

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA  
U.O. GEOLOGIA GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO ESECUTIVO

**RIASSETTO NODO DI BARI**

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE  
Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio 2015

**Sottovia carrabile e ciclopedonale S. Anna**

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SCALA:

---

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

I A 1 U 0 4 E 6 9 I G G E 0 0 0 1 4 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Emissione esecutiva	CORNO <i>[Signature]</i>	ottobre 2016	PELLEGRINO <i>[Signature]</i>	ottobre 2016	F. GERNONE <i>[Signature]</i>	ottobre 2016	MARCHI <i>[Signature]</i> ITALFERR S.p.A. Dott. Giuseppe Francesco MARCHESE Resp. MO GEOTECNICA GEOTERRE TERRE E BONIFICHE Ordine Geotecnico n. 773 ES

File:

n. Elab.

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
1.1	ESEMPI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	6
2	PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE .....	7
2.1	PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE .....	8
2.1.1	<i>Principio di funzionamento del sistema</i> .....	8
2.2.1	<i>Onda trasmessa ed onda ricevuta</i> .....	9
2.2.2	<i>Acquisizione dati</i> .....	9
3	PROVA MASW / RE.MI. – RIFERIMENTO NORMATIVO ( <i>NTC2008 DEL 14/01/2008</i> ) .....	14
4	STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E “RE.MI.” CENNI METODOLOGICI.....	14
4.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELLA PROVA “MASW” E “RE.MI.” .....	16
4.2	ELABORAZIONE DATI .....	16
4.3	ANALISI SEZIONE INTERPRETATIVA.....	17
4.4	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	18
4.5	SPETTRO, CURVA DI DISPERSIONE E LOG VELOCITÀ ONDE Vs (PROVE RE.MI.) .....	19
4.6	SEZIONE VELOCITÀ Vs SUD-NORD .....	24
	APPENDICE 1 REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVE MASW .....	25

## 1 PREMESSA

A seguito dell'Ordine n. 100029643 di attivazione n. 15 su A.Q. n. 200000830 del 24/09/2012, sono state eseguite specifiche indagini geofisiche in corrispondenza delle area interessata al Riassetto Nodo di Bari, relativamente alle opere di viabilità inerenti alla realizzazione del Sottovia denominato S. Anna.

Di seguito si riporta una foto aerea dell'area indagata



L'attività si è articolata in differenti metodologie geofisiche strutturate in:

- Analisi elettromagnetiche per l'identificazione di eventuali anomalie metalliche in corrispondenza della piazzola di perforazione di quattro sondaggi denominati **S1, S2, S3 e S4**;
- N. 5 prove sismiche di tipo Re.Mi. / MASW, allineate da Sud verso Nord (lato mare) e con stendimenti di 24 geofoni intervallati ogni 2.50m, denominate **X1, X2, X3, X4 e X5** finalizzate alla definizione dei valori di  $V_{S30}$  e classificazione della categoria dei suoli e alla ricostruzione di una sezione in  $V_s$  (Sud-Nord), ottenuta interpolando i valori di velocità  $V_s$ , estratti dalla suddivisione di ogni singola prova sismica in tre specifici settori di 12 geofoni ciascuno.

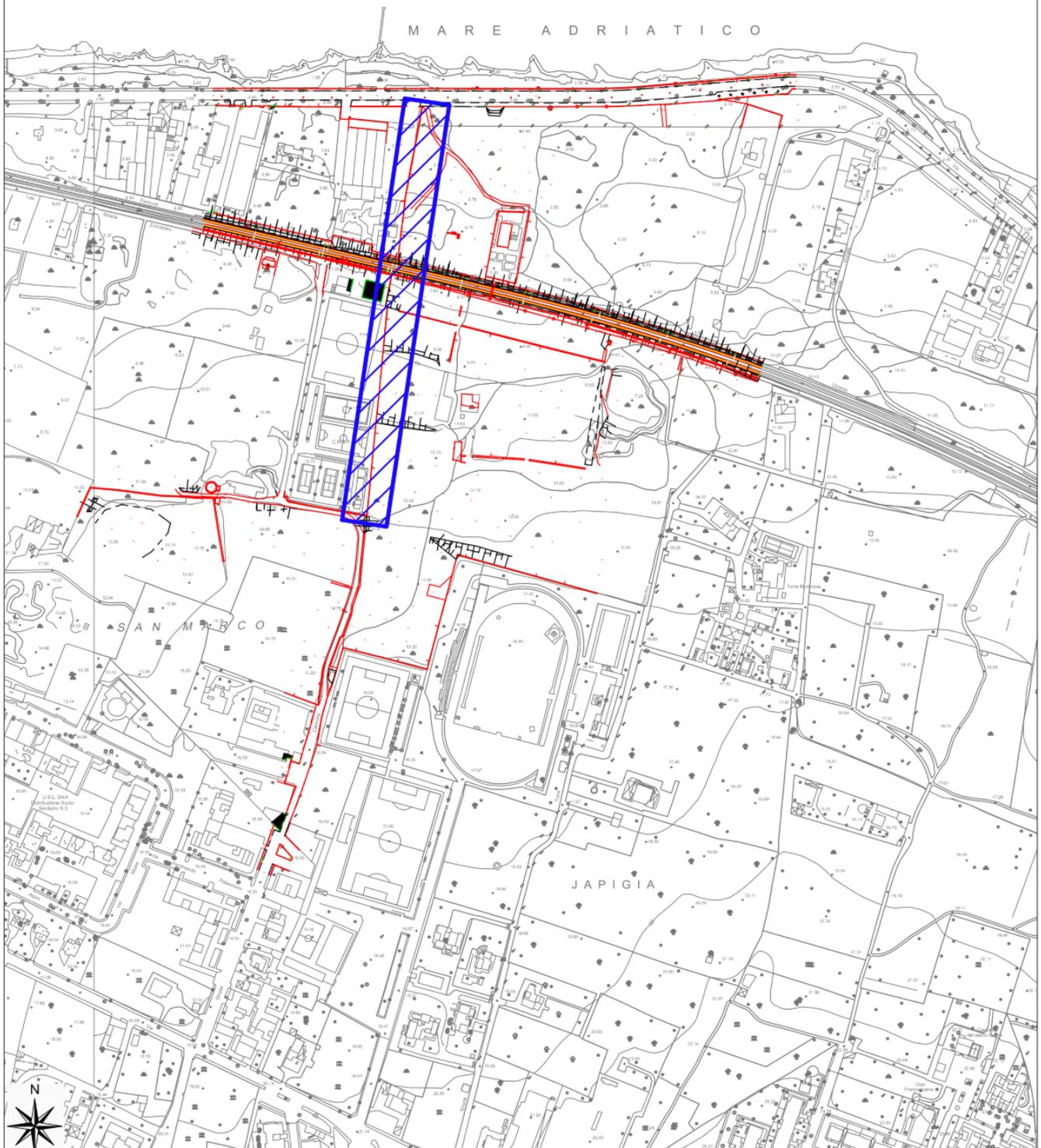
Lo schema di riferimento è il seguente (GXX: *identifica il numero di geofono*):

Centro A	G1	G12
Centro B	G7	G18
Centro C	G13	G24

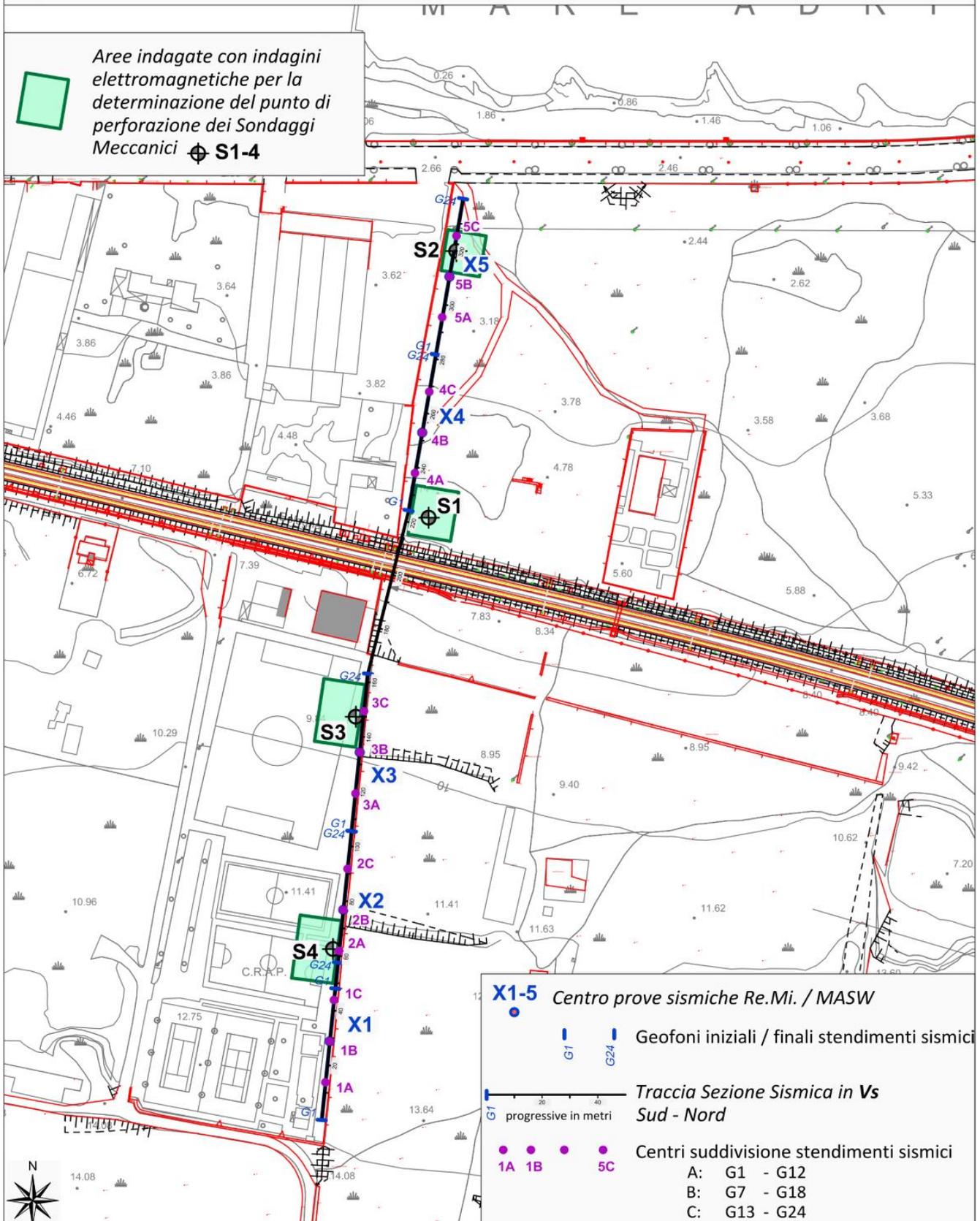
in planimetria i centri sono individuati dalla sigla **1A, 1B, ....., 5B e 5C**.

Di seguito vengono descritte le singole attività svolte e relativa interpretazione dei dati geofisici acquisiti unitamente agli allegati di riferimento e specifica documentazione fotografica.

**INQUADRAMENTO AREA**  
**RILIEVI GEOFISICI**  
scala 1:5.000



**PLANIMETRIA DI RIFERIMENTO - RILIEVI GEOFISICI - scala 1:2.000**



## 1.1 Esempi delle attività svolte

### PIAZZOLA DI SONDAGGIO - Rilievi Elettromagnetici-



### INDAGINE SISMICA Prova Re.Mi / MASW



## 2 PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE

Al fine di valutare la presenza di eventuali anomalie metalliche in corrispondenza dei punti d'indagine sono stati eseguiti specifici controlli elettromagnetici con magliatura 1x1 metro.

Sono state effettuate misure con registratore GEONICS EM31 con coil da 3,66 metri e successivo controllo con GEONICS EM38 con coil da 1,00 metro in aeree unitarie di circa 250/350 mq.

