

---

# REGIONE PIEMONTE

---

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

---

COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE

---

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE

---

OGGETTO: INDAGINE GEOFISICA PRESSO LA SCUOLA PRIMARIA FRATELLI PAGLIERO, A SEGUITO DI RICHIESTA DI INTEGRAZIONE DELLA REGIONE PIEMONTE IN RIFERIMENTO AL PROGETTO PER L'ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA STESSA.

TORINO 24/10/2019

## RELAZIONE GEOLOGICA

Dott. Geol. **Andrea DANIELE**  
Via Vincenzo Lancia 41, 10141 TORINO  
N° 421 Ordine Regionale del Piemonte  
Cell. +39 348 2715324  
CF DNLNDR69S15L219T  
P/IVA 07780960014  
Mail andrea.daniele2015@gmail.com  
PEC andrea.daniele@pec.geologipiemonte.it



A handwritten signature in blue ink, appearing to be "ADD" followed by a flourish.

## Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	UBICAZIONE INDAGINE .....	3
3.	SISMICA A RIFRAZIONE .....	4
3.1.	Principi di base .....	4
3.2.	Strumentazione utilizzata.....	5
3.3.	Geometria stese .....	6
3.4.	Metodologia elaborazione metodo tomografico.....	7
3.5.	Velocità delle onde elastiche nei terreni e nelle rocce.....	8
3.6.	Elaborati indagine sismica a rifrazione .....	9
3.6.1.	Tempi di primo arrivo dromocrone STESA 1 .....	10
3.6.2.	Grafici tomografie sismiche, unità sismostratigrafiche e interpretativo STESA 1 12	
4.	PROVA MASW .....	13
4.1.	Note metodologiche .....	13
4.2.	Strumentazione utilizzata.....	14
4.3.	Geometria stesa .....	14
4.4.	Risultato indagine .....	14
4.5.	Note di commento a risultati MASW.....	14
4.5.1.	Tavola MASW 1 .....	16
5.	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	17

## **1. PREMESSA**

Su incarico del Comune di San Maurizio Canavese, è stata realizzata una indagine sismica presso la Scuola primaria Fratelli Pagliero. L'indagine ha perseguito l'obiettivo di fornire la caratterizzazione sismica dell'area, a tal fine sono state realizzate le seguenti prove:

- Esecuzione di stendimento di sismica a rifrazione in onde P;
- Esecuzione di stendimento di sismica a rifrazione in onde S;
- Esecuzione di prova MASW.

La presente relazione illustra e commenta i risultati delle prove eseguite.

## 2. UBICAZIONE INDAGINE

L'indagine realizzata è ubicata nel Comune di San Maurizio Canavese (TO) in Via Madonna della Neve 30.



**Figura 1** Foto aerea con indicazione area di indagine.

Nella seguente foto aerea è evidenziata l'esatta ubicazione della stesa sismica con indicate le posizioni degli scoppi esterni.

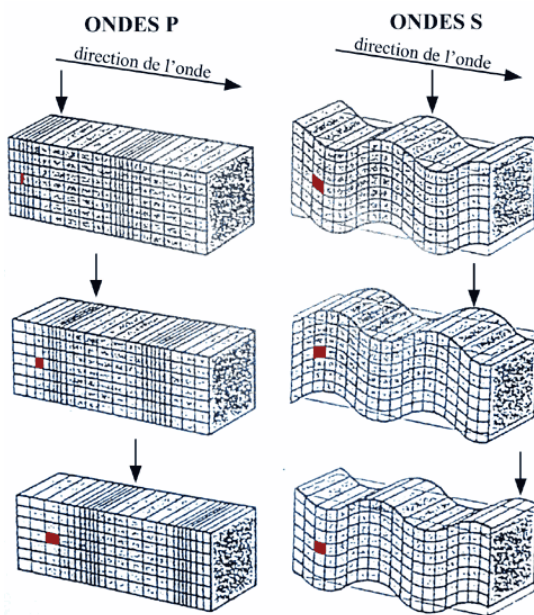


**Figura 2** Foto aerea con ubicazione stesa.

### 3. SISMICA A RIFRAZIONE

#### 3.1. Principi di base

Le indagini sismiche si basano sulla misura della velocità di propagazione delle onde elastiche in rocce e terreni. Le onde elastiche vengono create artificialmente e la loro propagazione viene rilevata in punti diversi in superficie tramite trasduttori velocimetrici (geofoni) che generano un segnale elettrico misurabile corrispondente alla sollecitazione elastica del terreno nel punto di misura.



