

COMUNE DI MONTEROSSO AL MARE

SP 370 DIR B “LITORANEA DELLE CINQUE TERRE”

**PROGETTO PER IL RIPRISTINO ED IL COMPLETAMENTO DEL MURO DI
CONTENIMENTO DELLA SCARPATA DI MONTE AL KM 0+250**



RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

La Spezia, 16 ottobre 2017

Dr. Geol. Stefano Palandri

ORGL-E.S. n. 58

PREMESSA

La ex SS 370 Dir B “Litoranea delle Cinque Terre – per Monterosso” è il principale collegamento viabile della frazione con l’entroterra; la strada si stacca infatti dal Colle di Gritta dove le SP 38 e la SP 43 consentono di raggiungere agevolmente la SS 1 Aurelia e l’Autostrada A12. Rappresenta quindi un importante snodo per l’attività turistica della zona.

A seguito degli eventi alluvionali del 14 novembre 2014 un imponente ammasso di blocchi di arenaria frammisto a terra, alberi ed arbusti si staccò dal costone roccioso a monte della sede stradale della SP 370 Dir B, in prossimità progressiva 0+250, invadendo la carreggiata e interrompendo l’accesso al centro storico di Monterosso.

Dopo aver provveduto ad un intervento di disaggio del materiale ancora instabile presente sulla scarpata tramite i mezzi della Ditta Queirolò di Levanto, il sottoscritto venne incaricato di valutare la stabilità della scarpata e di indicare la più idonea tipologia di contenimento del fronte roccioso. Durante i sopralluoghi eseguiti, mi resi conto che le arenarie affioranti sulla ripida scarpata, attribuibili alla formazione delle “*Arenarie Zonate di Riomaggiore*”, erano intensamente deformate da una stretta piega serrata e rovesciata; il piano di scivolamento dei blocchi rocciosi veniva così a coincidere con le superfici di strato disposte a franapoggio in prossimità della cerniera della deformazione.

La struttura tettonica era inoltre complicata sia da deformazioni assiali che da una intensa e pervasiva fratturazione che suddivideva l’ammasso in blocchi e prismi di dimensioni anche superiore al metro cubo.

Sul pendio retrostante la ripida scarpata, la roccia era ricoperta da terreno detritico prevalentemente eluviale con spessore dell’ordine di 3 – 4 metri, modellato in ripiani contenuti da muri a secco di modesta altezza.

Al fine di acquisire dati ed informazioni sulla consistenza e sulla compagine di insieme delle arenarie e sulla stratigrafia del sottosuolo, ritenni necessaria l’esecuzione di una campagna di indagini geofisiche da realizzarsi immediatamente a monte della corona di frana.

La Ditta IGEA s.a.s. eseguì quindi una linea sismica con acquisizione delle onde P ed una prospezione MASW lungo la stessa linea; il rapporto di queste indagini geofisiche è allegato alla presente.

Sulla base delle risultanze di questa indagine vennero progettati gli interventi di consolidamento della scarpata mediante reti corticali adagiate sulla scarpata rimodellata, contenute da un reticolo di funi di acciaio ancorato al substrato sano tramite barre di acciaio di lunghezza variabile.

Per la definitiva sistemazione della viabilità in questo tratto, oggi si rende necessario ripristinare il muretto di sottoscarpa danneggiato dal crollo con il suo completamento ed il suo sviluppo a monte per un centinaio di metri, ma soprattutto realizzare una nuova copertura della scarpata mediante reti corticali fissate al substrato da un reticolo di funi ancorate con barre di idonea lunghezza, così da estendere la protezione della carreggiata dalla caduta di blocchi e frammenti di roccia.

La presente indagine riferisce quindi sulla ricostruzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni e delle rocce presenti, necessaria per procedere alla modellazione geologica e geotecnica del sito come previsto dalle NTC 2008, e quindi fornire al progettista adeguato supporto geologico tecnico.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Come ricordato in premessa il tracciato della ex SS 370 Dir B si stacca dal Colle di Gritta e scende con un percorso tortuoso lungo la collina fino a Monterosso.

L'ossatura del rilievo collinare di questa zona è formata da una successione monotona di rocce sedimentarie antiche, prevalentemente arenacee e siltitiche, che in letteratura geologica sono attribuite alle "Arenarie Zonate di Riomaggiore", ben visibili in affioramento sulla ripa di monte della strada.

Questa formazione geologica è ben conosciuta in letteratura (ZACCAGNA, 1935 – ELTER & SCHWAB 1959 – ABBATE, 1970 – RAGGI ET ALII, 2010) ed è stata oggetto in passato di numerose indagini geotecniche.

Si tratta di un flysch arenaceo caratterizzato da una successione ritmica di livelli arenacei e pelitici che formano strati sottili di spessore pressoché costante, dell'ordine di 15 – 20 cm.

Nell'area in argomento lungo la ex SS 370 Dir B gli strati sono in genere molto inclinati, localmente subverticali, in quanto appartengono ad un settore prossimo alla cerniera della "Grande Piegia Coricata della Spezia".

Non mi dilungherò sulle caratteristiche stratigrafiche e strutturali della formazione, rimandando alle specifiche pubblicazioni in materia.

Questo litotipo è classificabile sotto l'aspetto litotecnico utilizzando l'apposito abaco di Hoek e Brown di valutazione dell'Indice GSI sulla base della percentuale relativa di livelli pelitici rispetto ai livelli arenacei: dove gli strati arenacei non superano il 40% – 50% la roccia generalmente presenta un GSI compreso tra 35 e 25.

L'ammasso è altresì caratterizzato da una fessurazione tettonica pervasiva formata da fratture subverticali, beanti e rilasciate per decompressione soprattutto nei livelli più superficiali, e spesso da una sensibile alterazione favorita dalla percolazione delle acque vadose nelle sue fessure; la circolazione delle acque sotterranee favorisce l'argillificazione dei minerali costituenti la roccia.

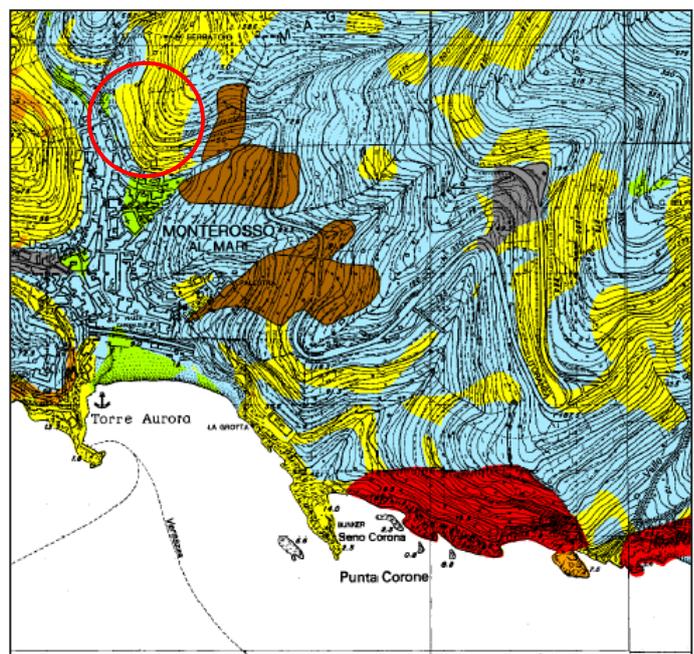
Nei suoi caratteri generali l'ammasso roccioso può essere classificato "a franosità media", scarsamente permeabile.

Lungo i versanti tagliati dall'asse stradale sono possibili circoscritti crolli di blocchi e frammenti di arenaria ed anche scoscendimenti e colamenti della copertura detritica, specialmente dove si creano vie preferenziali di percolazione delle acque sotterranee e dove è più carente la regimazione delle acque superficiali.

Al di sopra della roccia è presente una copertura detritica sabbioso limosa con frammenti siltitici e piccoli blocchi arenacei, generalmente incoerente e con stato fisico spesso influenzato dal contenuto in acqua.