Per ogni punto sono stati acquisiti dati "in fase" e "in quadratura di fase" valutando sia la conducibilità elettrica che la suscettività magnetica.

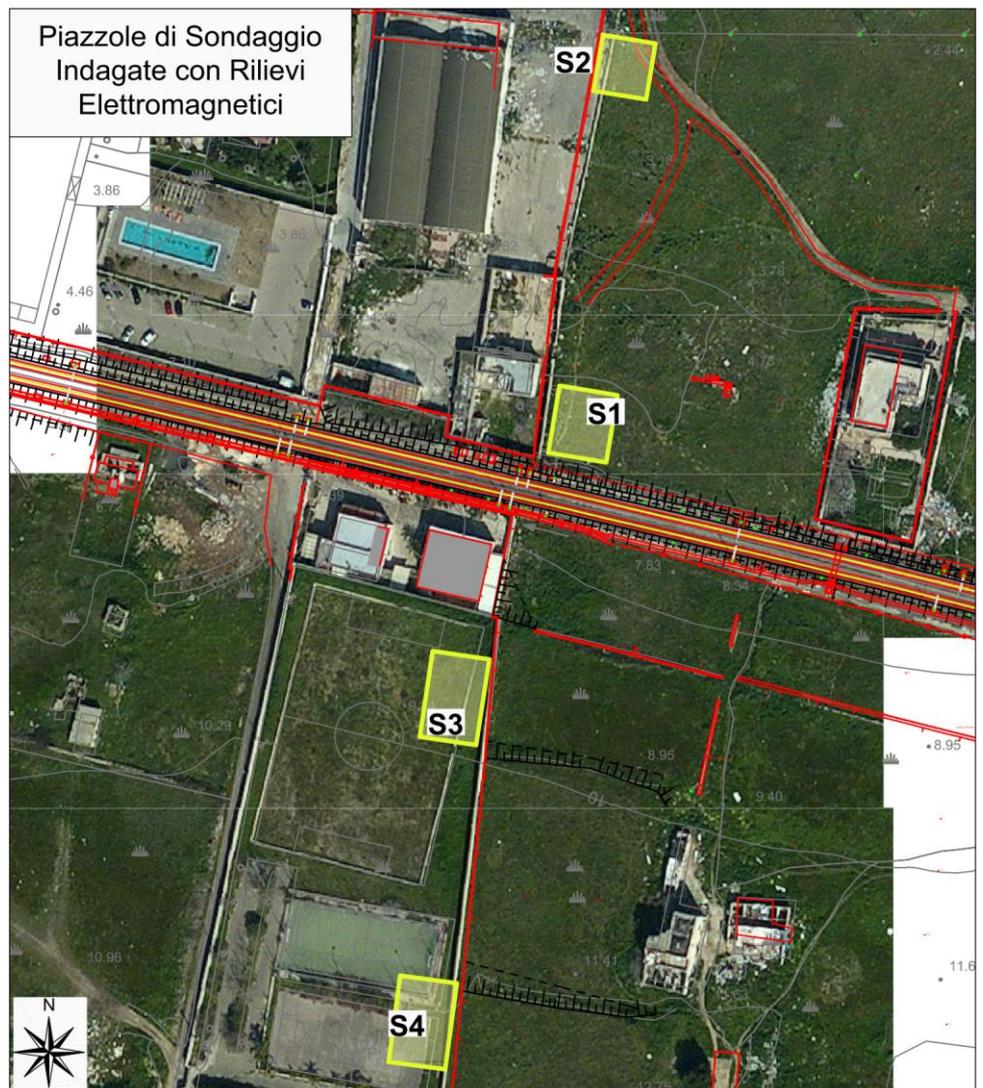
Le misure acquisite non hanno evidenziato specifiche condizioni anomale permettendo di localizzare il punto di sondaggio in settori omogenei privi di interferenze.

In corrispondenza delle aree di misura sono stati lasciati specifici contrassegni (picchetti/segni identificativi).

Sono state verificate la piazzola relative alle aree di sondaggio:

- S1
- S2
- S3
- S4

Per ulteriore controllo le aree sono state visionate anche con specifico cerca servizi VOLTA T16 per localizzazione di sottoservizi.

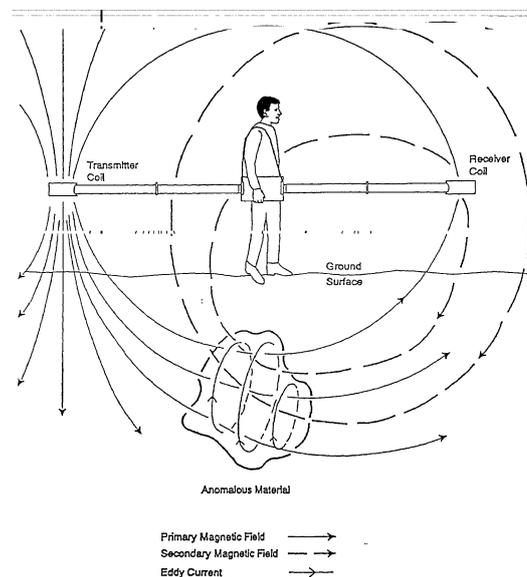


## 2.1 Prospezioni elettromagnetiche

Il rilievo elettromagnetico rappresenta attualmente una delle tecniche di prospezione più risolutive per le indagini non distruttive finalizzate alla ricerca di materiali inquinanti, quali: rifiuti, melme, ecc. e per la localizzazione di oggetti metallici (fusti, tubature, ecc.) sepolti nel sottosuolo.

Con il rilievo elettromagnetico, infatti, non avendo la necessità di creare contatti fisici di elettrodi con il terreno, può essere realizzata un'esplorazione veloce e nello stesso tempo dettagliata e specifica anche in vaste aree. In tal modo è possibile ottenere, con una prospezione sistematica a maglie regolari, uno "screening" accurato del sottosuolo, con la capacità di individuare e delimitare con precisione i trend e gli andamenti degli elementi strutturali presenti.

Lo strumento "GEONICS EM31" è costituito da un sistema ad induzione elettromagnetica "low induction number" a frequenza di 9,8 KHz. Portatile alimentato a batterie, è costituito da due sensori: un trasmettitore e un ricevitore, posizionati a distanza fissa di 3,66 metri su un supporto rigido solidale all'apparecchiatura (v. illustrazione sotto).



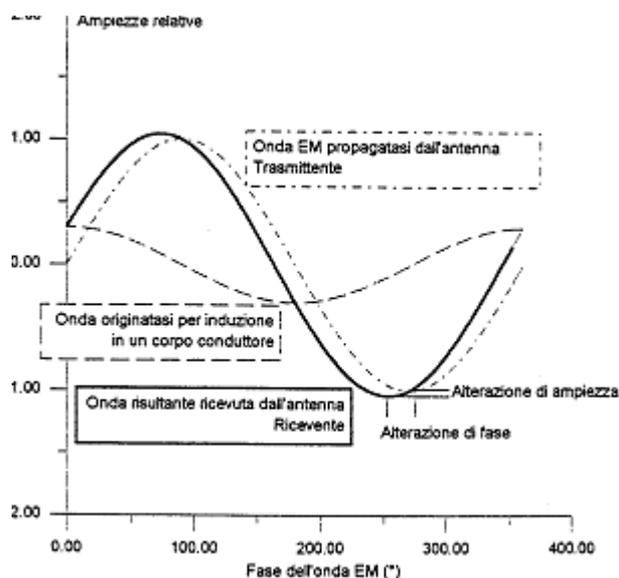
### 2.1.1 Principio di funzionamento del sistema

Il sistema utilizzato sfrutta il fenomeno fisico dell'induzione elettromagnetica che si verifica nei corpi conduttori di elettricità quando un'onda elettromagnetica (EM), propagandosi nello spazio, attraversa tal corpo.

In particolare, si può determinare la presenza del corpo conduttore nel sottosuolo eseguendo misure in superficie con vari dispositivi; quello in questione opera secondo lo schema seguente:

- un apparato trasmittente (Tx) invia nello spazio circostante, tramite un'antenna alloggiata ad una estremità del dispositivo di misura, un segnale a frequenza costante e di ampiezza grossomodo uniforme;
- un apparato ricevente (Rx) posto all'altra estremità del dispositivo (3,66/1,00 m di distanza) riceve:
  1. il segnale EM propagatosi nell'aria;
  2. un segnale di riferimento direttamente dall'antenna trasmittente

Il segnale ricevuto tramite l'antenna risulterà, in assenza di conduttori nella zona circostante gli apparati, perfettamente in fase ed attenuato per la quantità dipendente dalla distanza, rispetto a quello trasmesso direttamente; nella realtà, invece, i fenomeni di induzione nei terreni conduttivi presenti nel sottosuolo provocano una maggiore alterazione del segnale ricevuto (vedi seguente diagramma).



### 2.2.1 Onda trasmessa ed onda ricevuta

L'analisi dell'alterazione del segnale porta alla determinazione della conducibilità apparente dello spazio circostante che, nelle esplorazioni di superficie, si può riferire al sottosuolo della zona in esame, in quanto il semispazio sopra la superficie è praticamente isolante. Questo fatto viene spiegato con il fenomeno dell'induzione elettromagnetica che produce una circolazione di corrente secondo spire virtuali che tendono a concentrarsi nelle zone a maggiore conducibilità e, pertanto, producono una maggiore alterazione del segnale all'antenna ricevente.

Il valore risultante viene convenzionalmente riferito al sottosuolo nel punto di stazione, tuttavia è necessario tener presente che il risultato è dipendente anche dalla posizione reciproca del Trasmettitore e del Ricevitore e dalla forma dell'oggetto anomalo. Infatti, mentre nel caso di situazioni di anomalie molto estese la variazione reciproca delle posizioni dei due apparati non comporta variazioni significative dei risultati delle misure, nel caso di anomalie molto ristrette (dimensioni inferiori al dispositivo) e sviluppate secondo una direzione preferenziale, i valori possono essere molto differenti tra un caso e l'altro. Anche al variare dell'angolo tra la linea del dispositivo e la linea di allungamento dell'oggetto anomalo si hanno notevoli variazioni del valore misurato; quindi è opportuno valutare i risultati non solo in base all'entità dei valori, ma anche in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche delle situazioni anomale.

### 2.2.2 Acquisizione dati

Il dispositivo ricevente rileva sia la componente in fase che in quadratura di fase del campo secondario (indotto) rispetto a quello primario. Dai valori in "quadratura di fase" si risale automaticamente ai valori di conducibilità elettrica (misurata in millimhos/metro), mentre dai valori "in fase" (misurati in percentuale rispetto al campo elettromagnetico primario) si possono ricavare indicazioni sulla presenza di masse metalliche sepolte.

Le misure sono visualizzate analogicamente sul display dell'apparecchiatura e memorizzate in un "datalogger" collegato allo strumento.

I dati registrati, riversati su calcolatore e opportunamente elaborati, sono rappresentati graficamente in modo da evidenziare la distribuzione e la geometria delle eventuali anomalie riscontrate.

## Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio S1



*Rilievo EM31*

*Rilievo EM38*

*Rilievo VOLTA T16*



## Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio S2



*Rilievo EM31*

*Rilievo EM38*

*Rilievo VOLTA T16*



## Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio S3



*Rilievo EM31*



*Rilievo EM38*



*Rilievo VOLTA T16*



## Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio S4



*Rilievo EM31*



*Rilievo EM38*



*Rilievo VOLTA T16*



### 3 PROVA MASW / RE.MI. – RIFERIMENTO NORMATIVO (NTC2008 DEL 14/01/2008)

La nuova normativa “Norme tecniche per le costruzioni” afferma che ai fini della definizione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare la classificazione dei terreni descritta di seguito. La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (bedrock) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all’estensione ed all’importanza dell’opera.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio VS ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media cu. In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A** – *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 5m.
- 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 e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata Cu > 250 kPa).
- C** – *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < NSPT < 50, 70 < Cu < 250kPa).
- D** – *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s (NSPT < 15, Cu < 70kPa).
- E** – *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.

