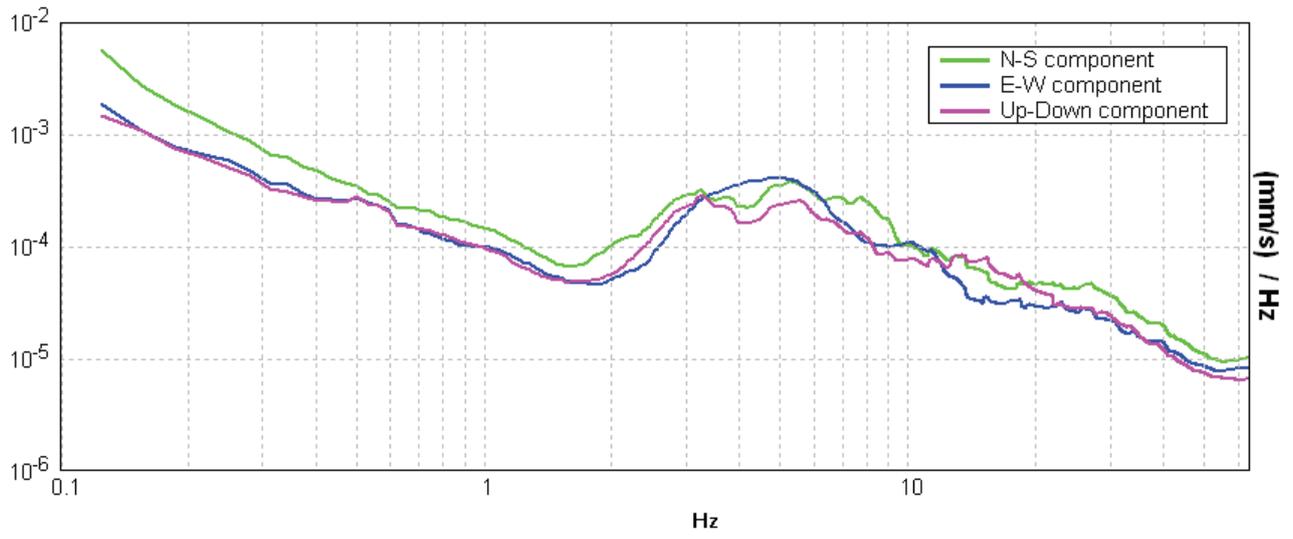
HVSr time history



Directional HVSr



Power spectra



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. HVSR at 0.13 ± 0.0 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.13 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$150.0 > 200$		NO
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 7 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.33 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 0.03125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2483 < 3.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

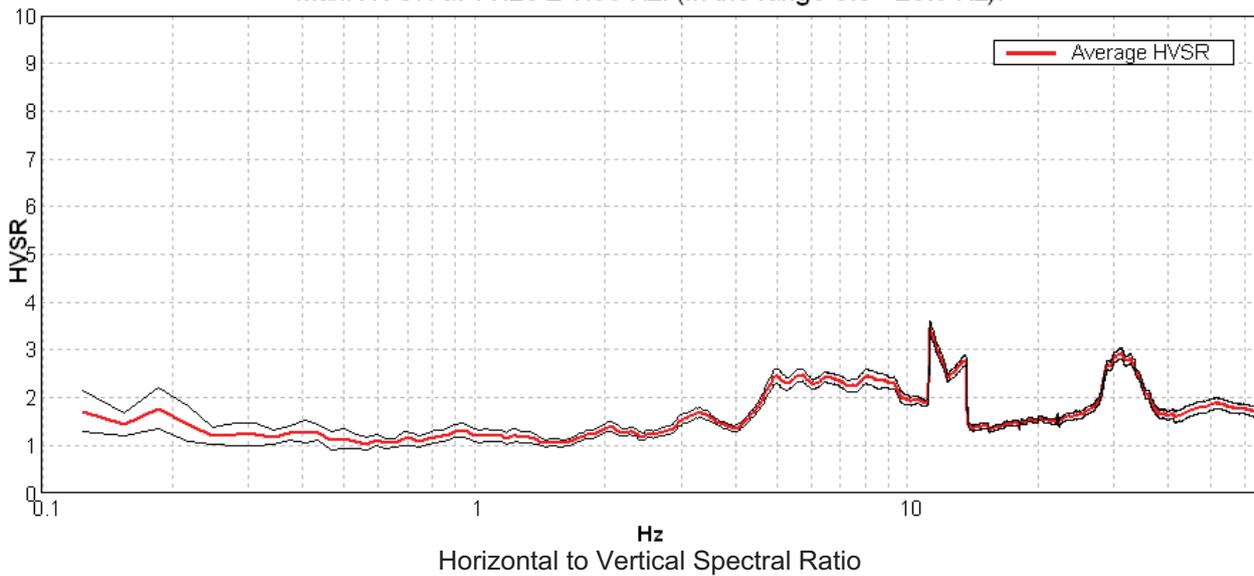
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pescomaggiore MTM2