Nella "Carta della Suscettività al Dissesto" del Piano di Bacino Ambito 19 – Cinque Terre, il tratto di strada coinvolto nel dissesto ricade in un'area inserita nella "suscettività al dissesto media" (P2).

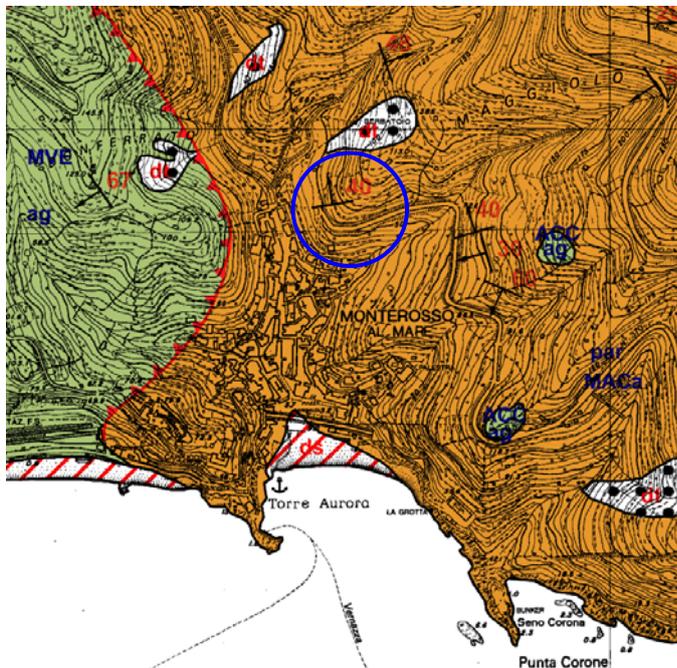
Il P.T.C.P. regionale non indica nell'area regimi vincolistici particolari che impediscano interventi di manutenzione e ripristino di questi tratti di strada; sotto l'aspetto del Vincolo Idrogeologico si rimanda alle disposizioni dell'art. 3 della L.R. 7 del 12/04/2011.



IL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL TERRENO

I rilievi geologici eseguiti lungo il tratto di strada provinciale in località Loreto hanno confermato la natura e la stratigrafia dei terreni e delle rocce sopra descritta.

In dettaglio nel settore dove saranno poste in opera le reti di trattenuta e di protezione corticale le arenarie fittamente stratificate mostrano una giacitura prevalente a traversopoggio con un'inclinazione di circa 40°, come illustrato sullo stralcio della Carta Geologica che segue.



LEGENDA		
	gb	Gabbri
	sr	Serpentini
	ma	mare
		Foglie:
		Sovrascandenti
		Giaciture degli strati:
		inclinati
		rovesciati
		verticali
		Limiti formazione
		corsi

L'ammasso appare interessato da una fratturazione subverticale composta da due famiglie ortogonali tra loro, a limitata persistenza, generalmente leggermente beanti, scabre e prive di riempimento.

Sulla base di quanto sopra osservato e con la conoscenza delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso acquisita in seguito a numerose indagini e prove in sito eseguite in passato è possibile ricostruire un "Modello Geologico" molto semplice, con le arenarie e le siltiti stratificate e fratturate del substrato ricoperte da una sottile coltre di detrito di alterazione e di materiale di riporto per la realizzazione dei ripiani utilizzati per scopi agricoli.

Il "Modello Geotecnico" riferito all'area esaminata, dove la scarpata è già stata oggetto di distacchi di terra detritica con blocchi di arenaria, è verosimile sia rappresentato da una copertura detritica superficiale, sabbioso limosa, assimilabile ad un terreno incoerente, di spessore non superiore al metro, che ricopre localmente le arenarie fittamente stratificate e molto fratturate, con GSI compreso tra 20 – 25, di spessore variabile da 1 a 3 metri; a queste seguono arenarie progressivamente più "sane" e compatte, con GSI che aumenta fino a valori dell'ordine di 40.

La **Fig. 1** illustra graficamente i due modelli sopra descritti.

In sintesi:

alla "copertura detritica", che peraltro sarà praticamente assente sul tratto di scarpata dopo i lavori di pulizia e disgaggio, possono essere assegnati i seguenti parametri geotecnici:

$$\gamma \text{ (peso di volume)} = 1700 \text{ kg/cm}^3 \quad c \text{ (coesione - funzione del contenuto in acqua)} \approx 0,0 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi \text{ (angolo di attrito interno)} = 28^\circ - 30^\circ$$

Utilizzando le usuali classificazioni geomeccaniche ed i risultati delle indagini geofisiche, la successione di "arenarie e siltiti in strati sottili" viene suddivisa in due unità geotecniche distinte:

- un livello superficiale, di spessore variabile da 1,5 a 3 metri, assimilata ad un ammasso roccioso scarsamente coerente:

$$\text{GSI} = 20 - 25 \quad \gamma \text{ (peso di volume)} \approx 2200 \text{ kg/cm}^3 \quad c \text{ (coesione)} = 0,4 - 0,6 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi \text{ (angolo di attrito interno)} = 28^\circ - 30^\circ$$

- le arenarie fratturate ma relativamente più compatte, che si estendono con caratteristiche geomeccaniche progressivamente migliori con la profondità:

GSI = 35 – 40 γ (peso di volume) $\approx 2400 \text{ kg/cm}^3$ c (coesione) = **1,0 – 1,2 kg/cm²** ϕ (angolo di attrito interno) = **32° – 35°**

Dal punto di vista della risposta sismica, nella “*copertura detritica*” la velocità delle onde S non è superiore a 250 m/s e la velocità delle onde P non supera 800 m/s; nelle “*arenarie e siltiti molto fratturate*”, poste subito al di sotto della *copertura detritica*, le onde S si attestano su velocità di 450 – 650 m/s mentre la velocità delle onde P raggiunge valori di 1400 – 1600 m/s; nelle “*arenarie e siltiti più compatte*” che si incontrano nei livelli più profondi, le onde S superano la velocità di 800 m/s e le onde P aumentano progressivamente fino a superare 2400 – 2600 m/s.

Il suolo di fondazione può così essere inserito nella **Categoria B** secondo l’Approccio Semplificato previsto al paragrafo 3.2. delle NTC 2008.

CONCLUSIONI

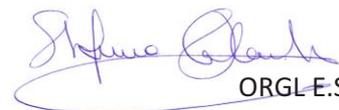
I lavori previsti per il completamento della sistemazione delle scarpate oggetto di distacchi di blocchi e frammenti di roccia lungo la ex SS 370 Dir B in prossimità della località Loreto a Monterosso al Mare sono finalizzati a contenere e limitare questi fenomeni di crollo mediante la posa di reti corticali adagiate sulla scarpata ripulita e riprofilata, trattenute con un reticolo di funi di acciaio ancorato alla roccia del substrato mediante barre di acciaio di lunghezza variabile in funzione del grado di fratturazione della roccia stessa.

La presente indagine ha proposto la caratterizzazione fisico meccanica della roccia sulla base dei rilievi in sito e delle prove geofisiche eseguite sulla scarpata stradale.

La progettazione degli ancoraggi in roccia potrà essere eseguita utilizzando i parametri geomeccanici delle rocce schematizzati nel Modello Geotecnico allegato; come indicazione preliminare sulla lunghezza delle barre in acciaio da porre in opera, si ritiene opportuno suggerire un incastro di almeno 3 metri nella roccia più compatta.