A queste cinque categorie principali si aggiungono altre due categorie per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell’azione sismica da considerare:

- S1** - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di VS30 < 100 m/s (10 < cu < 20kPa).
- S2** - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

La classificazione è effettuata sulla base del parametro VS30 che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l’espressione:

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

dove hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio g < 10<sup>-6</sup>) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

### 4 STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E “RE.MI.” CENNI METODOLOGICI

Il metodo Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh 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. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi.

Nel metodo attivo, utilizzato nell'indagine, 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 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, 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 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa  $\rho$  e si variano lo spessore  $h$  e la velocità  $V_s$  degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità  $V_s$  e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

La tecnica di prospezione "Refraction Microtremor" (Re.Mi), utilizzata nell'ambito di questo progetto, capovolge il concetto comune del parametro "segnale-disturbo", per il quale tradizionalmente il primo (segnale) ha necessità di essere rilevato in condizioni favorevoli quindi in assenza o scarsità di rumore. Viceversa, in presenza di forte rumore di fondo (es. ambiente urbano), le tradizionali rilevazioni sismiche hanno sempre trovato una condizione di difficile applicazione a causa della difficoltà di discriminare il segnale dal rumore.

Con questa nuova tecnica, il disturbo, il "noise" ambientale diventa il segnale utilizzato per la caratterizzazione sismica. Sono i microtremori (rumore di fondo generato dal traffico stradale, ferroviario e comunque il rumore presente costantemente in ambito urbanizzato) a costituire la sorgente di energia utile allo scopo.

Numerose sperimentazioni hanno consentito di appurare che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, effettuate con uno stendimento sismico normalmente utilizzato per la sismica a rifrazione, possono essere utilizzate, con opportune procedure di acquisizione e elaborazione, per stimare la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) fino a profondità che possono essere superiori a 100m. La metodologia d'indagine più applicata per la determinazione del profilo

verticale di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , è stata proposta e sperimentata da J.N.Louie del Seismological Laboratory and Dept. of Geological Sciences dell' Università del Nevada, ed è basata su due aspetti fondamentali:

- uno pratico, rappresentato dal fatto che alcuni sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz per intervalli di tempo sufficientemente lunghi (almeno 10 sec);
- uno teorico, sulla base del quale una semplice trasformata bidimensionale (p-f) slowness-frequency della registrazione di un rumore di fondo (microtremor) è in grado di separare le onde di Rayleigh (onde di superficie) da altri tipi di onde che compongono il sismogramma, rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

#### 4.1 Modalità esecutive della prova “MASW” e “Re.Mi.”

In considerazione delle particolari condizioni logistiche locali, caratterizzate da un elevato livello di rumore ambientale, si è proceduto ad acquisire dei profili sismici di tipo “MASW” e “Re.Mi.” per poter definire con una discreta certezza il dato medio di  $V_{s30}$ , in appendice 1 si riportano le registrazioni / spettri delle prove MASW.

L'acquisizione dei dati per la definizione della  $V_s$  è stata realizzata tramite la registrazione del rumore ambientale, impiegando geofoni da 4.5Hz, ed un acquisitore digitale a 24 canali della Geometrics tipo “Geode” con dinamica a 24bit.

La registrazione simultanea del segnale sismico dei 24 geofoni ha consentito la suddivisione di ogni singola prova in tre settori composti da 12 geofoni ciascuno, ottenendo in questo modo tre differenti Centri di misura:

**A:** tra G6-G7, **B:** tra G12-G13 e **C** tra G18-G19

i cui esiti della elaborazione sono stati utilizzati per la definizione di una sezione in Velocità  $V_s$  Sud-Nord.

#### 4.2 Elaborazione dati

I dati della prova “MASW” sono stati elaborati con il software “WinMasw – Eliosoft”.

Per la metodologia “Re.Mi.” per l'elaborazione dei dati si è utilizzato il pacchetto software SeisOpt Re.Mi. 5.0 prodotto dalla Optim Software LLC.



Come prima fase è stata eseguita un'analisi spettrale del sismogramma che ha consentito di elaborare una immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione è stata estrapolata la curva di attenuazione del segnale caratteristico e in funzione del suo andamento (curva di dispersione) si è risaliti alla stratigrafia sismica in termini di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

Il risultato finale dell'elaborazione è consistito, quindi, nella rappresentazione grafica del profilo di velocità.

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

La tabella allegata sintetizza i valori di  $V_{s30}$  calcolati e conseguente categoria di suolo sismico:

Sigla Prova	$V_{s30}$ (m/sec)	Categoria suolo
X1	637	<b>B</b>
X2	622	<b>B</b>
X3	646	<b>B</b>
X4	755	<b>B</b>
X5	775	<b>B</b>

### 4.3 Analisi sezione interpretativa

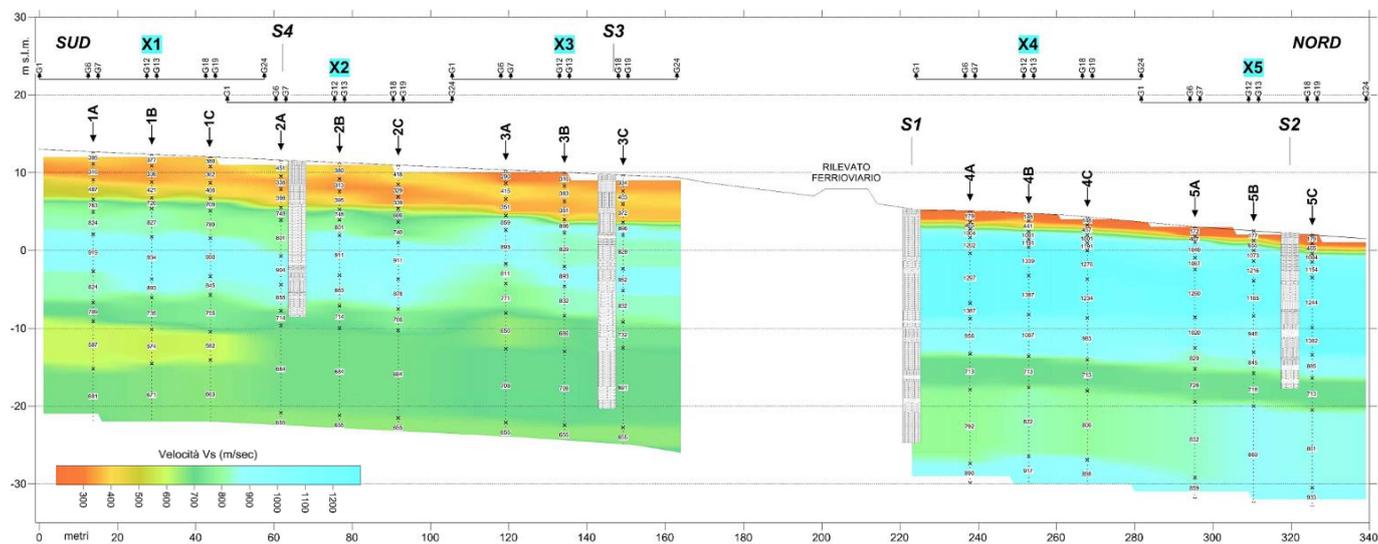
Al fine di analizzare in modo comparato i dati acquisiti è stata elaborata una sezione esplicativa utilizzando i dati stratigrafici emergenti dai sondaggi meccanici ed i valori di Velocità Vs ottenuti dalle elaborazioni delle prove MASW e Re.Mi. (in questo caso per ogni singola prova sono stati estrapolati i valori corrispondenti a tre differenti centri di misura come precedentemente esplicitato in paragrafo 4.1)

Le litologie prevalenti sono caratterizzate da calcari / calcareniti e/o dolomie calcaree con differente grado di addensamento e fratturazione con la locale presenza di elementi molto allentati a volte riferibili a cavità di differenti dimensioni, il tutto è definito da diverse velocità sismiche variabili sia in senso verticale che orizzontale.

L'analisi comparativa dei dati elaborati ha permesso di definire in linea generale tre differenti unità geofisiche di massima correlabili a differenti valori di velocità sismica Vs.

- I. **Unità superficiale** fino a circa 6/7 metri dal p.c. nella porzione SUD degradanti a qualche metro nel settore NORD definita da velocità sismiche comprese fra 300 – 450 m/sec (con coltre superficiale attorno a 150/200 m/sec).
- II. **Unità intermedia** con valori di velocità compresi fra 700-1200 m/sec con incremento progressivo da SUD verso NORD e con diffusa presenza di inversioni di velocità relativi a modifiche dello stato fisico del corpo roccioso (intense fratturazioni / cavità). Tale unità interessa spessori dell'ordine di 20 metri dal p.c.
- III. **Unità di fondo** con velocità variabili fra 650-900 m/sec con marcata variazione laterale verso NORD (lato mare).

La sezione sismica interpretativa descrive i rapporti fra le unità geofisiche elaborate, il rilievo sismico con velocità Vs riconferma l'evidente disomogeneità dei materiali indagati supportata dai differenti valori di velocità e dalla variazioni presenti in ogni singola unità geofisiche.



Di seguito vengono trasmessi gli allegati di riferimento:

- Documentazione fotografica come esempio per l'attività di acquisizione dei dati
- Spettro, curva di dispersione e Log velocità onde Vs (Re.Mi.)
- Sezione Velocità Vs Sud-Nord, scala X=1:1.000, Y=1:500
- Registrazioni e spettri (MASW) Appendice 1