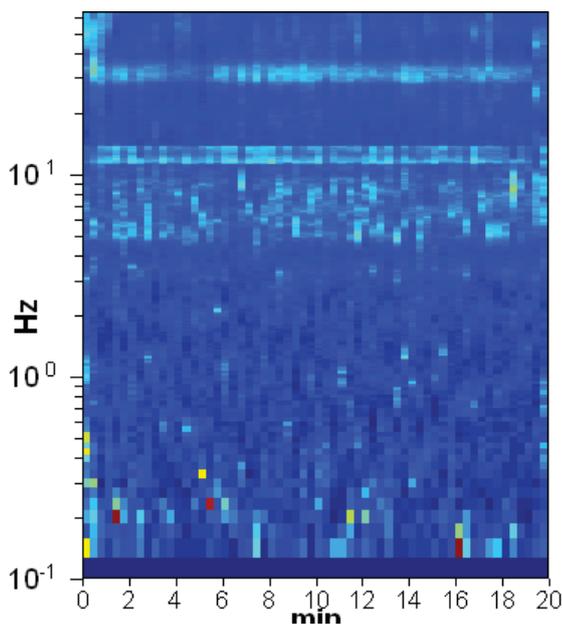
Start recording: 31/08/09 21:29:54 End recording: 31/08/09 21:49:55
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

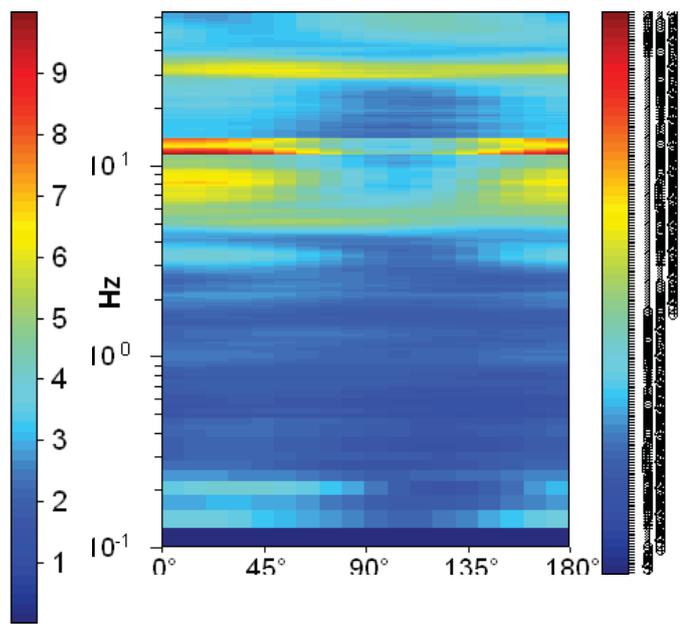
Max. HVSR at 11.28 ± 1.05 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