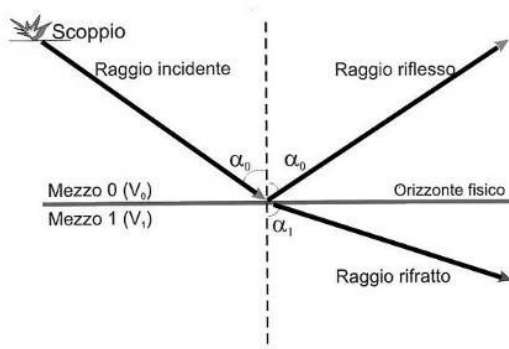
**Figura 3 Schema di propagazione onde sismiche**

La sismica a rifrazione misura sia la velocità delle onde longitudinali o di compressione dette onde P, sia la velocità delle onde S trasversali.

Le onde longitudinali (che sono le più veloci), la cui vibrazione avviene nella stessa direzione della propagazione dell'onda, sono spesso più facilmente individuabili e sono quindi state tradizionalmente le più utilizzate per le prospezioni.

Le onde trasversali sono generate da forze di taglio e provocano nelle rocce variazioni di forma, ma non di volume; sono dette trasversali perché provocano oscillazioni delle particelle delle rocce dal basso verso l'alto e viceversa, perpendicolarmente alla direzione di propagazione.

Le prospezioni sismiche sono fondate sul fatto che i diversi tipi di onde si propagano con velocità differente all'interno del corpo in oggetto di indagine e che le velocità di propagazione sono correlabili con i moduli elastici del mezzo. Lo studio della propagazione delle onde consente quindi di ottenere informazioni sulle caratteristiche meccaniche e sulle loro variazioni nello spazio all'interno del corpo.



**Figura 4 Schema legge di Snell**

La sismica a rifrazione rappresenta, nell'ambito delle prospezioni geofisiche, la metodologia più speditiva ed affidabile. La metodologia sfrutta la legge di Snell, per cui le onde rifrangendosi sulle superfici di confine dei mezzi fisici, caratterizzati da una differenza di velocità tra sismostato superiore ( $V_0$ ) e sismostato ad esso sottostante ( $V_1$ ), producono dei raggi rifratti, oltre che riflessi, che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello stato più veloce) rifrangendo continuamente energia elastica verso l'alto.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità delle onde aumenti con la profondità ( $V_0 < V_1 < V_2$ ). La figura mostra l'incidenza di un raggio sismico su una superficie di transizione elastica (orizzonte



fisico) e la produzione di riflessione e rifrazione al cambiamento di velocità tra i due mezzi coinvolti.

Operativamente, ciò che viene eseguito in campagna è una disposizione in linea di geofoni posizionati seguendo una ripetitività geometrica (equidistanti) lungo l'allineamento che si desidera ispezionare. I punti di produzione dell'energia elastica saranno piazzati in funzione della risoluzione e delle profondità ricercate.

Come accennato lo scopo della sismica a rifrazione è di ricostruire un profilo sismo stratigrafico lungo l'allineamento geofonico di investigazione. Secondo i tempi di primo arrivo delle onde longitudinali P e le distanze relative alla configurazione geometrica adottata sarà possibile dimensionare gli spessori dei sismo strati attraversati dalla radiazione elastica.