#### 4.4 Documentazione fotografica



Stendimento sismico per registrazione Re.Mi. / MASW



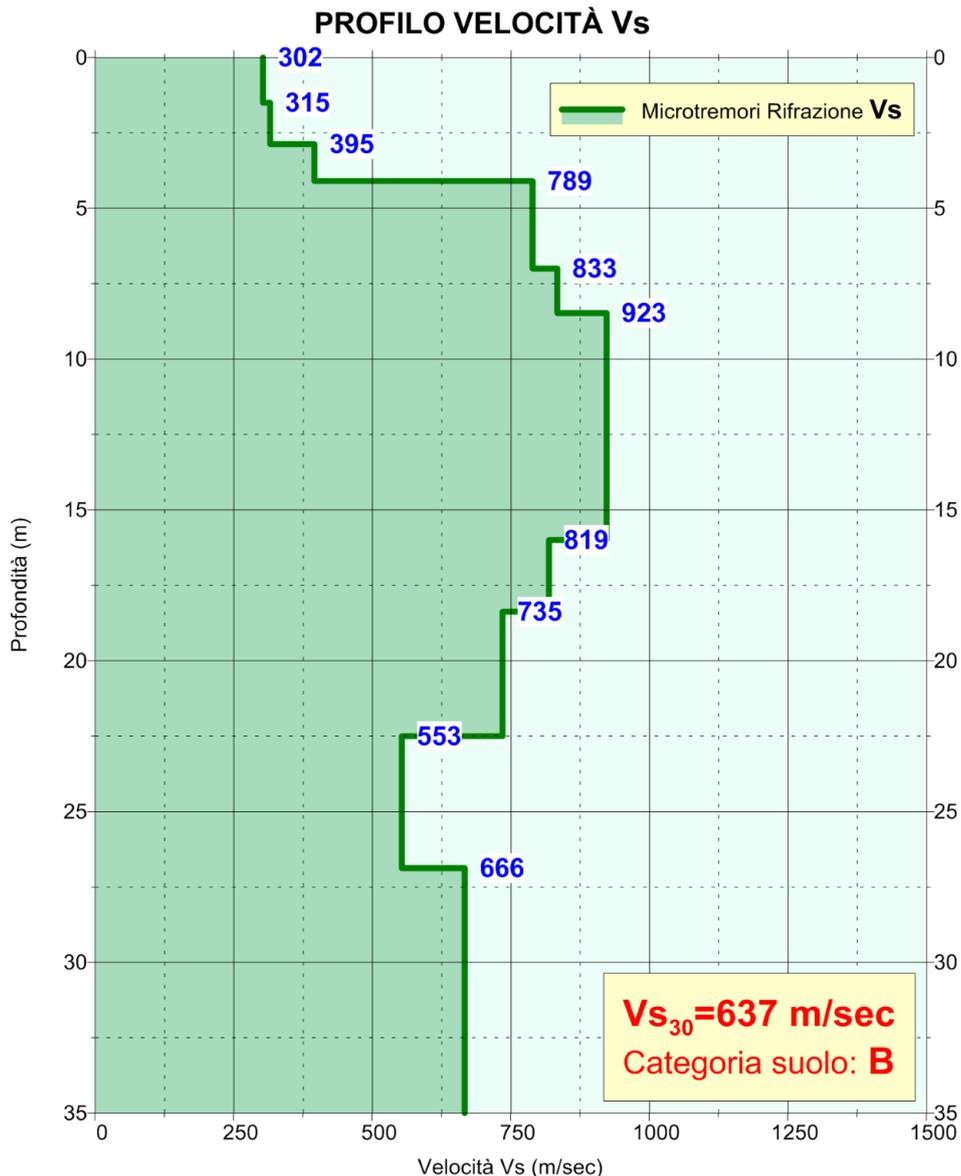
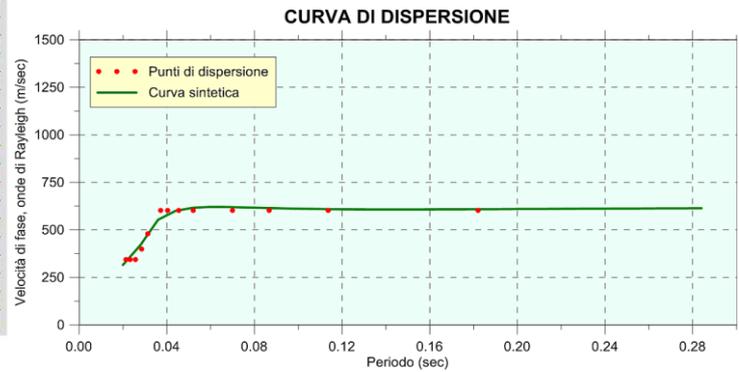
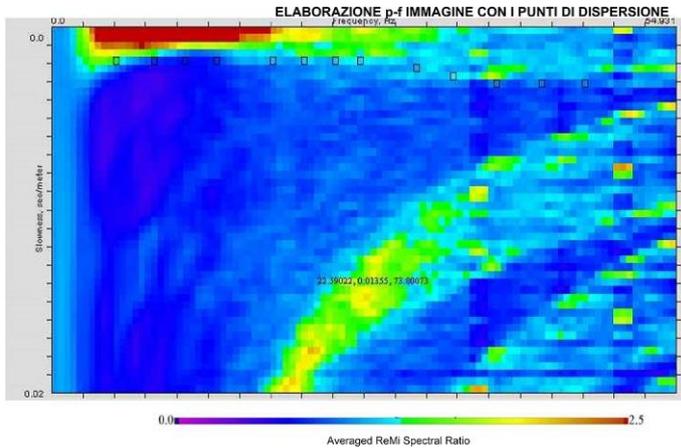
Energizzazione Prova MASW



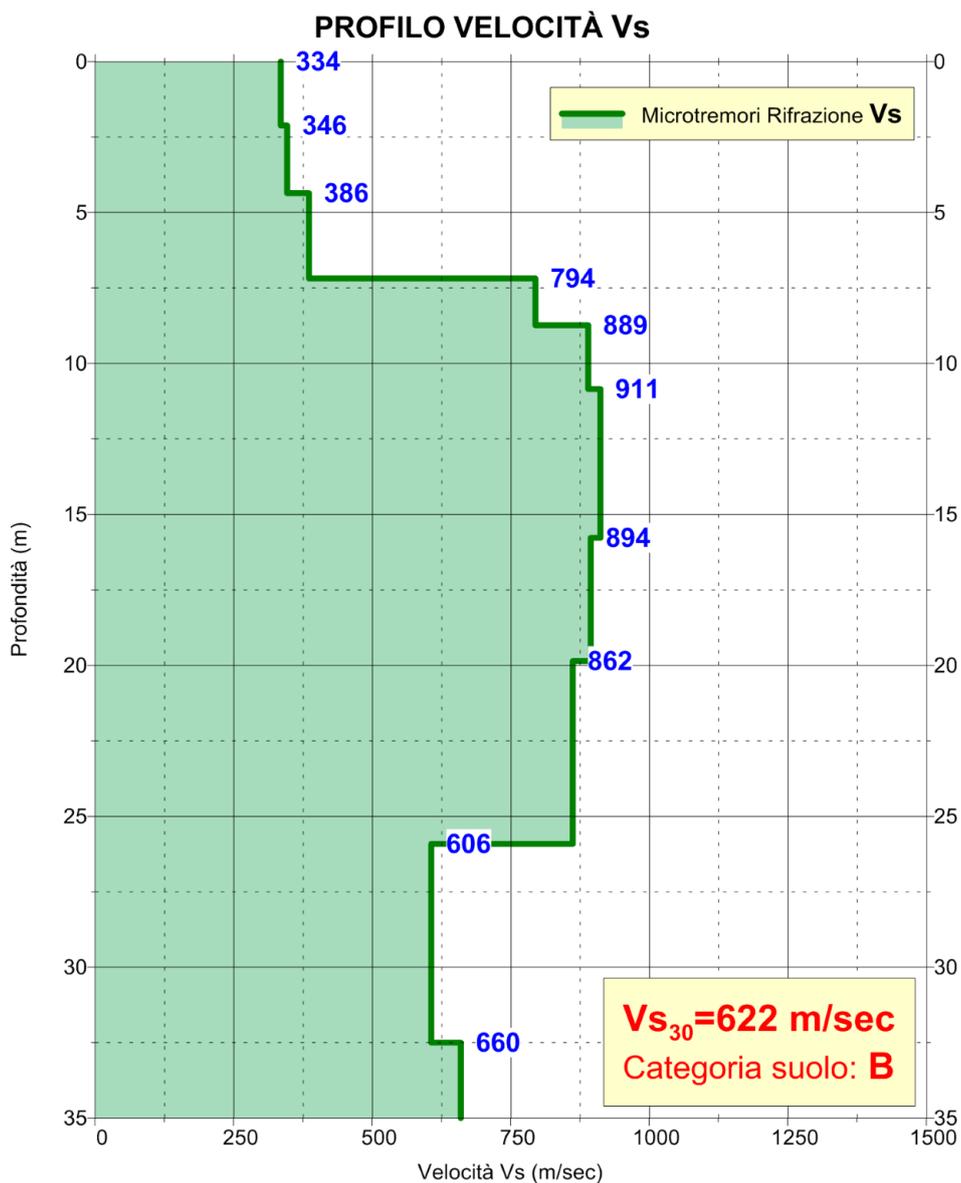
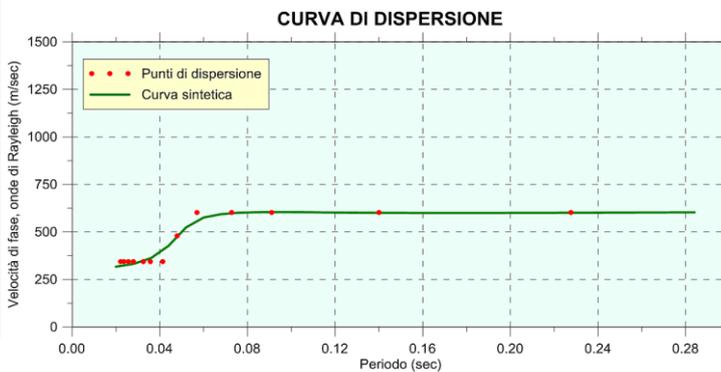
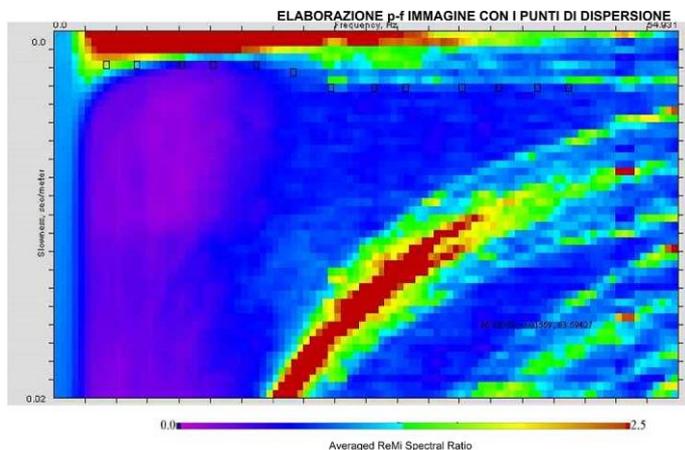
Attrezzatura di registrazione

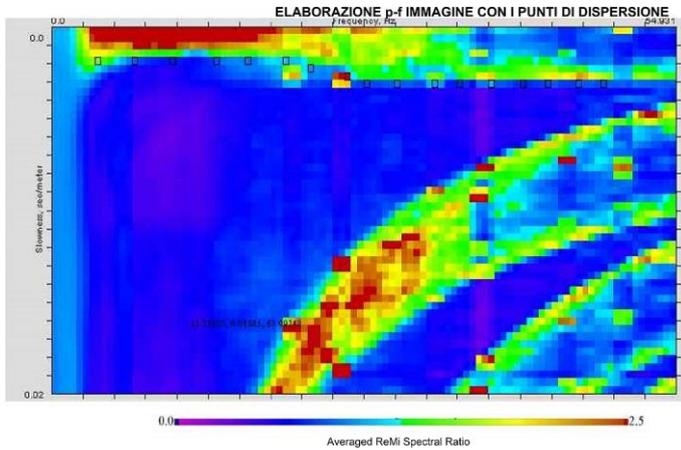
#### 4.5 Spettro, curva di dispersione e Log velocità onde Vs (Prove Re.Mi.)