La Spezia, 16 ottobre 2017

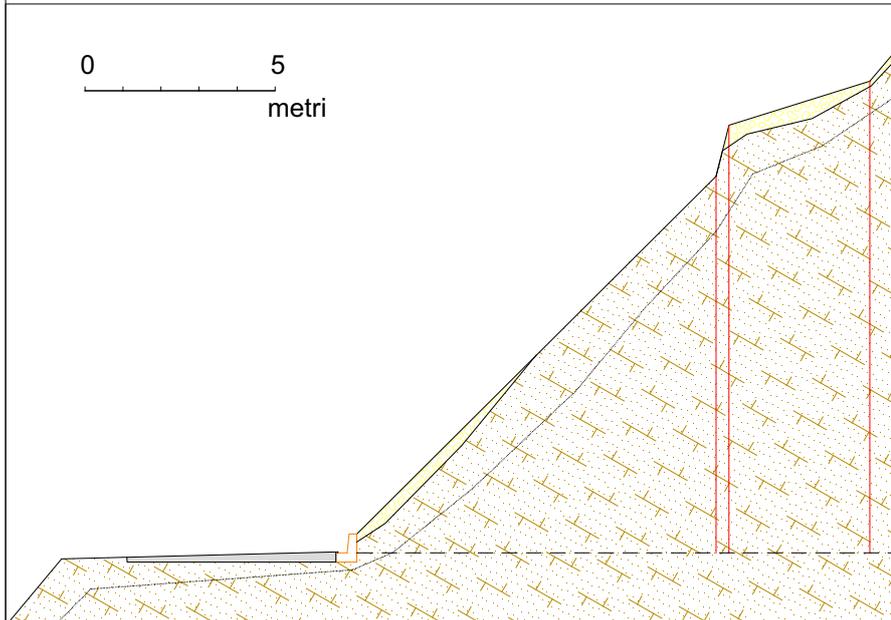
Dr. Geol. Stefano Palandri



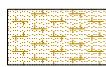
ORGL-E.S. n. 58

FIGURA 1

MODELLO GEOLOGICO

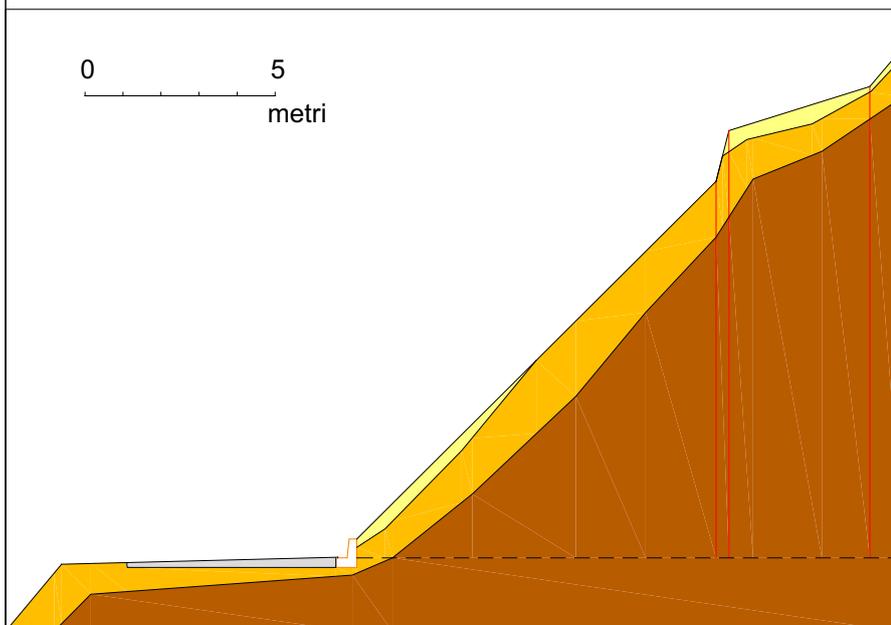


Copertura detritica colluviale limoso sabbiosa contenente blocchi e scaglie di arenaria e siltite



Arenarie in strati sottili fratturate e d alterate, progressivamente più compatte in profondità

MODELLO GEOTECNICO



Copertura detritica colluviale limoso sabbiosa
 $c = 0$ $\phi = 28^\circ$ $V_s < 250$ m/s $V_p = 400 - 800$ m/s



Arenarie in strati sottili molto fratturate ed alterate
 $c = 40 - 60$ kPa $\phi = 28^\circ - 30^\circ$ $V_s = 450 - 650$ m/s $V_p = 800 - 1600$ m/s



Arenarie in strati sottili poco fratturate
 $c = 100 - 120$ kPa $\phi = 32^\circ - 35^\circ$ $V_s > 800$ m/s $V_p = 1600 - 2800$ m/s



**INDAGINE GEOFISICA A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE DEI
LAVORI IN SOMMA URGENZA PER LA SISTEMAZIONE DELLA FRANA
AVVENUTA LUNGO LA SP 370 B IN LOC. LORETO, COMUNE DI
MONTEROSSO AL MARE**

RELAZIONE TECNICA PROSPEZIONI SISMICHE

IGeA sas

Dott. Geol. Guglielmo Braccesi



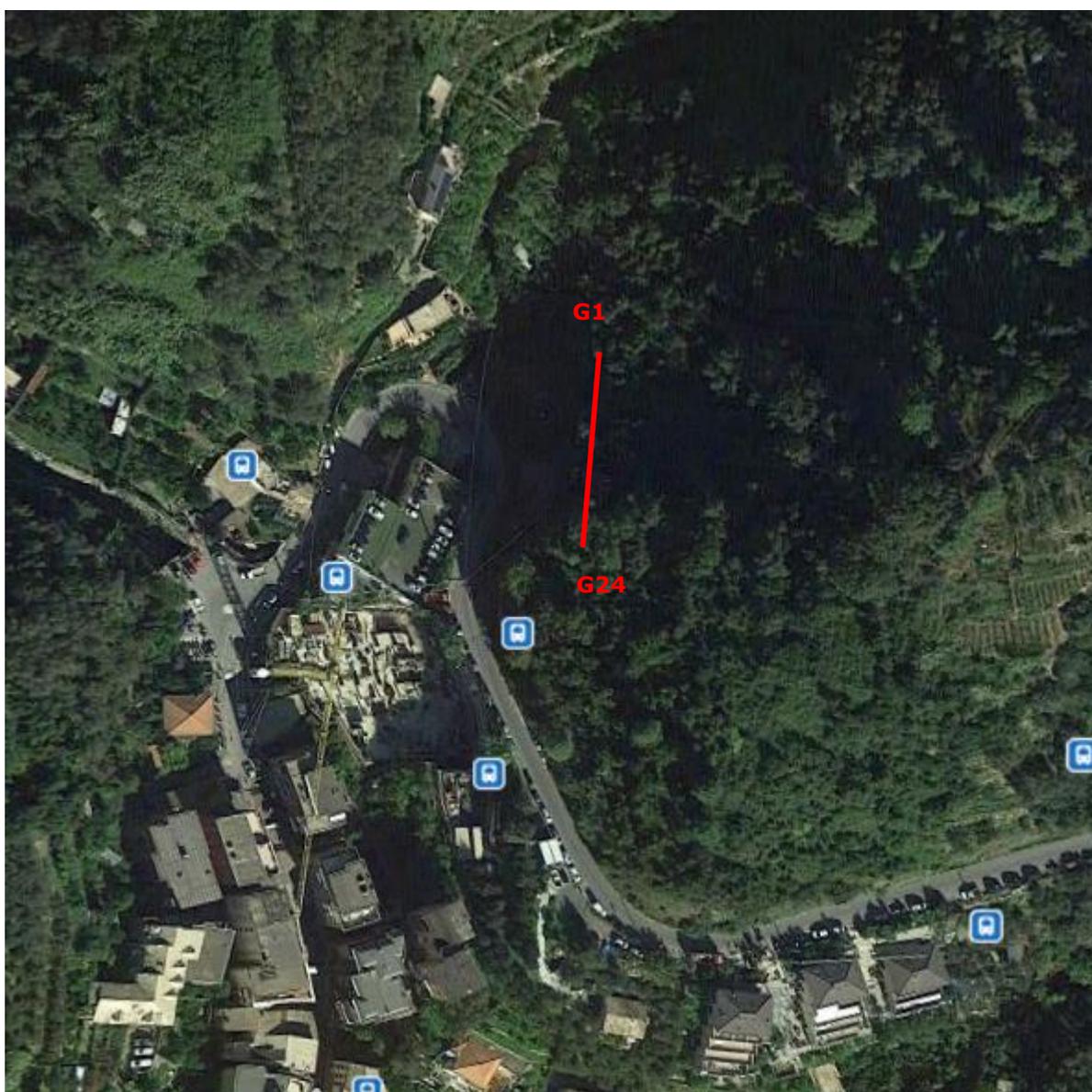
1.0	12/01/15	C:/Documenti/2014/LAVORI/136_14_Sismica Provincia La Spezia/ Relazione sismica.doc				
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROVATO	AUTOR.