### **3.2.Strumentazione utilizzata**

Per la realizzazione di una stesa sismica a rifrazione è necessaria la seguente strumentazione:

1. Sismografo acquisitore;
2. Geofoni;
3. Sorgente;
4. Cavi sismici
5. Trigger e cavo del trigger.

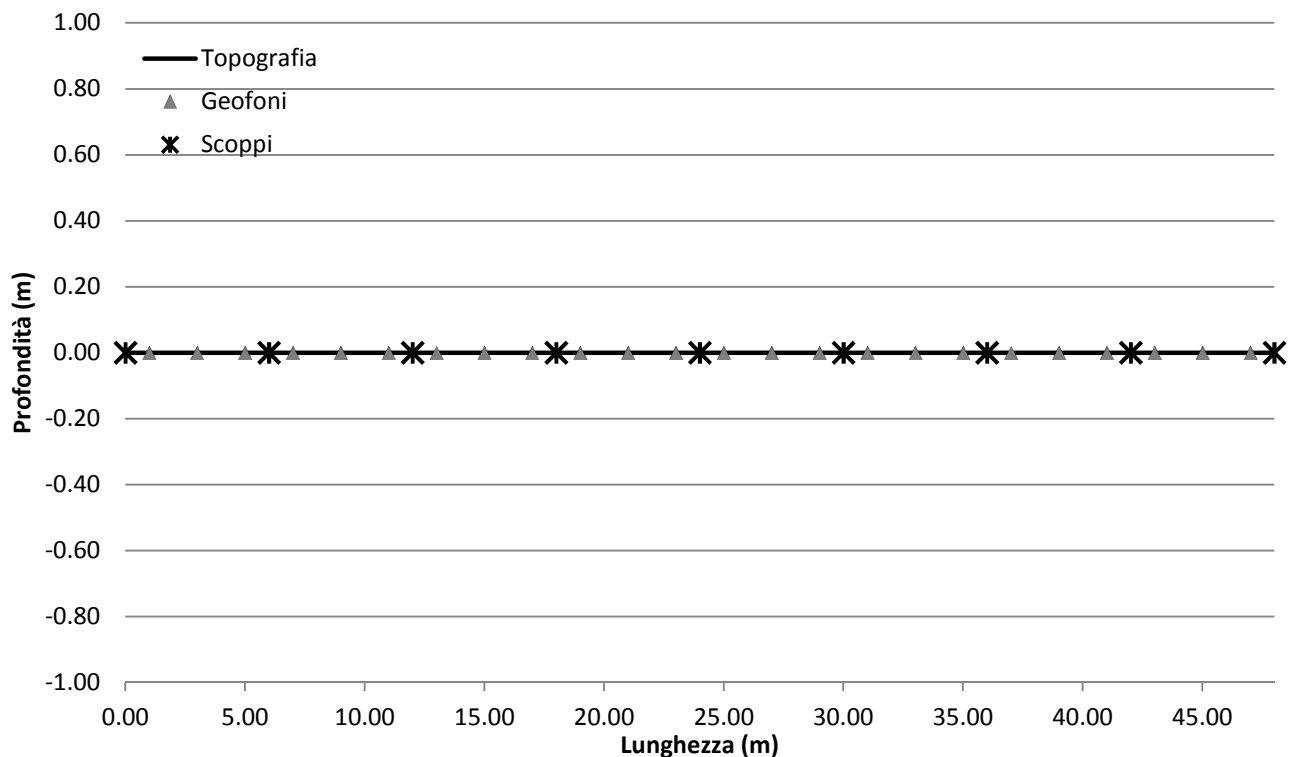
Le indagini sono state eseguite mediante sistema di acquisizione a 24 canali, costituito da sismografo digitale AMBROGEO modello ECHO 24/2002, collegato ad una catena di 24 geofoni con una frequenza di 4.5Hz, verticali per lo studio delle onde P, orizzontali per le S. Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza battente di 10 kg

### 3.3. Geometria stesa

La geometria utilizzata, sia per le onde P che per quelle S, è caratterizzata da n°24 geofoni e n°9 scoppi, ubicati simmetricamente rispetto al centro, come evidenziato nella tabelle sottostanti non sono state apportate modifiche topografiche:

Geofono/scoppio	Ubicazione (m)	Altezza (m)	Geofono/scoppio	Ubicazione (m)	Altezza (m)
Posizione scoppio 1	0.00	0.00	Posizione scoppio 5	24.00	0.00
Geofono 1	1.00	0.00	Geofono 13	25.00	0.00
Geofono 2	3.00	0.00	Geofono 14	27.00	0.00
Geofono 3	5.00	0.00	Geofono 15	29.00	0.00
Posizione scoppio 2	6.00	0.00	Posizione scoppio 6	30.00	0.00
Geofono 4	7.00	0.00	Geofono 16	31.00	0.00
Geofono 5	9.00	0.00	Geofono 17	33.00	0.00
Geofono 6	11.00	0.00	Geofono 18	35.00	0.00
Posizione scoppio 3	12.00	0.00	Posizione scoppio 7	36.00	0.00
Geofono 7	13.00	0.00	Geofono 19	37.00	0.00
Geofono 8	15.00	0.00	Geofono 20	39.00	0.00
Geofono 9	17.00	0.00	Geofono 21	41.00	0.00
Posizione scoppio 4	18.00	0.00	Posizione scoppio 8	42.00	0.00
Geofono 10	19.00	0.00	Geofono 22	43.00	0.00
Geofono 11	21.00	0.00	Geofono 23	45.00	0.00
Geofono 12	23.00	0.00	Geofono 24	47.00	0.00
Posizione scoppio 5	24.00	0.00	Posizione scoppio 9	48.00	0.00

Schema geometria stesa



### 3.4. Metodologia elaborazione metodo tomografico

La procedura esecutiva dello stendimento sismico a rifrazione ha seguito una prassi standardizzata per permettere l'elaborazione dei dati con il metodo tomografico, tale procedura consiste nell'ubicare i punti di energizzazione simmetricamente rispetto al centro dello stendimento, in modo da avere una copertura dei raggi sismici sia in andata che in ritorno. In particolare nella realizzazione dell'indagine sono stati realizzati n°9 e 5 scoppi per ogni stesa sismica.

Ad energizzazione avvenuta i tempi di arrivo delle onde generate vengono registrati e visualizzati nel contempo, tramite il software specifico di acquisizione e gestione dei sismogrammi; tale metodologia permette un'analisi immediata della validità delle tracce sismiche ricavate ed una valutazione dell'eventuale "disturbo" del segnale primario, così da offrire, a discrezione dell'operatore, la possibilità di ripetere e/o integrare l'energizzazione per ottenere un segnale più chiaramente interpretabile. Il sistema infatti consente la sommatoria del segnale in seguito a più energizzazioni dallo stesso punto.

Successivamente alla fase di acquisizione è stato effettuato il picking dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche utilizzando il programma WINSISM 2013, i tempi ottenuti sono stati elaborati ed interpretati tramite il metodo delle tomografia sismica, utilizzando la metodologia di calcolo - G. S. A. O. (Generalized Simulated Annealing Optimization) con il programma SeisOpt 2v.

Il G.S.A.O. è un modello di calcolo che consente l'ottimizzazione non lineare dell'inversione dei tempi di primo arrivo delle fasi dirette e rifratte delle onde sismiche registrate durante una prospezione sismica superficiale a rifrazione.

Il vantaggio di tale tecnica è nell'assoluta indipendenza dal modello iniziale di velocità.

Le fasi di calcolo che vengono eseguite nel processo d'elaborazione dei dati, possono essere così sintetizzate:

Calcolo dei travel-time attraverso un modello iniziale di velocità e determinazione dell'errore minimo quadrato ( $E_0$  = least-square error), tra il travel - time calcolato e quello osservato. Per ogni iterazione  $i$  è possibile definire il "least - square error" secondo la formula:

$$E_i = \frac{1}{N} \left[ \sum_{j=1}^N (t_j^{obs} - t_j^{cal})^2 \right] \quad (1)$$

dove  $N$  è il numero di campioni,  $j$  denota ogni osservazione, e  $t^{obs}$  e  $t^{cal}$  sono rispettivamente il tempo osservato e calcolato.

Perturbazione del modello di velocità mediante l'inserimento di una costante di velocità casuale, mantenendo la non linearità del sistema, e calcolo del nuovo "least - square error"  $E_1$ .