### PROVA Re.Mi. - X1

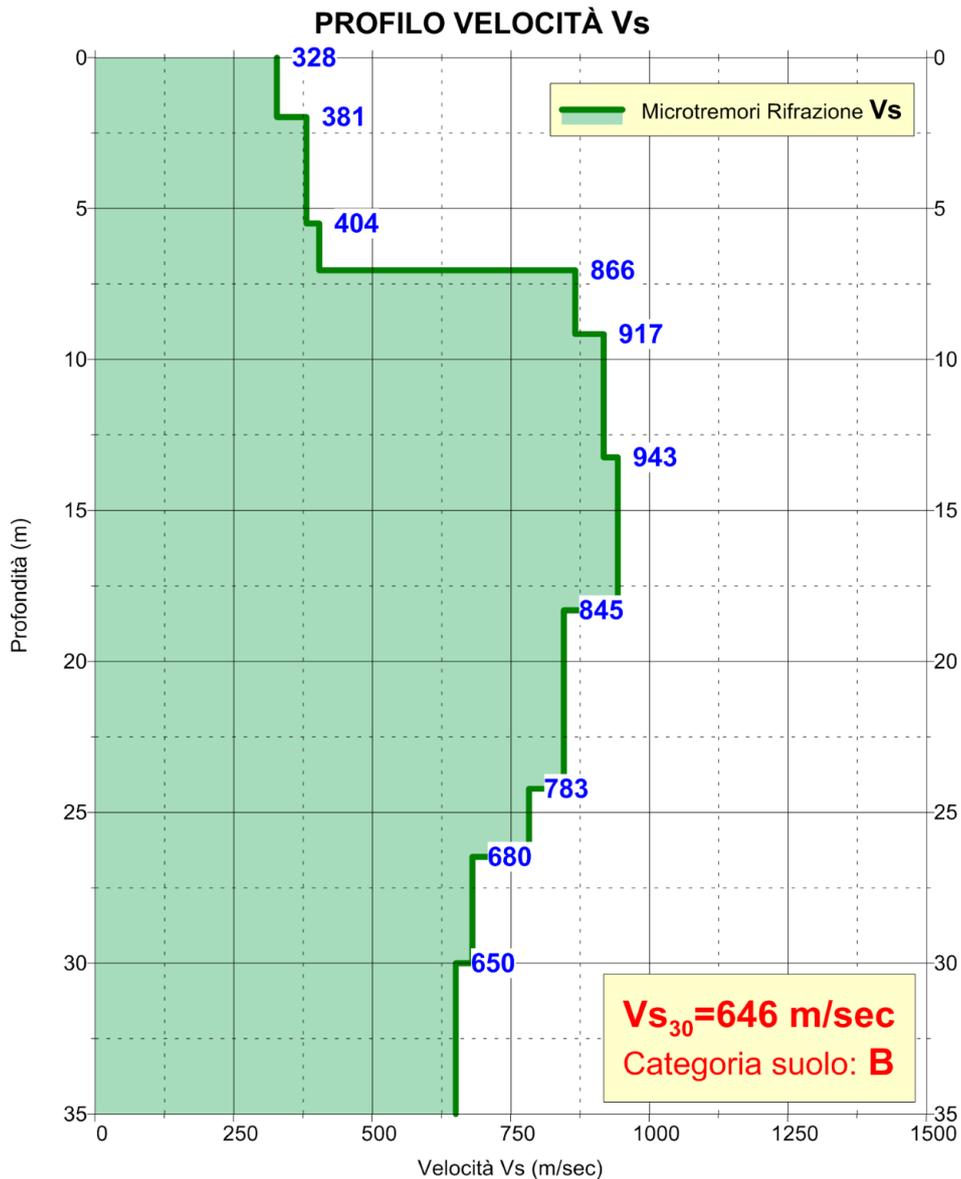
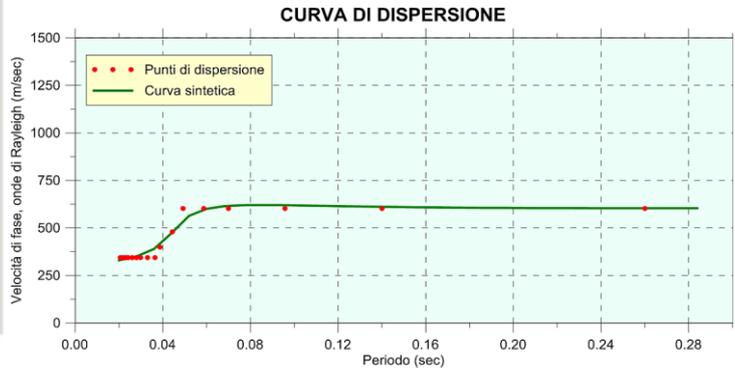


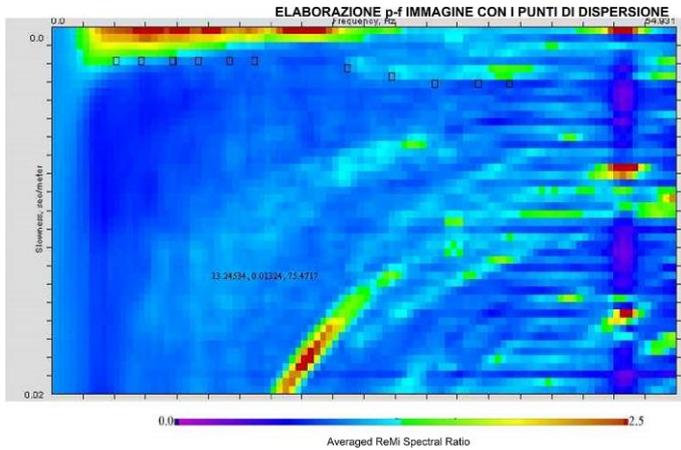
## PROVA Re.Mi. - X2



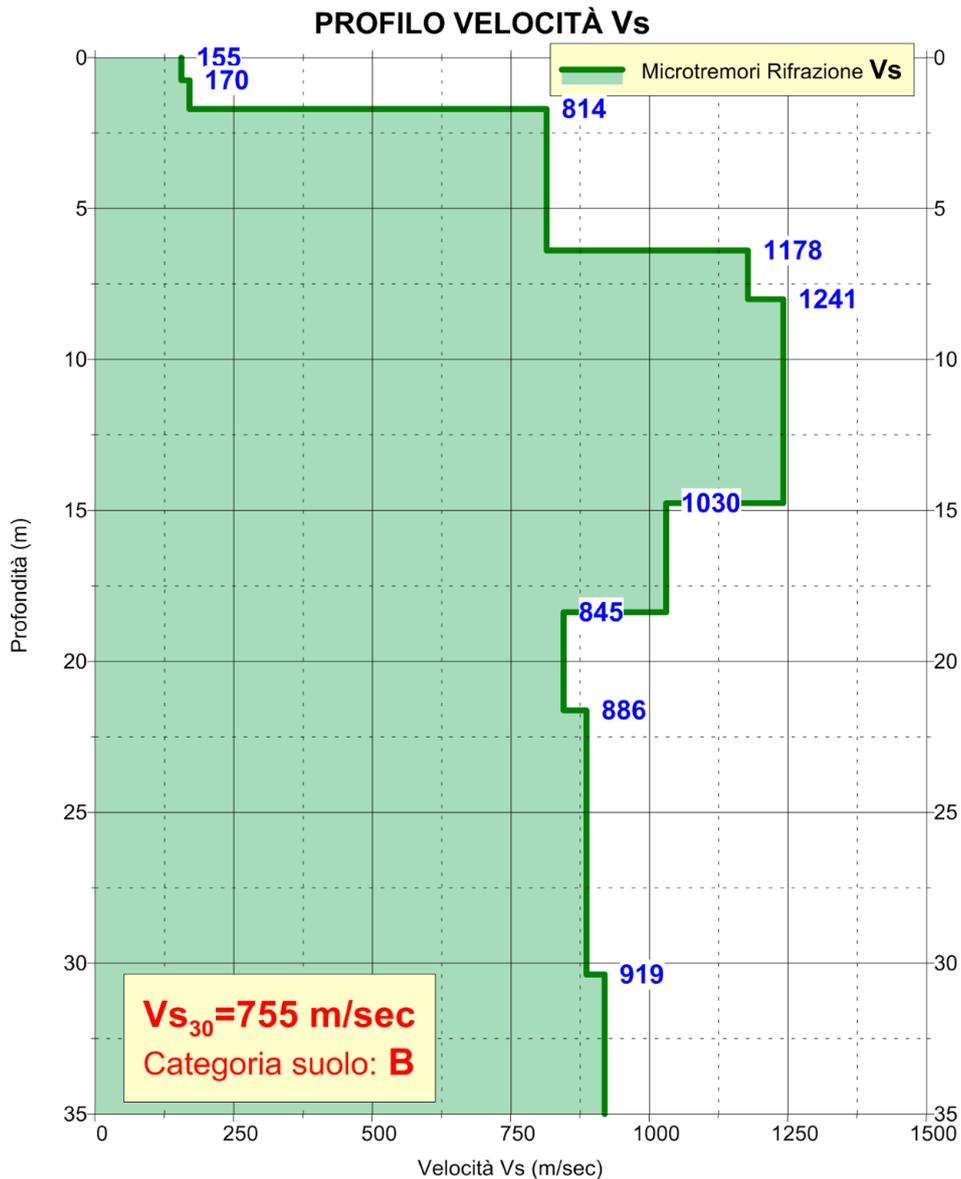
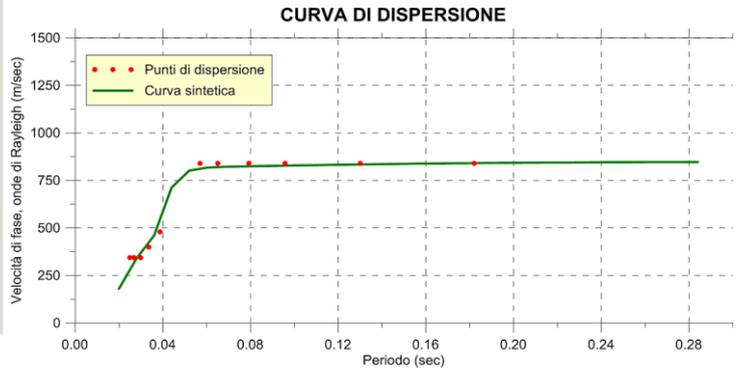