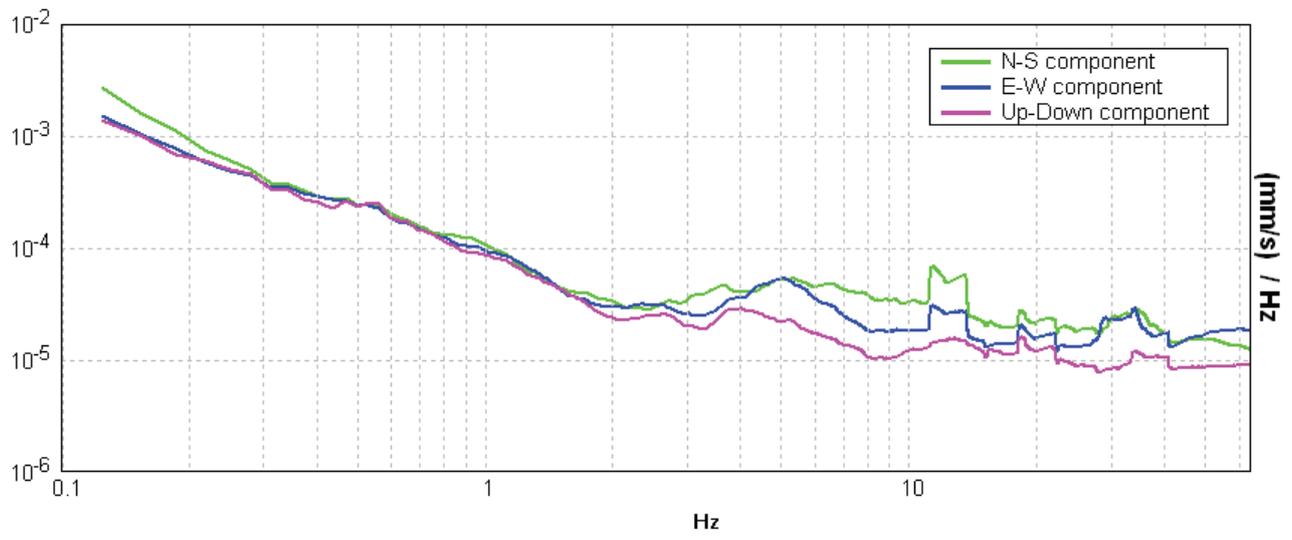
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the Grilla manual before interpreting the following tables.]

Max. HVSR at 11.28 ± 1.05 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	11.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13537.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 542 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.438 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.46 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04623 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.52151 < 0.56406	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0695 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

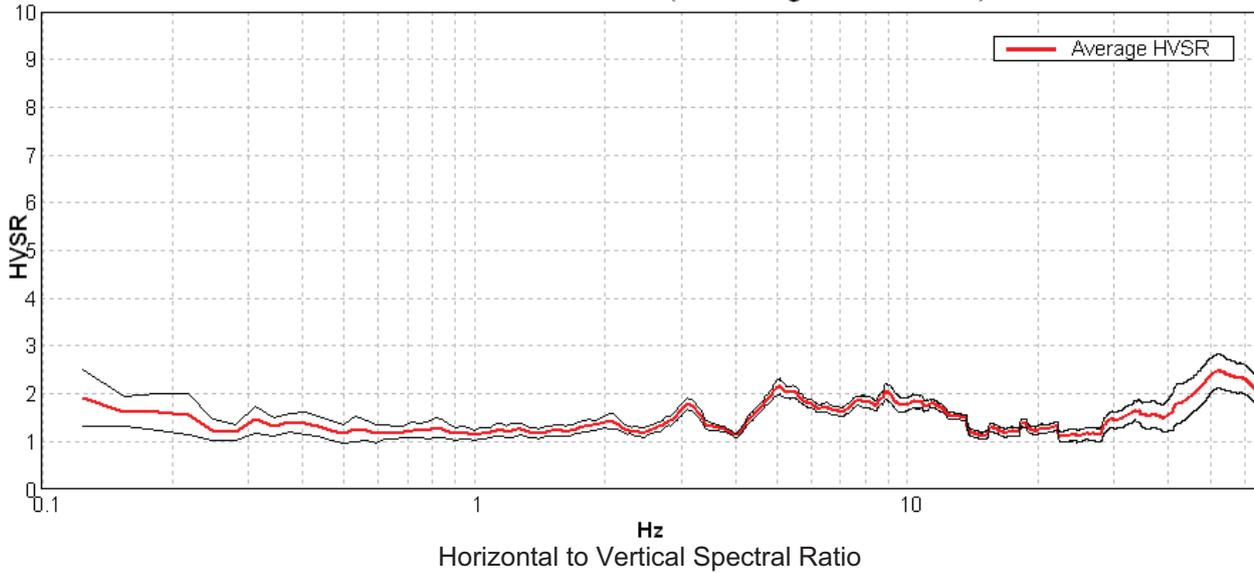
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pescomaggiore MTM3