Determinazione della probabilità  $P$  di ammettere il nuovo modello (cioè che il modello sia accettabile):

$$P = 1; \quad E_1 \leq E_0 \quad (2)$$



$$P = P_c = \exp \left[ \frac{(E_{\min} - E_1)^q \Delta E}{T} \right]; \quad E_1 > E_0 \quad (3)$$

dove  $P_c$  è la probabilità di accettare la condizione,  $\Delta E = E_0 - E_1$ ,  $q$  è una costante d'integrazione (che si determina empiricamente), ed  $E_{\min}$  è il valore oggettivo della funzione dei minimi totali. Teoricamente si ha  $E_{\min} = 0$ . L'equazione (2), media tutti i valori accettati dal nuovo modello, laddove l'errore minimo quadrato (least – square error) è minore nell'iterazione prevista. Ciò consente, durante l'inversione dei dati, di sfuggire dall'intorno dei minimi, andando alla ricerca del minimo globale.

Ripetizione delle inversioni fino al raggiungimento della convergenza richiesta tra la differenza dell'errore minimo quadrato ed il successivo modello e la probabilità di accettare nuovi modelli di velocità a minimo errore. Nella elaborazione sono state effettuate correzioni topografiche.

### 3.5. Velocità delle onde elastiche nei terreni e nelle rocce

Poiché la velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle caratteristiche meccaniche dei mezzi, è possibile associare dei range di valori di velocità ai diversi litotipi e ai fluidi che essi possono contenere.

Al fine di meglio valutare i risultati ottenuti si riporta una tabella tratta da Head e Jardine, 1992, con la velocità sismiche e moduli elastici in terreni e rocce. I valori tra parentesi si riferiscono al materiale non saturo.

Materiale		Velocità sismiche in sito (a piccole deformazioni)		Coefficiente di Poisson	Densità	Modulo di elasticità tangenziale
		Vp (m/s)	Vs(m/s)	$\nu$	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	G (MN/m <sup>2</sup> )
Sabbia (in prossimità della superficie)	Sciolta	1450-1550 (180-450)	100-250	0.48-0.50 (0.3-0.35)	1.5-1.8	15-110
	Media	1500-1750 (320-650)	200-350	0.47-0.49 (0.2-0.3)	1.7-2.1	70-250
	Addensata	1700-2000 (550-1300)	350-700	0.45-0.48 (0.15-0.3)	1.9-2.2	230-1000
Argilla	Moder. Consist.	1450-1550	80-180	0.47-0.5	1.6-2.0	10-65
	Consistente	1500-1700	180-300	0.47-0.5	1.7-2.1	55-190
	Molto consist.	1600-1900	300-500	0.47-0.5	1.8-2.3	160-450
Arenaria e scisti non alterati		1500-4000	800-2000	0.25-0.35	2.0-2.4	1300-9500
Calcare		2000-6000	1200-3000	0.25-0.35	1.8-2.5	2600-20000
Roccia cristallina o metamorfica non alterata		3500-7000	2000-3500	0.25-0.30	2.2-2.6	8500-32000

Nei dati riportati è importante notare che i valori di velocità per ogni materiale possono variare in intervalli abbastanza ampi, al variare delle condizioni del materiale stesso (fatturazione, compattazione, presenza di fluidi, saturazione, stato tensionale, ecc...) e che i valori di velocità non identificano univocamente un particolare litotipo, ma che materiali diversi possono presentare analoghi valori di velocità di propagazione delle onde sismiche.

### **3.6. Elaborati indagine sismica a rifrazione**

Per le stese realizzate vengono forniti i seguenti elaborati:

1. Tabella con tempi di primo arrivo onde P e S;
2. Grafico delle dromocrone onde P e S;
3. Profilo tomografico velocità sismiche onde P e S;
4. Profilo unità sismostratigrafiche onde P e S;
5. Profilo interpretativo.