CODIFICAZIONE DOCUMENTO						REV.	FOGLIO	
C	DOCUMENTI	2014	LAVORI	136	14	001	1	<u>2</u>

1 PREMESSA

Per conto della Stazione Appaltante Provincia di La Spezia, sono state realizzate delle indagini sismiche nel comune di Monterosso: nel dettaglio, sono state eseguite una linea sismica a rifrazione con acquisizione delle onde P ed una linea sismica con metodologia MASW-REMI.



Estratto di foto aerea con ubicazione delle indagini



2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche per la generazione delle onde P e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde è stata scomposta in tre fasi fondamentali:

- Individuazione del primo arrivo;
- Ricostruzione delle dromocrone e relativa interpretazione;
- Ricostruzione delle sezioni sismostratigrafica, di velocità e tomografica.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prova è composta delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

Come sorgente di energia è stato utilizzato un maglio del peso di 10 Kg battente su una piastra appoggiata al suolo. Tale strumento è stato in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni con frequenza propria di 10 HZ, posizionati ad una distanza intergeofonica di 1.5 metri.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.



Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La linea sismica, di lunghezza pari a 36 m, è stata registrata con 7 energizzazioni, secondo il seguente schema:

Esterno a sx E1 (7.5 m oltre il tiro estremo A)

Estremo a sx A (mezza distanza geofonica dal 1° geofono)

Intermedio a sx D1 (tra il 6° ed il 7° geofono)

Centrale C (tra il 12° ed il 13° geofono)

Intermedio a dx D2 (tra il 18° ed il 19° geofono)

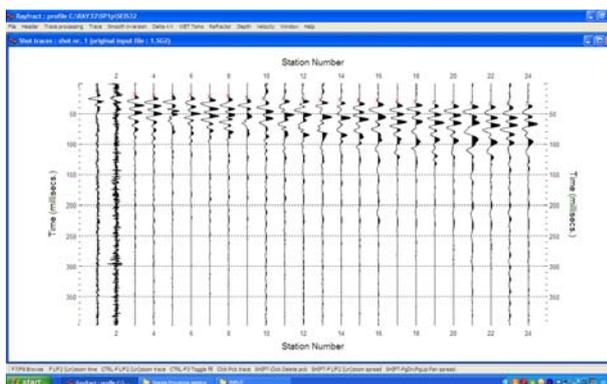
Estremo a dx B (mezza distanza geofonica dal 24° geofono)

Esterno a dx E2 (7.5 m oltre il tiro estremo B)