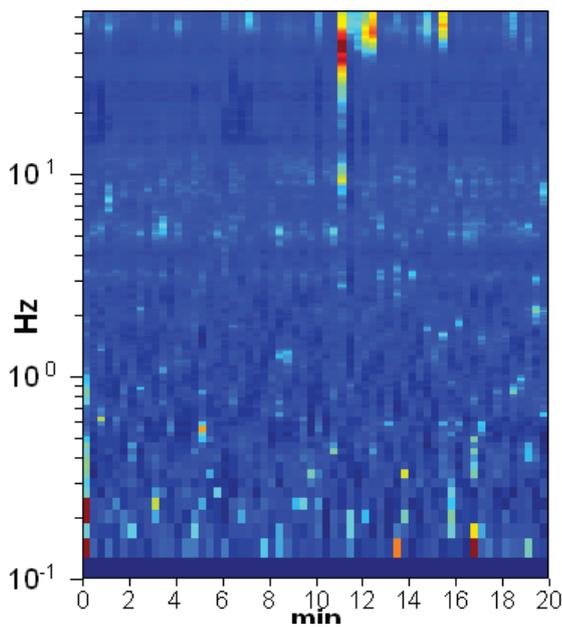
Start recording: 31/08/09 22:01:06 End recording: 31/08/09 22:21:07
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

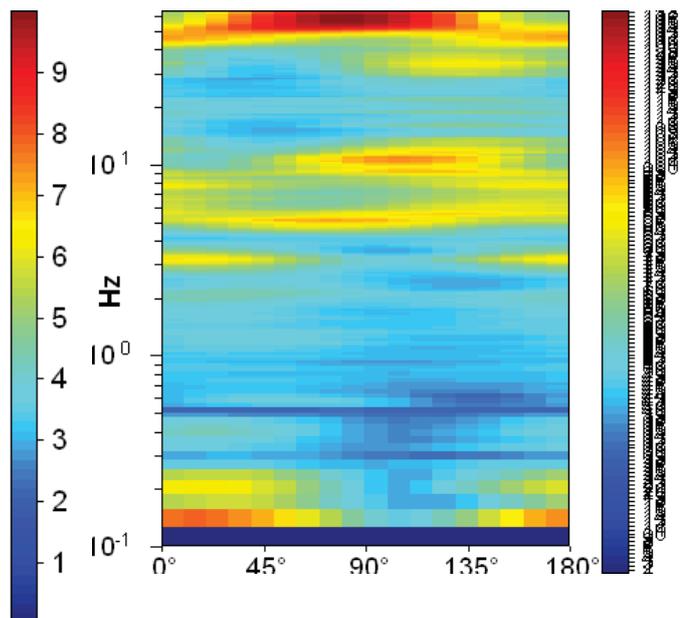
Max. HVSr at 5.06 ± 0.67 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