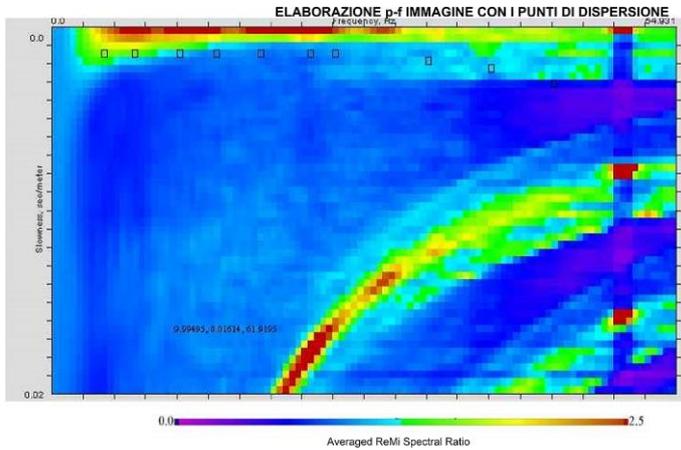
**PROVA Re.Mi. - X3**



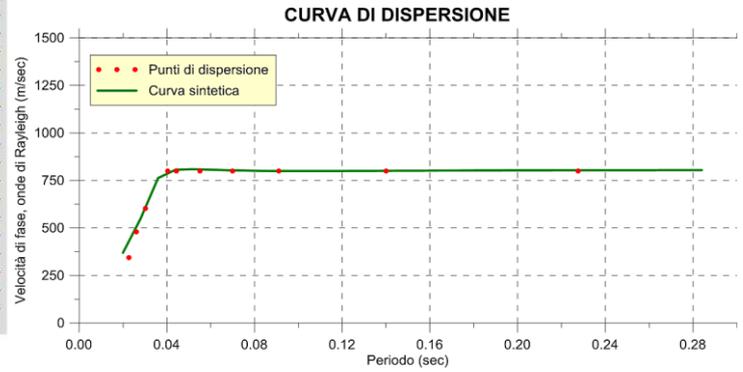


**PROVA Re.Mi. - X4**

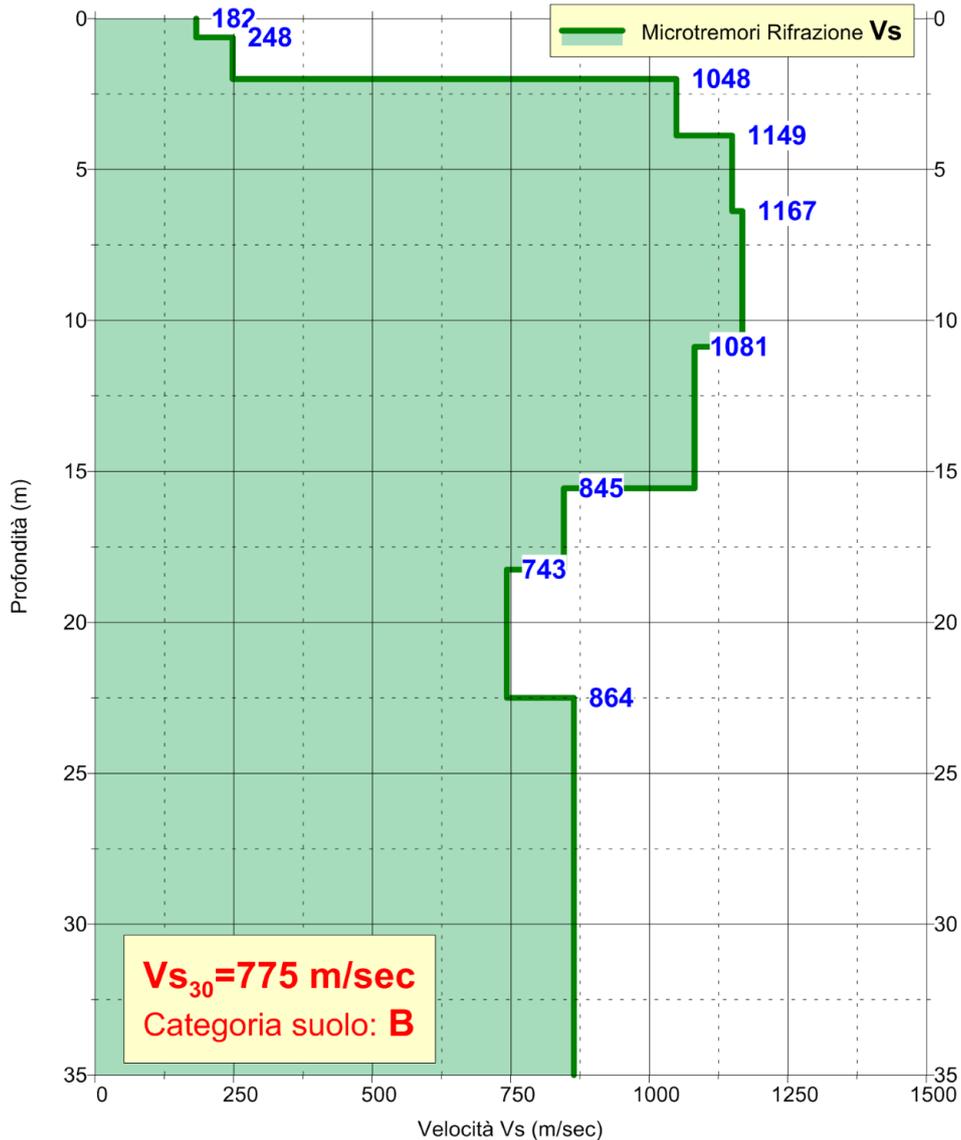




**PROVA Re.Mi. - X5**

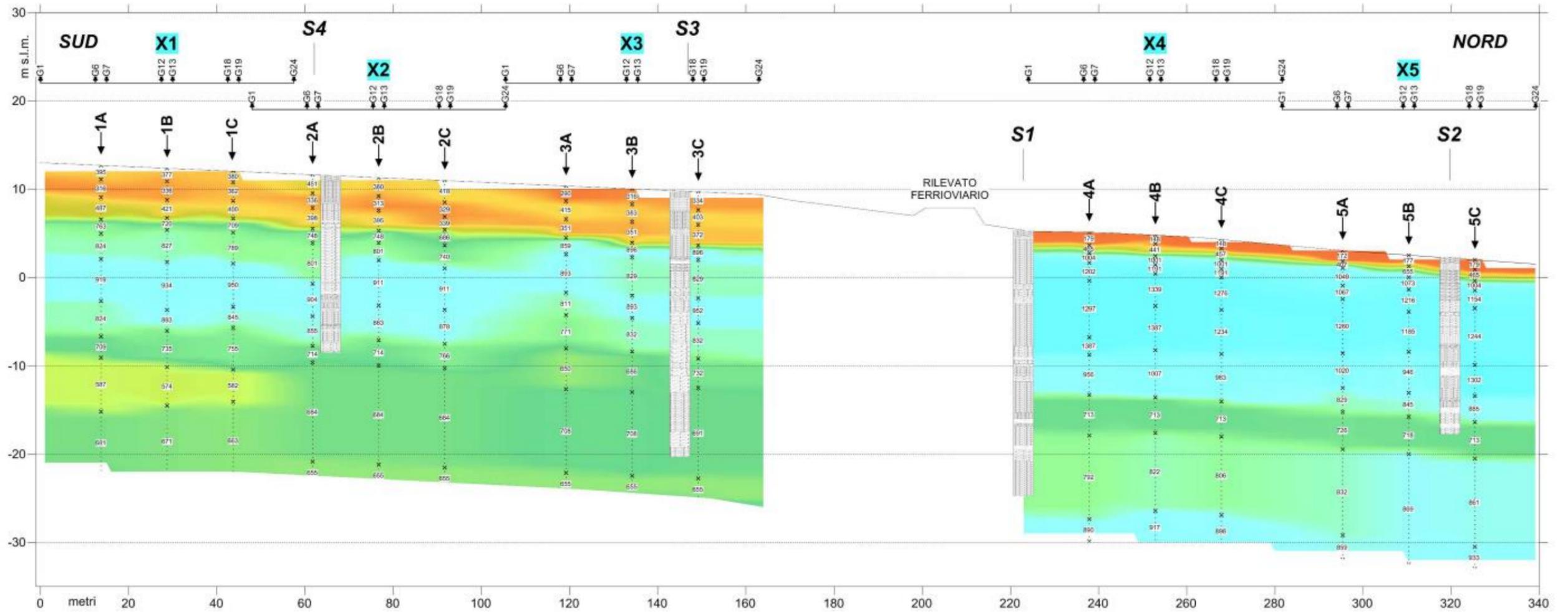


**PROFILO VELOCITÀ Vs**



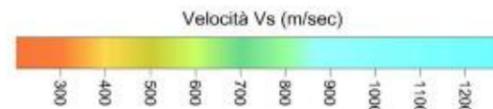
4.6 Sezione Velocità Vs Sud-Nord

Sezione Velocità Vs Sud-Nord - Scala X=1:1.000, Y=1:500



**X1** **X5** Stendimenti Prove Sismiche Re.Mi. / MASW  
**G6** **G7** **G12** **G13** Geofoni  
**-1A** **-1B** Centri ricavati suddividendo lo stendimento in tre settori:  
 A=G1-G12, B=G7-G18, C=G13-G24

↓ Profilo Velocità Vs (m/sec)  
 — Limite strato

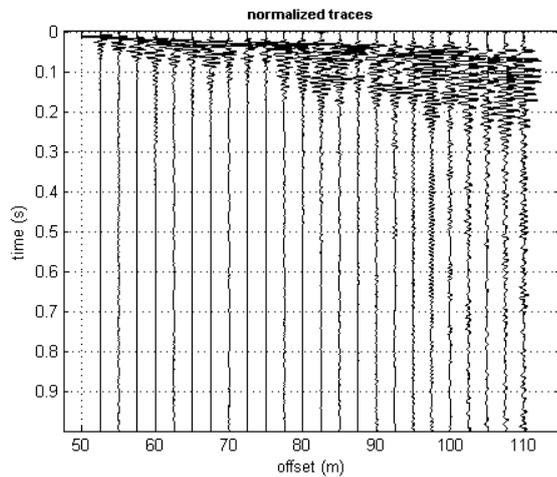


**S1** **S4** Sondaggi meccanici  
 Colonna stratigrafica

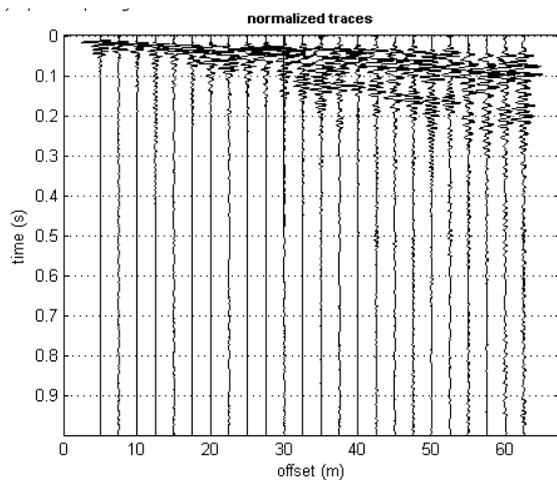
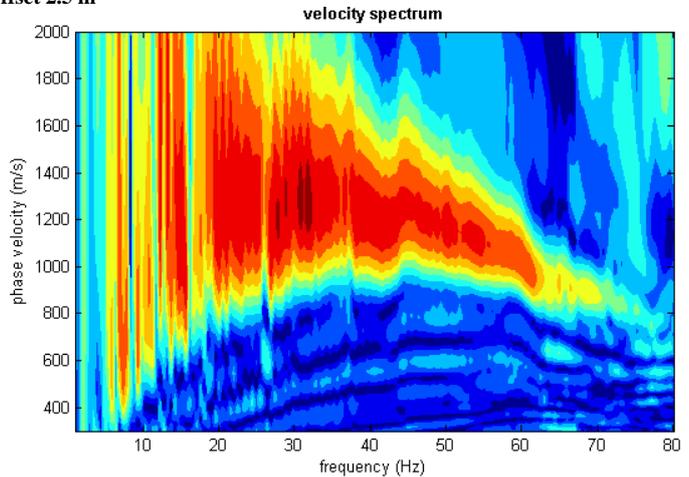
# **APPENDICE 1**

## **REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVE MASW**

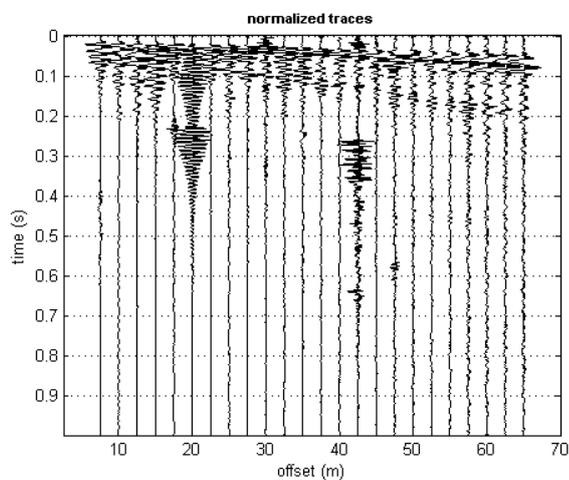
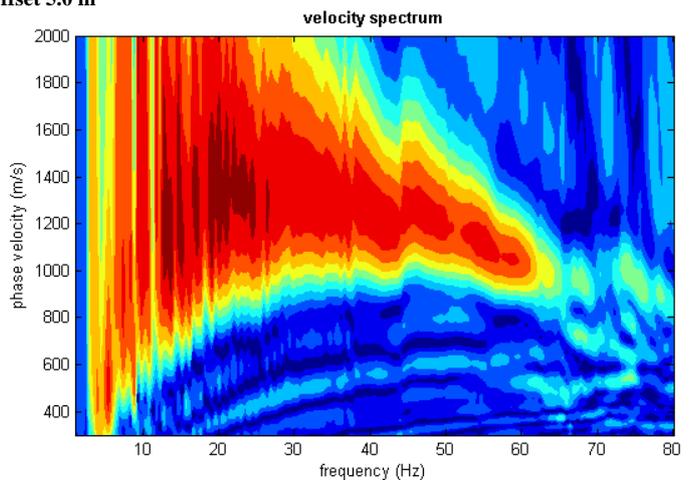
## REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - X1