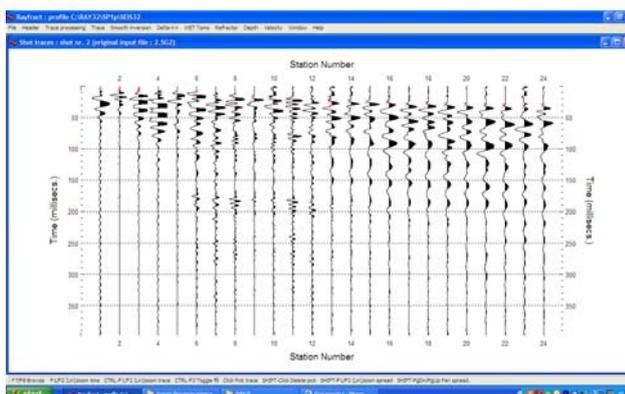


ONDE P: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

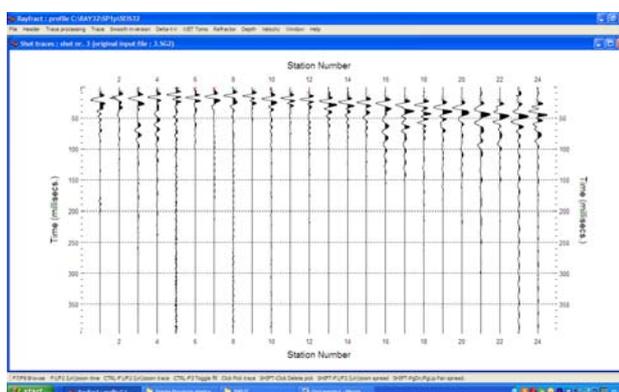
TIRO ESTERNO SX E1



TIRO ESTREMO SX A



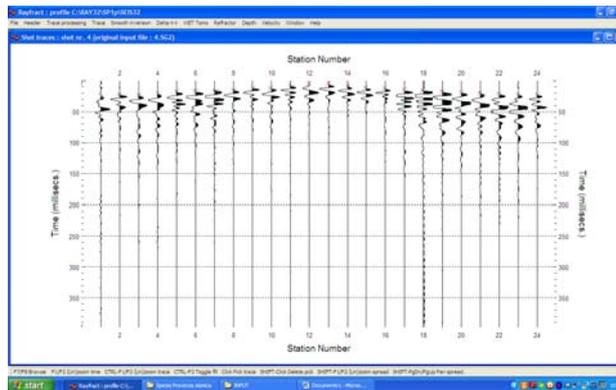
TIRO INTERMEDIO A SX D1



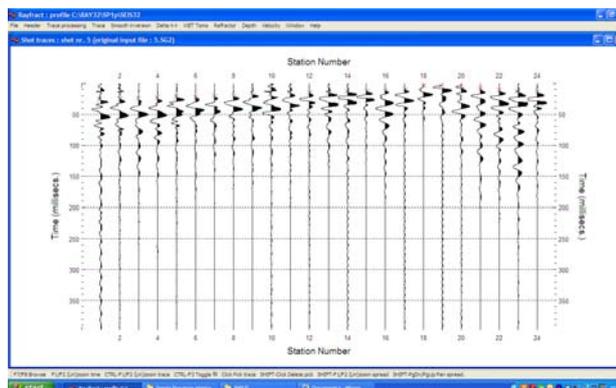


ONDE P: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

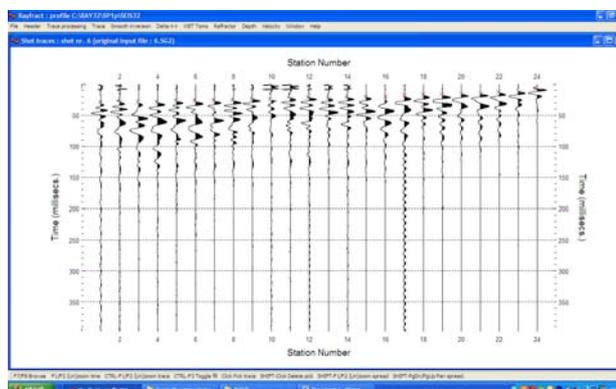
TIRO CENTRALE C



TIRO INTERMEDIO A DX D2



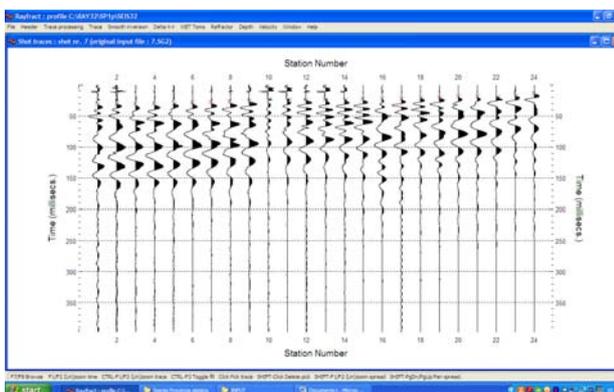
TIRO ESTREMO DX B



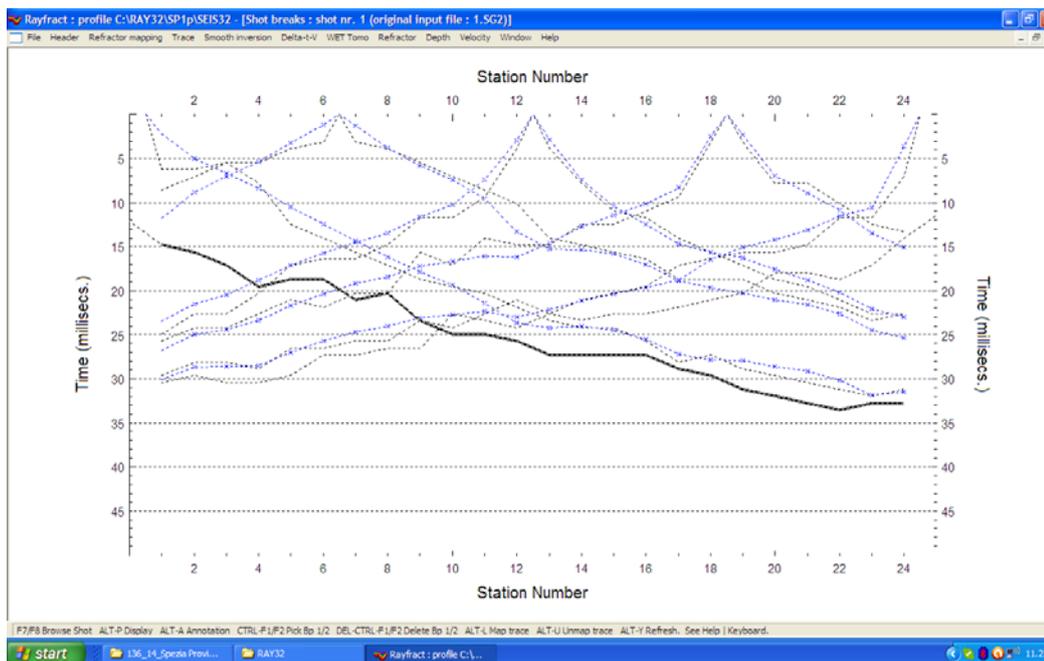


ONDE P: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO ESTERNO DX E2

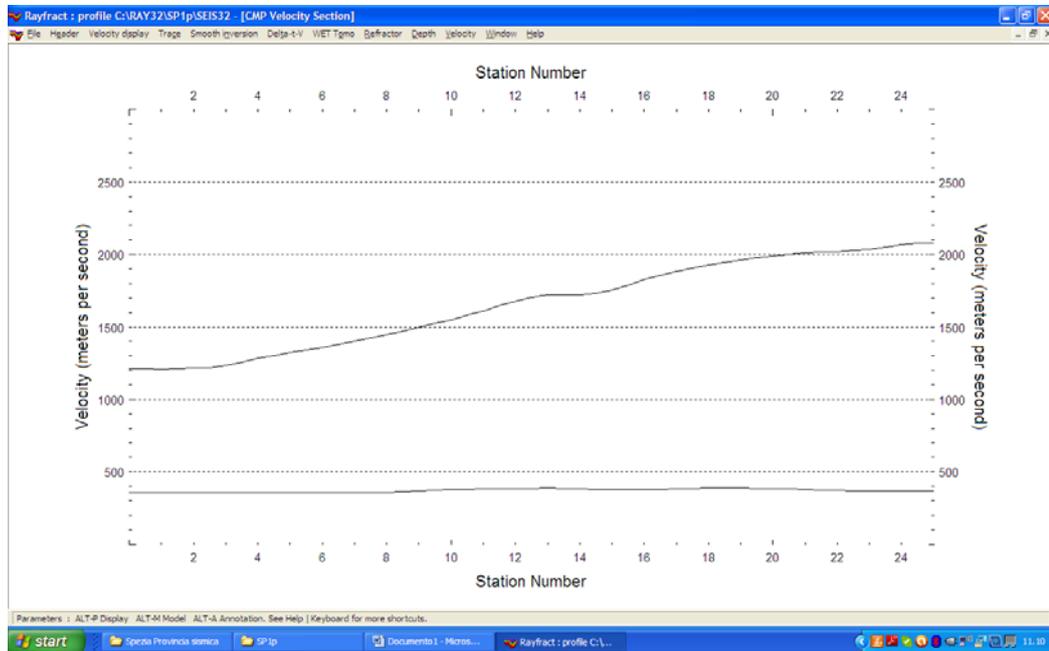


ONDE P: DROMOCRONE

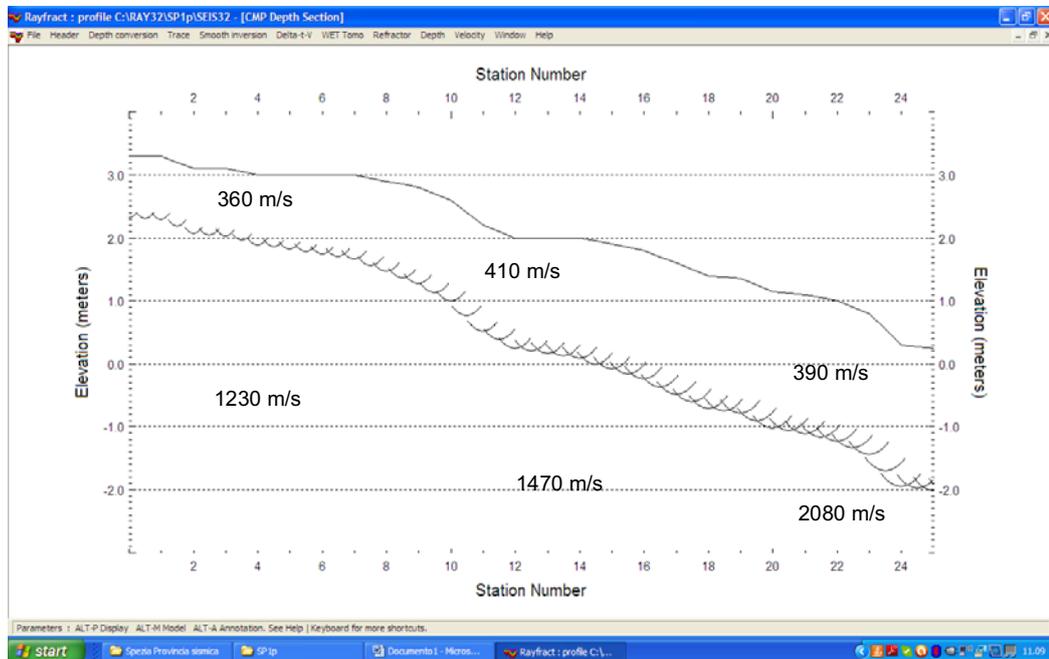




ONDE P: SEZIONE DI VELOCITÀ

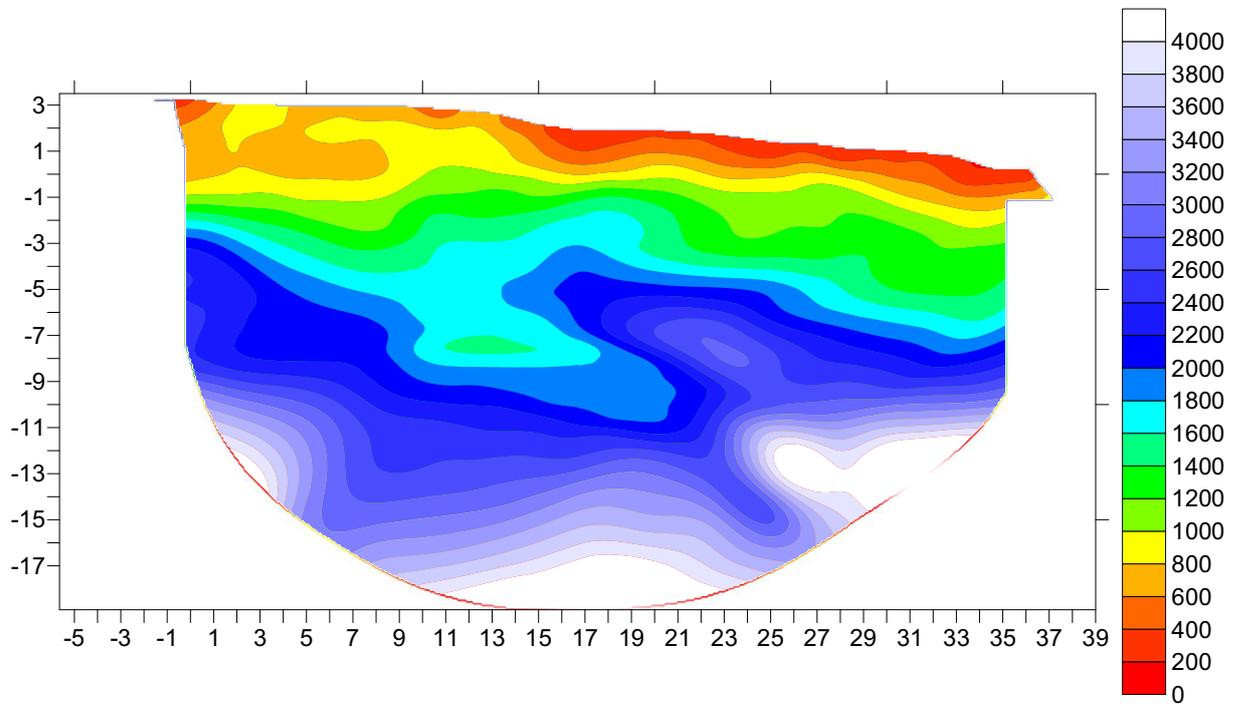


ONDE P: SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA





ONDE P: SEZIONE TOMOGRAFICA





3 INDAGINE SISMICA MASW-REMI

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è classificabile come tecnica di indagine sismica simile alla sismica a rifrazione e alla sismica a riflessione, perché il principio alla base della prova sperimentale in sito è analogo e consiste nel misurare le onde superficiali sul suolo. Rispetto alla sismica a rifrazione il metodo MASW presenta i vantaggi di superare i problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici; o nel caso di sismica a rifrazione con onde P alla presenza della falda superficiale, che nasconde gli strati di terreno con velocità delle onde P inferiore alla velocità delle onde nell'acqua.