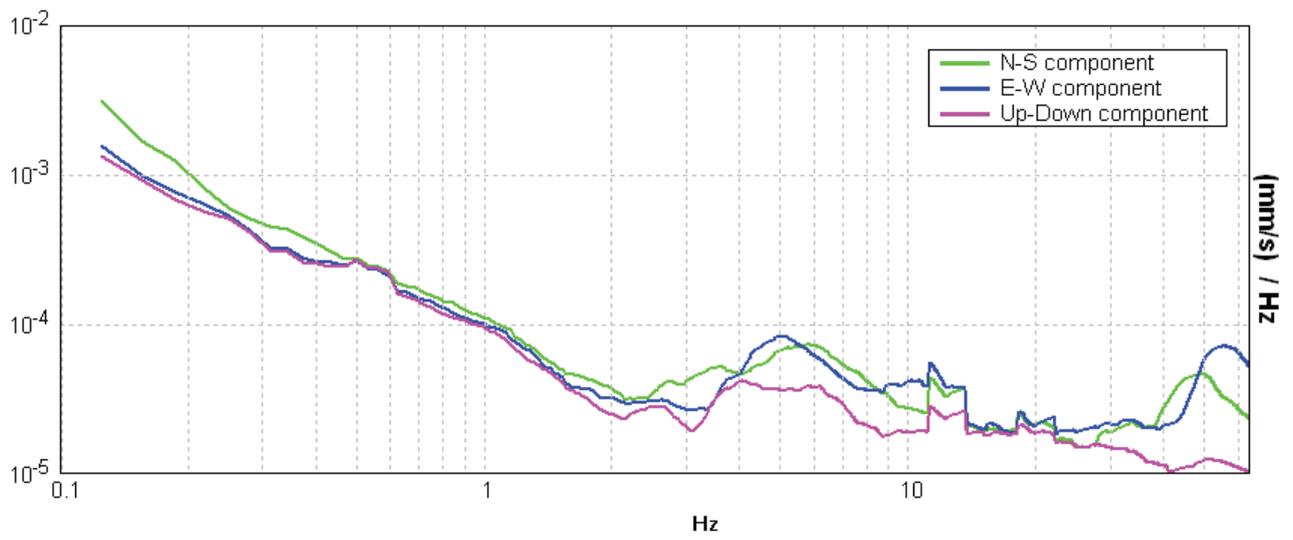
HVSr time history



Directional HVSr



Power spectra



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

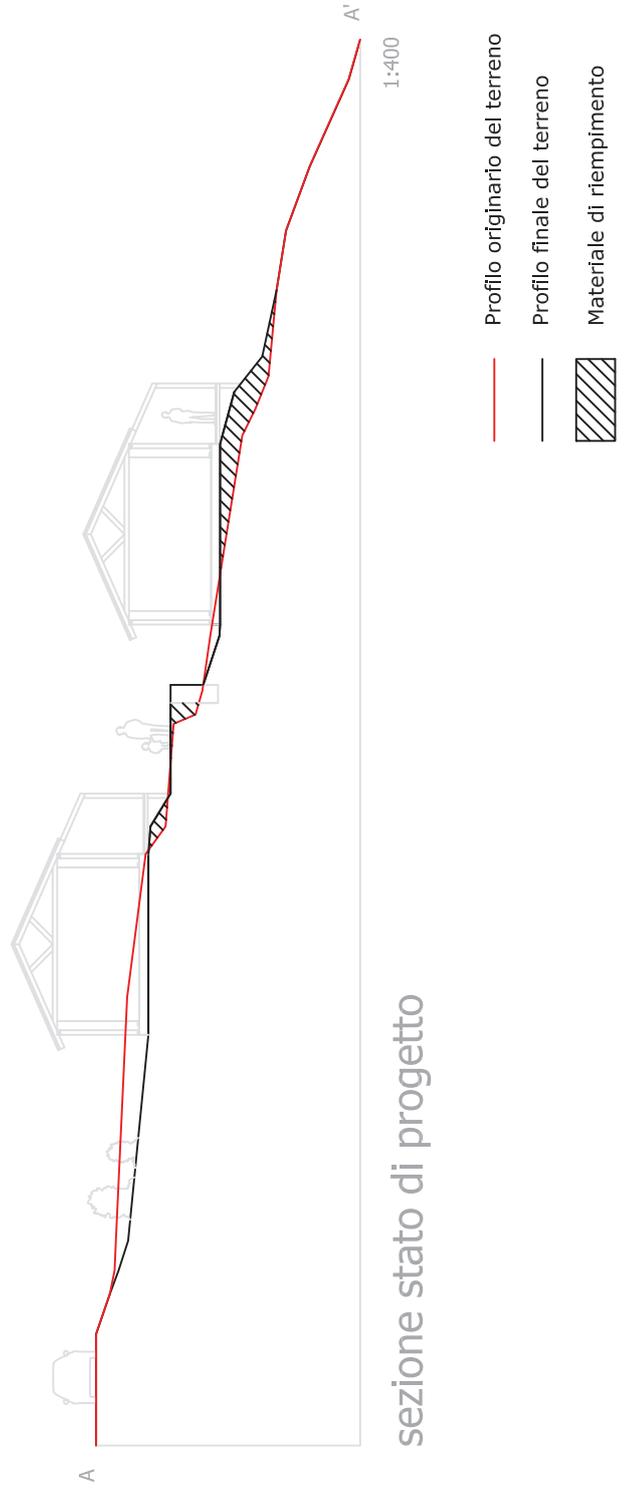
Max. HVSR at 5.06 ± 0.67 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6075.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 244 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.16 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.066 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.33413 < 0.25313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0814 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Allegato 8



Allegato 9



Foto 1: Veduta d'insieme dell'area d'intervento.



Foto 2: Scavo realizzato per la sistem azione di una fossa IMHOF. Dal le foto si pu ò osservare lo stat o di fatturazione dei calcari marnosi affioranti nel sito al di sotto di un sottile strato di terreno vegetale (0,30 m)