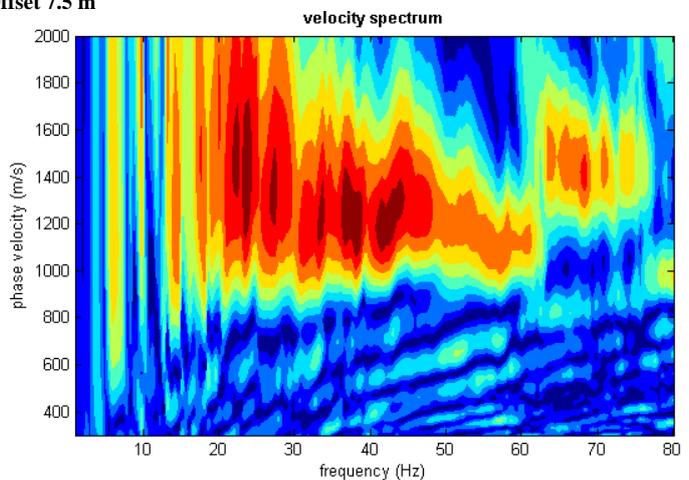
Offset 2.5 m



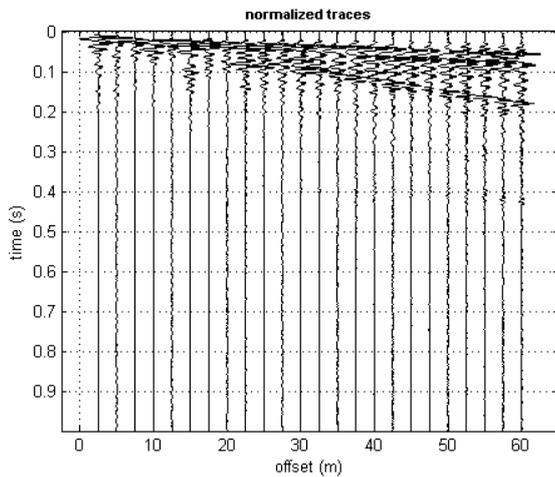
Offset 5.0 m



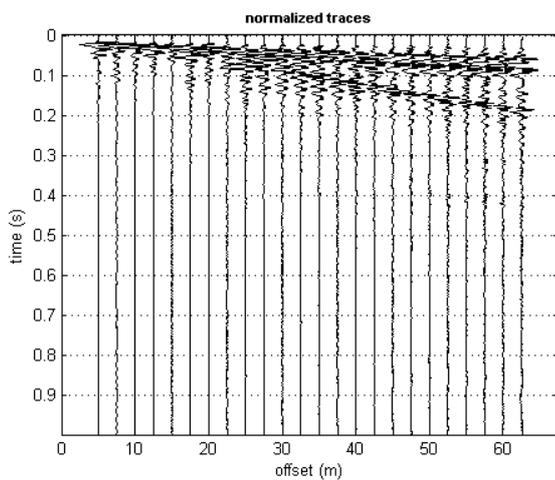
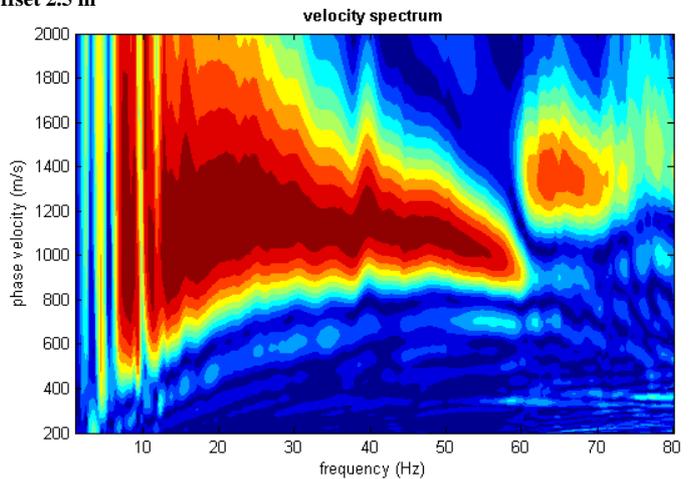
Offset 7.5 m



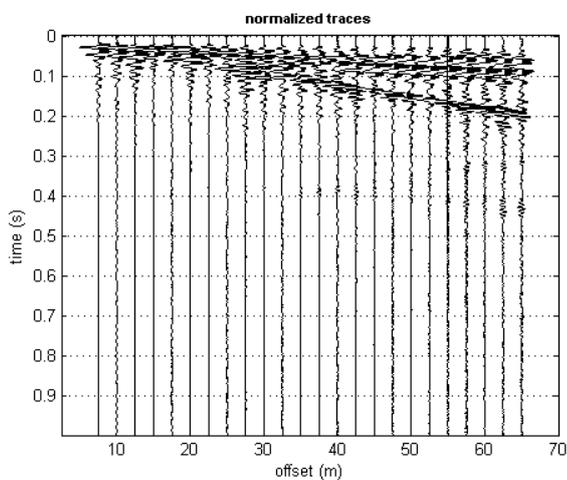
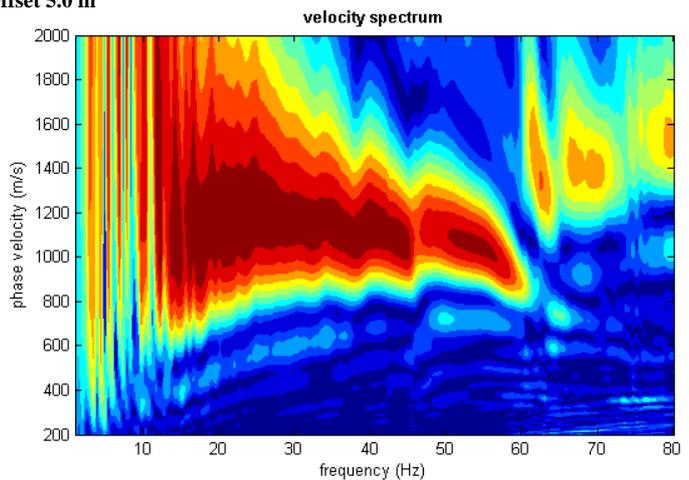
## REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - X2



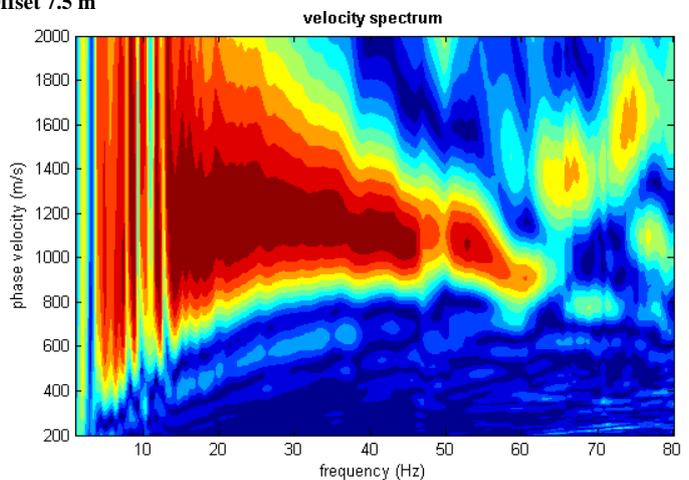
**Offset 2.5 m**



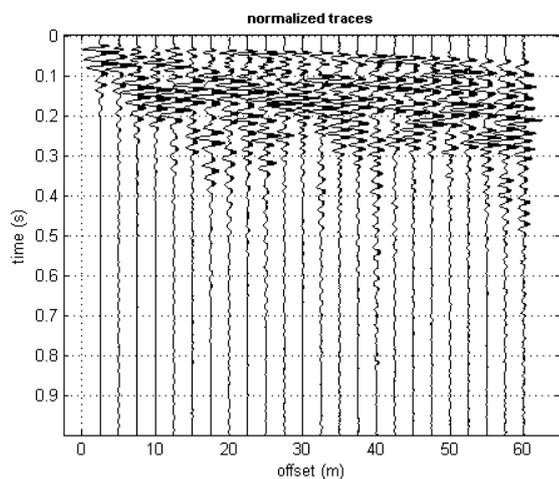
**Offset 5.0 m**



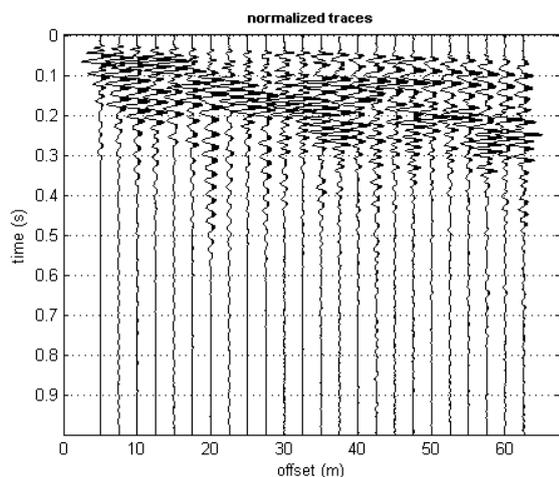
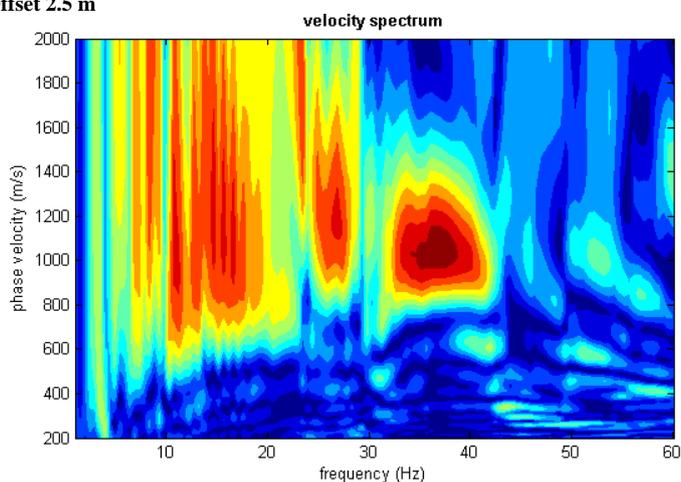
**Offset 7.5 m**



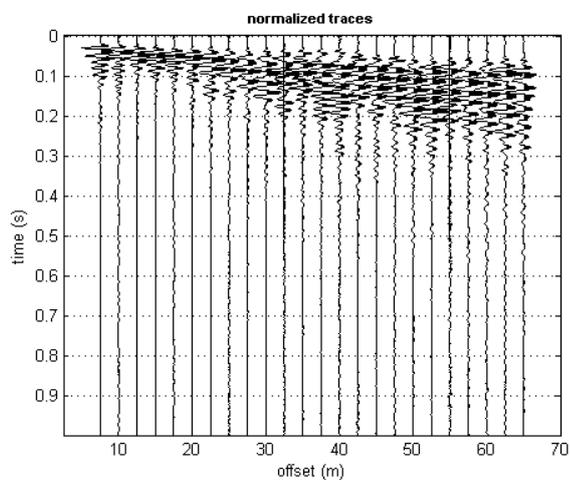
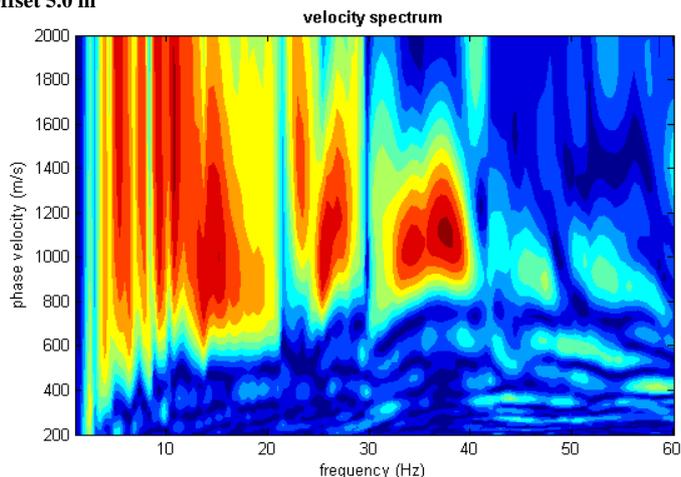
## REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - X3