Il metodo MASW consente di individuare il profilo di velocità Vs anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. La presenza della falda è modellata assegnando un valore del coefficiente di Poisson prossimo a 0.5, tra 0.4 e 0.5, in funzione del grado di saturazione. I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nella pratica è stato osservato che, se si esegue la prova con lo stendimento dei sensori lungo la direzione di massima pendenza, la presenza di forti acclività comporta una traslazione della curva di dispersione sperimentale. Il problema è mitigato disponendo lo stendimento dei sensori lungo una curva di livello in direzione perpendicolare alla direzione di massima pendenza.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè la velocità di fase (o di gruppo) apparente dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (REMI), o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10 Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo. Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

La linea acquisita ha una lunghezza di 34.5 metri e, per quanto riguarda il metodo attivo, è stata registrata con 1 energizzazione. La sorgente è costituita da una mazza dal peso di 10 kg battente una piastra metallica adagiata a terra. Per il metodo passivo, che sfrutta il rumore naturale senza bisogno di eseguire energizzazioni, il sismografo è stato lasciato in acquisizione per un periodo di tempo pari a 30 secondi.

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni posizionati ad una distanza intergeofonica pari a 1.5 metri.

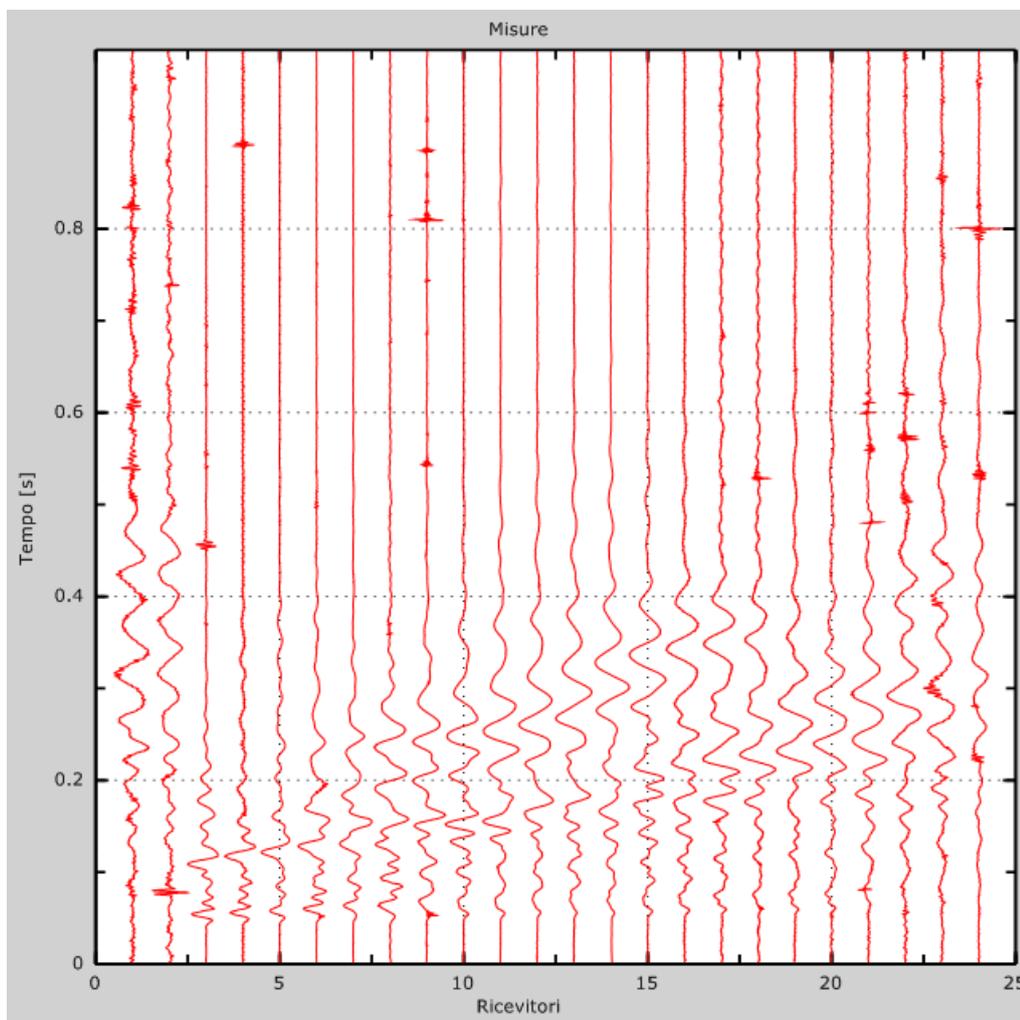
Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità al trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Di seguito si riportano alcuni stralci dell'elaborazione.