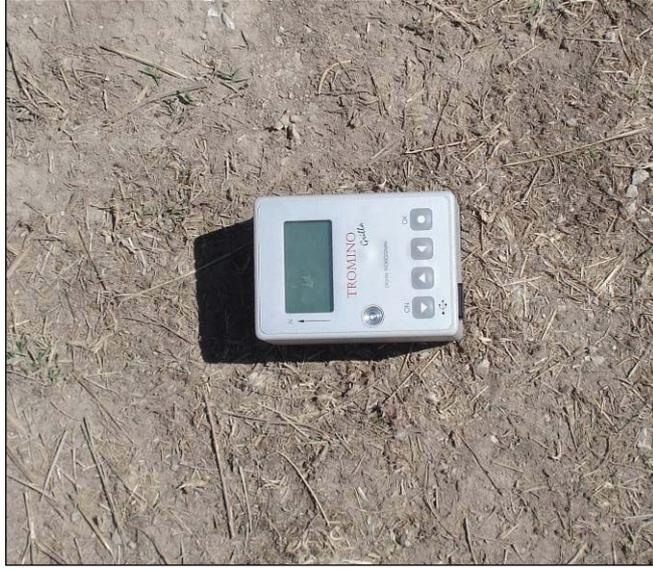
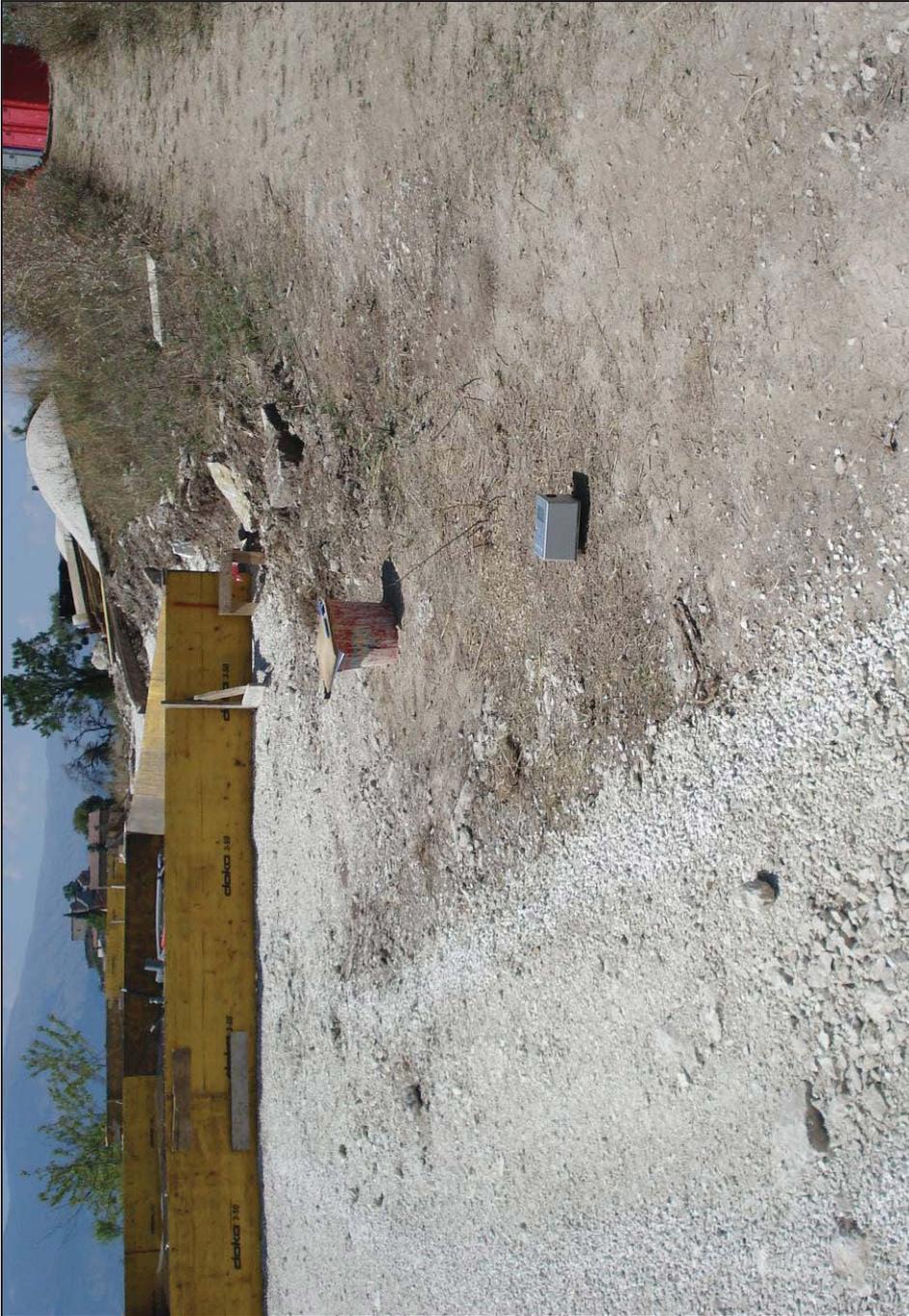


Foto 3: Misura di microtremore MTM1 . A destra particolare dello strumento TROMINO[®] .



Foto 4: Strada della Conserva; dalla foto è possibile notare il profondo solco dovuto allo scorrimento delle acque superficiali non opportunamente regimate.



Foto 5: Particolare lungo strada della Conserva del solco da ruscellamento concentrato.