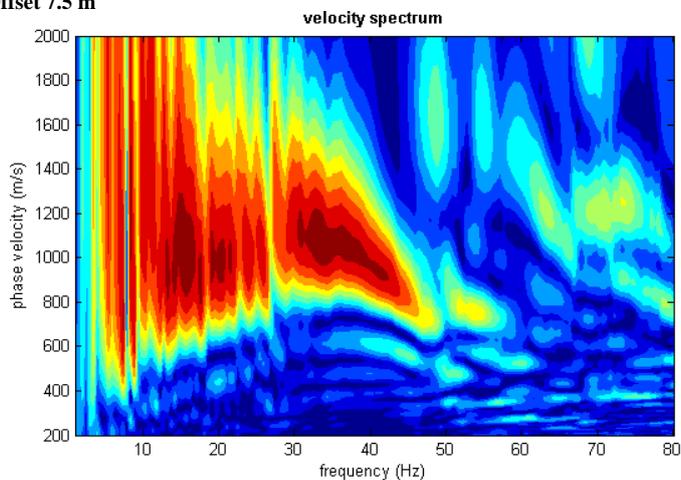
Offset 2.5 m



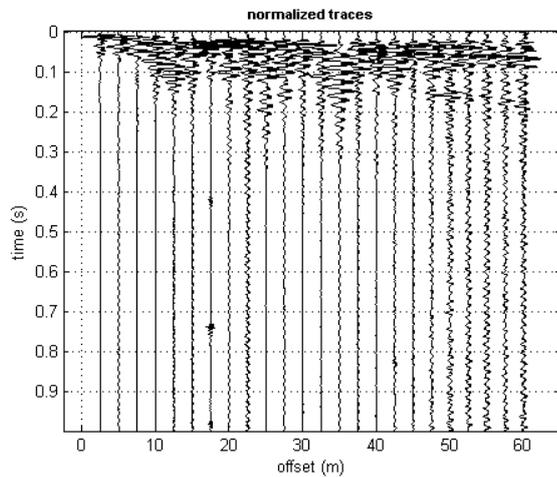
Offset 5.0 m



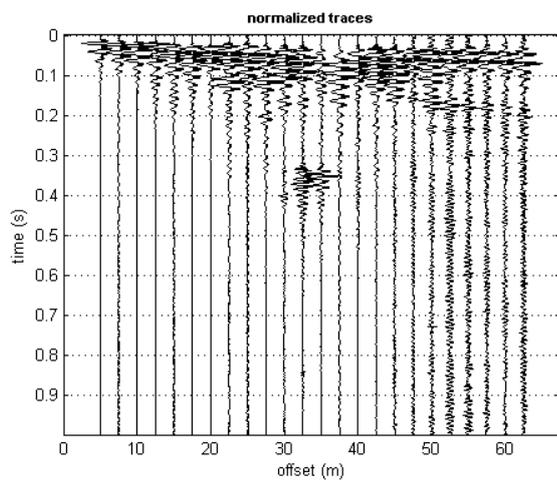
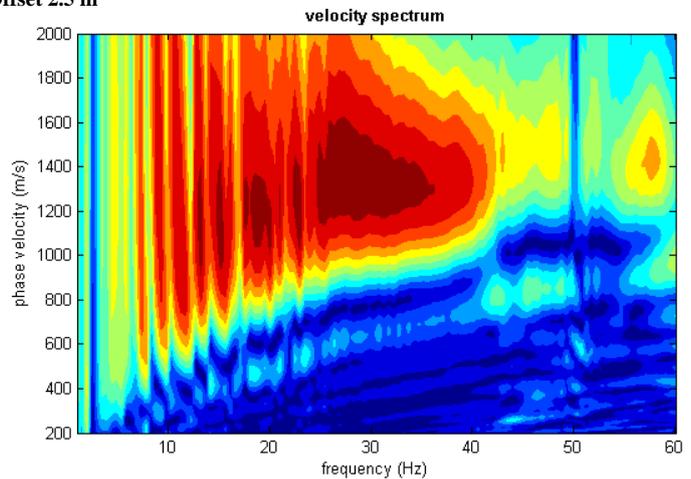
Offset 7.5 m



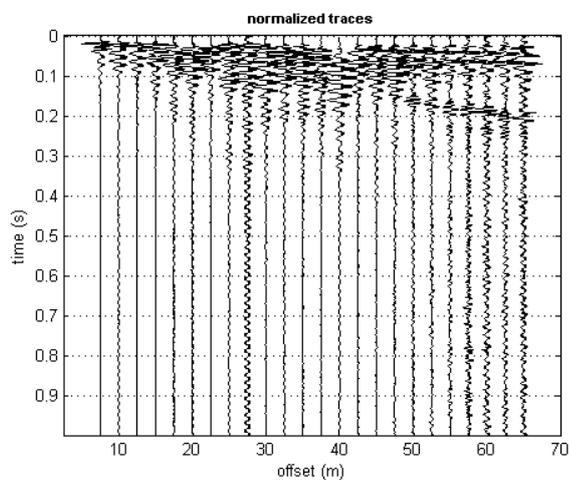
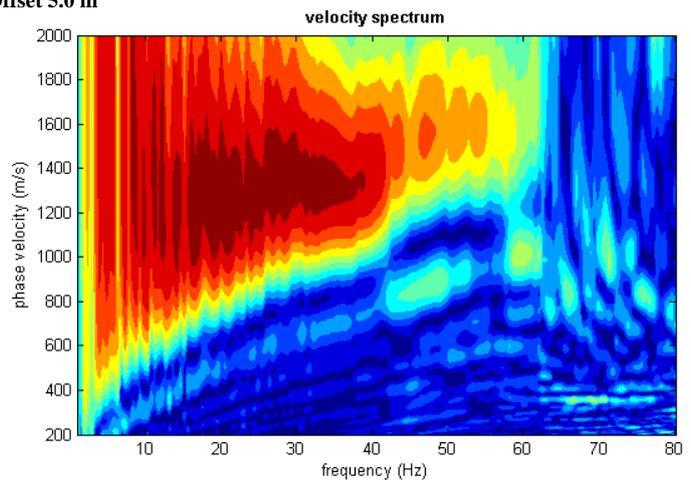
## REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - X4



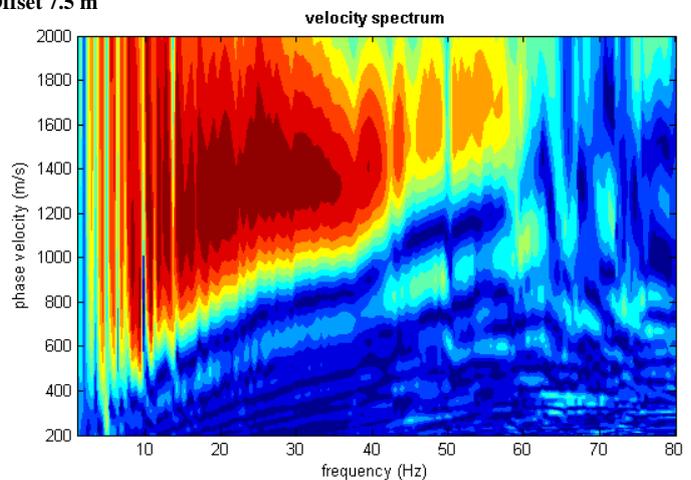
Offset 2.5 m



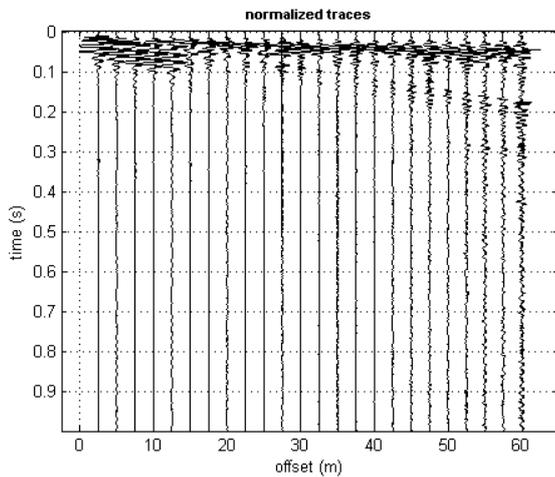
Offset 5.0 m



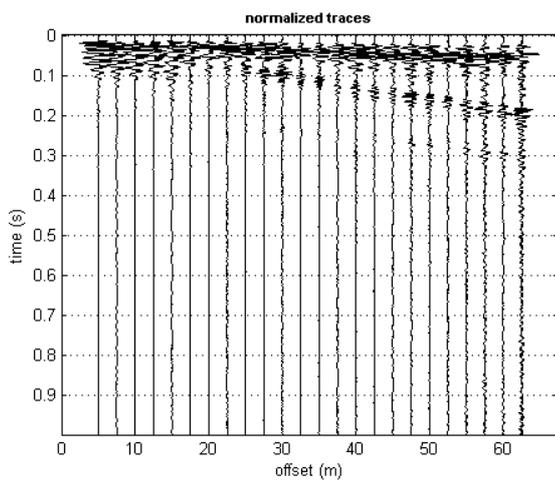
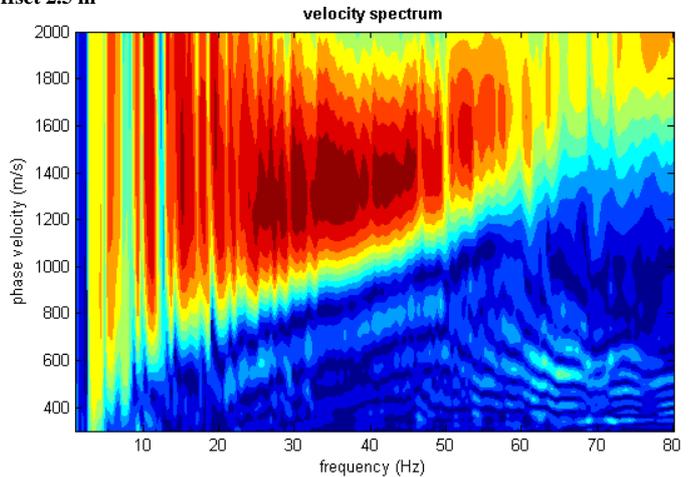
Offset 7.5 m



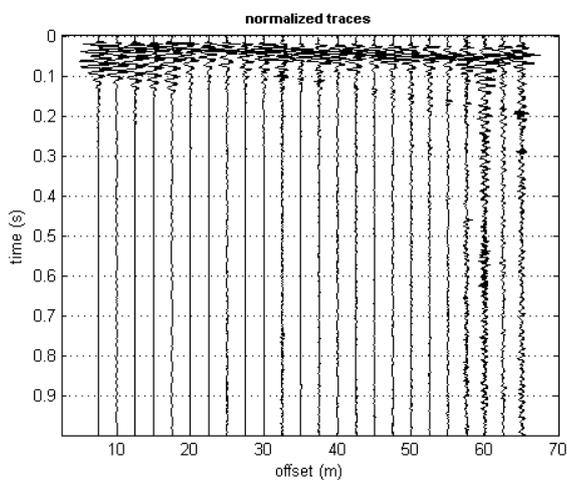
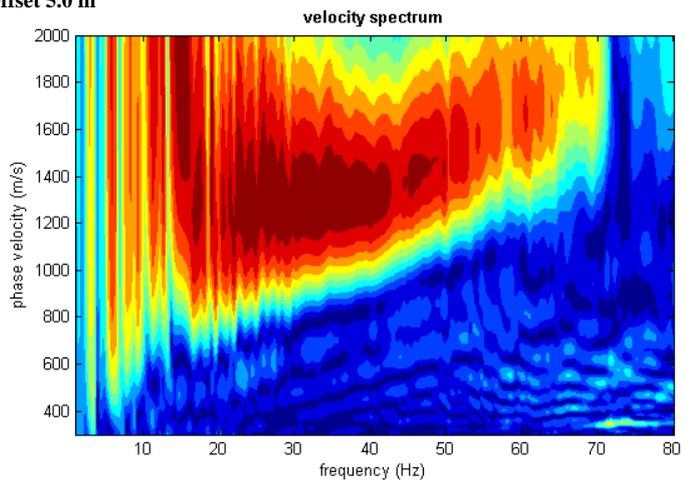
## REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - X5



Offset 2.5 m



Offset 5.0 m



Offset 7.5 m