CODIFICAZIONE DOCUMENTO						REV.	FOGLIO
C	DOCUMENTI	2014	LAVORI	136	14	001	<u>12</u>

TRACCE SISMICHE METODO ATTIVO

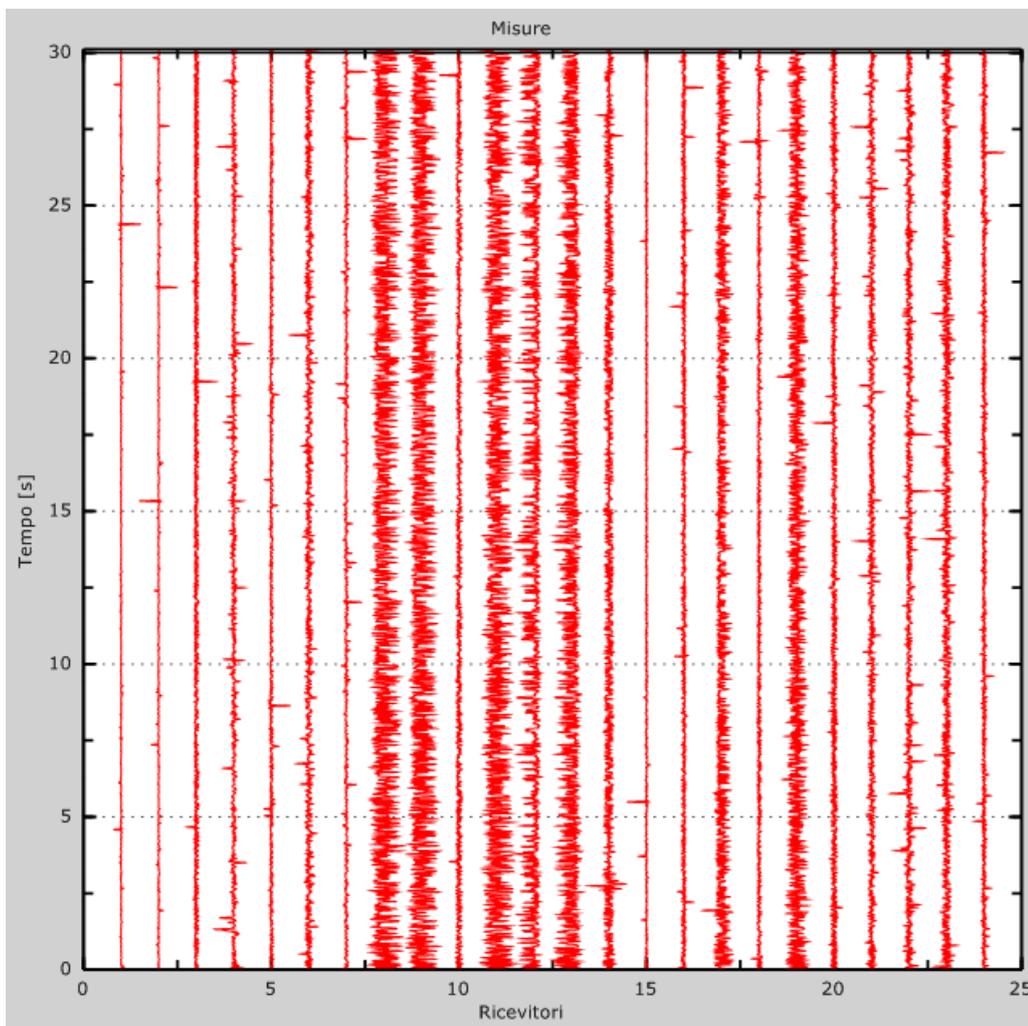


Numero di ricevitori 24
Distanza tra i sensori: 1.5m
Numero di campioni temporali..... 5592
Passo temporale di acquisizione..... 0.13ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 3000ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)



CODIFICA DOCUMENTO						REV.	FOGLIO
C	DOCUMENTI	2014	LAVORI	136	14	001	<u>13</u>

TRACCE SISMICHE METODO PASSIVO

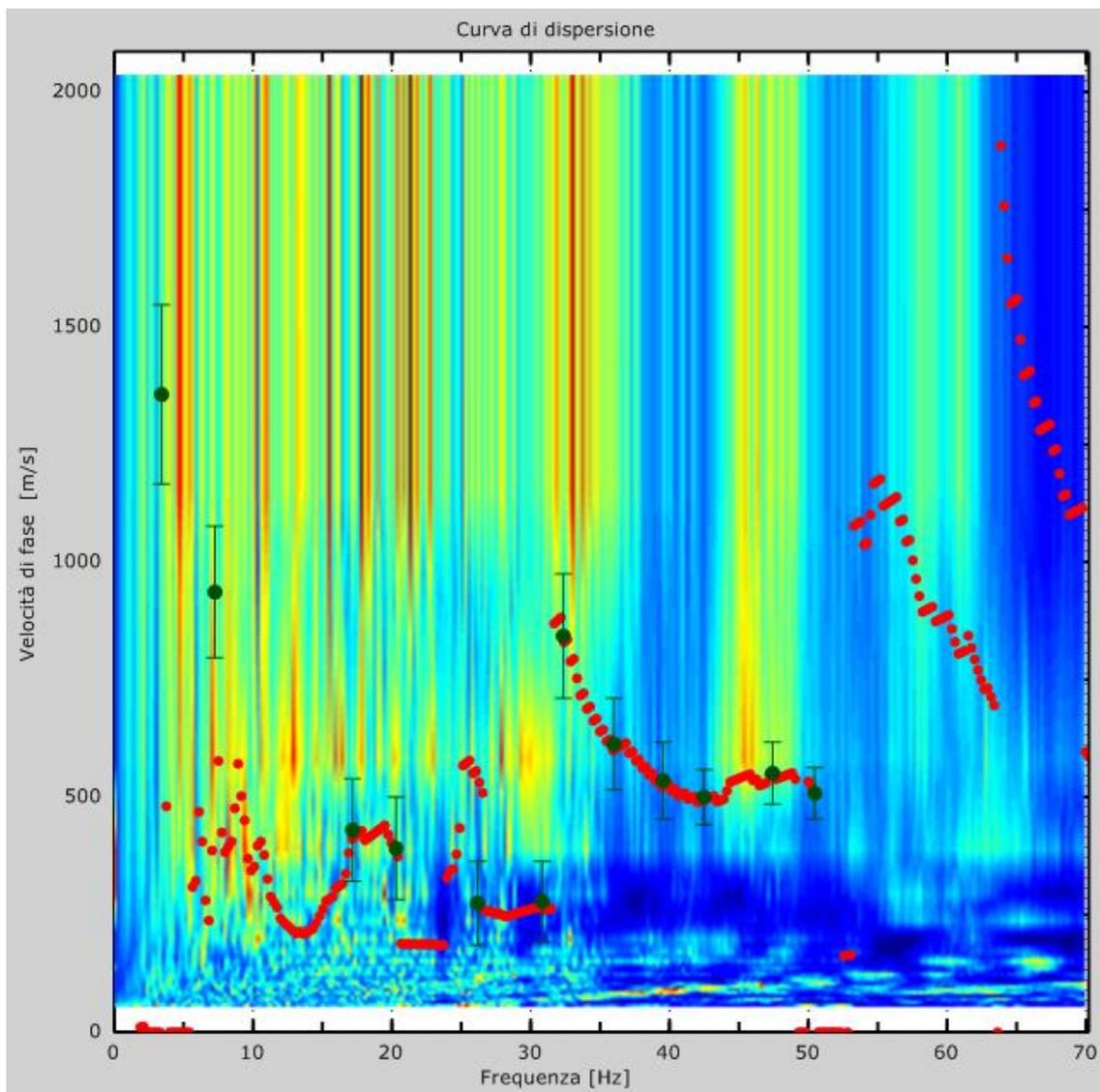


Numero di ricevitori24
 Numero di campioni temporali..... 3.26787e-312
 Passo temporale di acquisizione.....5.38ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi.....24
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 30000ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)



CODIFICAZIONE DOCUMENTO						REV.	FOGLIO	
C	DOCUMENTI	2014	LAVORI	136	14	001	1	<u>14</u>

CURVA DI DISPERSIONE





PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio)9
 Spaziatura ricevitori 1.5m
 Numero ricevitori 24
 Numero modi 6