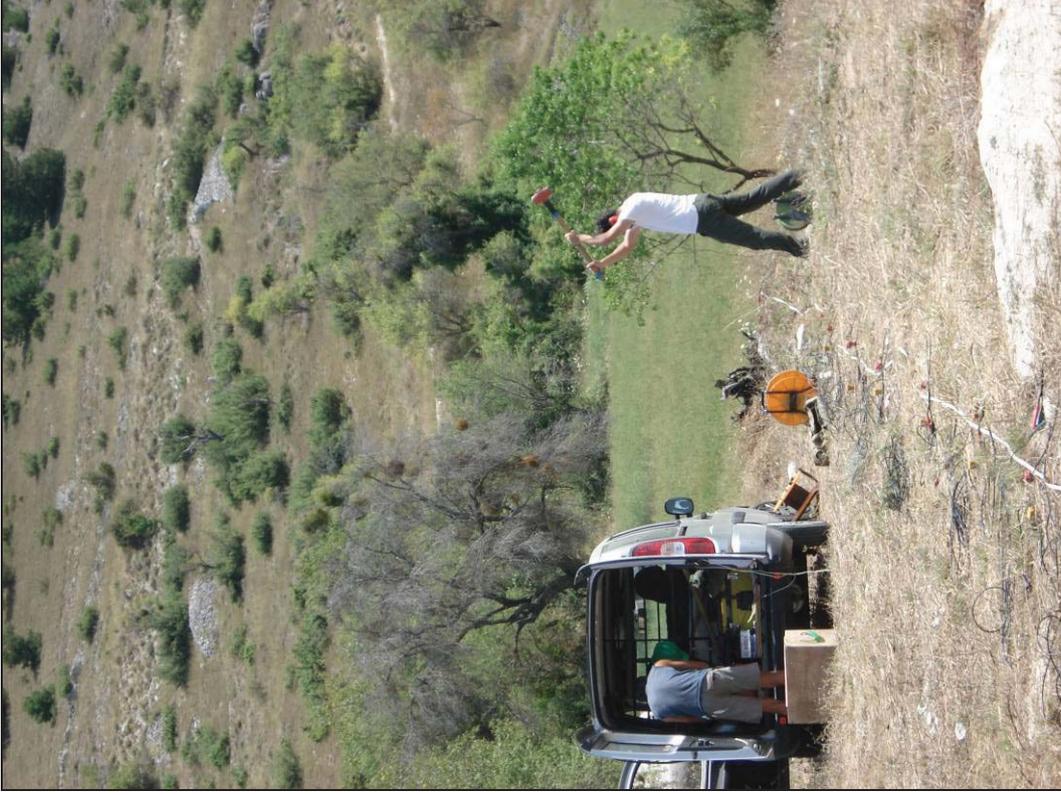


Foto 6: Fasi d'esecuzione delle indagini geofisiche. A sinistra misurazione topografica con clinometro – eclimetro. A destra particolare della fase di energizzazione durante la prova MASW.



Foto 7: Tombotto A (a llegato 11). Si noti come attual mente si p resenti invaso da vegetazione e materiale di varia natura.



Foto 8: Tombotto B, sopra e sotto la strada della C onserva (allegato 11). Si noti come e attualmente si presenti invaso da vegetazione e materiale di varia natura.

Allegato 10



Foto aerea con indicazione dell'area su cui verrà realizzato il progetto(ovale rosso)

Allegato 11



A,B ●

C |

Tombotti esistenti per i quali è necessaria una manutenzione finalizzata alla pulizia delle luci e degli ingressi, attualmente ostruiti dalla vegetazione e da materiale di varia natura

Punto in cui si renderebbe necessaria la realizzazione di una canalina finalizzata al convogliamento delle acque piovane verso il tombotto A

Tratti delle cunette a bordo strada che necessitano di manutenzione: attualmente si presentano invasi dalla vegetazione e da materiale di varia natura