Strato 1

h [m]1
 z [m] -1
 Vs fin.[m/s] 309

Strato 2

h [m]1
 z [m] -2
 Vs fin.[m/s] 309

Strato 3

h [m]2
 z [m] -4
 Vs fin.[m/s] 681

Strato 4

h [m]2
 z [m] -6
 Vs fin.[m/s] 478

Strato 5

h [m]3
 z [m] -9
 Vs fin.[m/s] 936

Strato 6

h [m]5
 z [m] -14
 Vs fin.[m/s] 936

Strato 7

h [m]5
 z [m] -19
 Vs fin.[m/s] 936

Strato 8

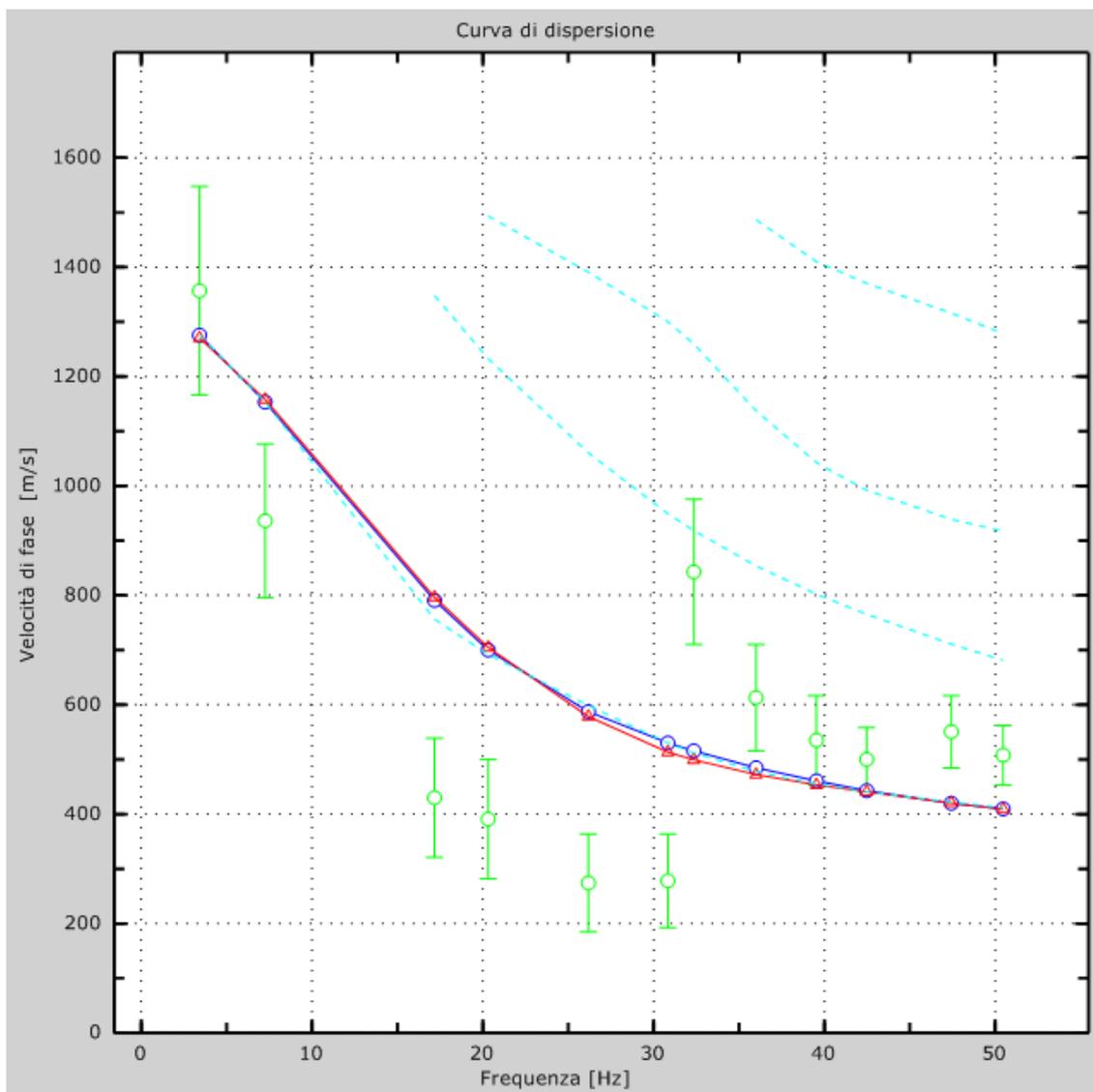
h [m]6
 z [m] -25
 Vs fin.[m/s] 936

Strato 9

h [m]0
 z [m] -00
 Vs fin.[m/s] 1508

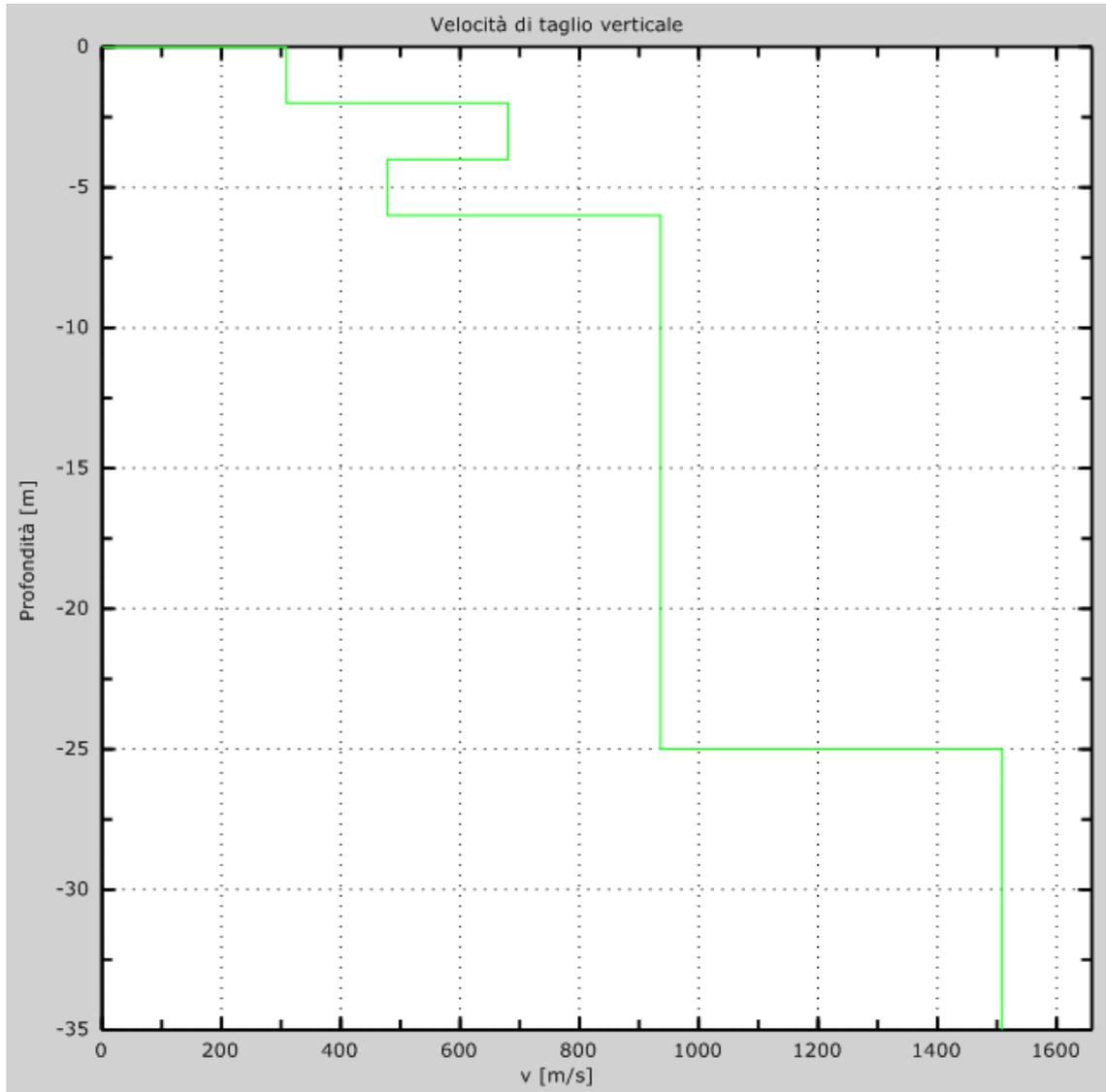


VELOCITÀ NUMERICHE - PUNTI SPERIMENTALI (VERDE), MODI DI RAYLEIGH (CIANO),
CURVA APPARENTE (BLU), CURVA NUMERICA (ROSSO)





PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO VERTICALI



**3 CALCOLO DELLE V_{s30}**

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove h_i e V_{si} indicano 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.

La Normativa Italiana (Ordinanza 3274), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).



In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Considerando le velocità degli strati e gli spessori rilevati, si ottiene dal piano di campagna un valore delle V_{S30} pari a **806 m/sec**.



CODIFICAZIONE DOCUMENTO						REV.	FOGLIO	
C	DOCUMENTI	2014	LAVORI	136	14	001	1	<u>20</u>

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



IGeA sas

Dott. Geol. Guglielmo Braccesi