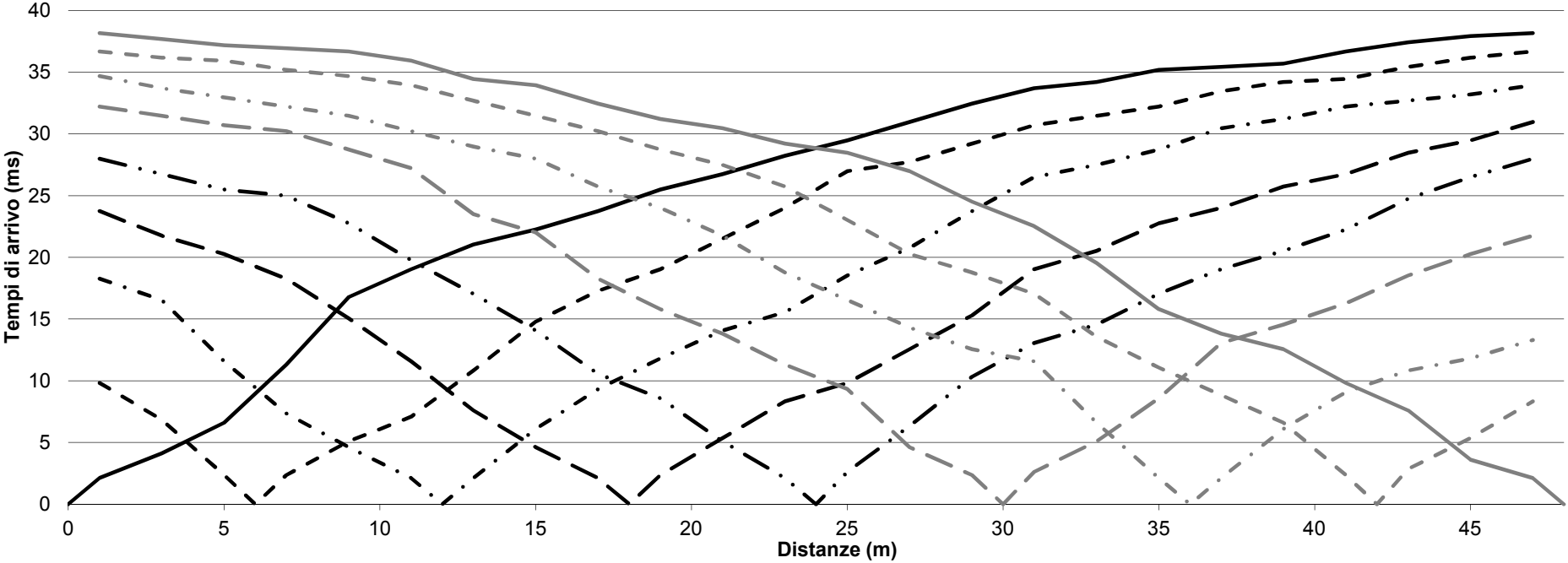
I primi due elaborati restituiscono i tempi di primo arrivo delle onde sismiche nei 24 geofoni per ogni singolo scoppio e il relativo grafico tempo/distanza. Il profilo tomografico riporta i risultati ottenuti, con la distribuzione delle velocità sismiche nel terreno. Nel profilo delle unità sismostratigrafiche sono suddivisi i terreni presenti in unità caratterizzate da diverse velocità di propagazione delle onde sismiche. Nel profilo interpretativo viene ricostruito l'assetto geologico utilizzando i dati ottenuti e conoscenze locali.

3.6.1. Tempi di primo arrivo dromocrone STESA 1

Tempi di primo arrivo onde P (ms)

Geof.	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Shot 6	Shot 7	Shot 8	Shot 9	Geof.	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Shot 6	Shot 7	Shot 8	Shot 9
G1	2.12	9.83	18.28	23.75	27.98	32.21	34.69	36.68	38.17	G13	29.47	26.98	18.53	9.83	2.62	9.33	16.54	23.01	28.48
G2	4.11	6.84	16.54	21.76	26.74	31.46	33.70	36.18	37.68	G14	30.96	27.73	20.77	12.56	6.35	4.61	14.30	20.27	26.98
G3	6.60	2.37	11.57	20.27	25.49	30.71	32.95	35.94	37.18	G15	32.45	29.22	23.75	15.30	10.33	2.37	12.56	18.78	24.50
G4	11.32	2.37	7.34	18.28	25.00	30.22	32.21	35.19	36.93	G16	33.70	30.71	26.49	19.03	13.06	2.62	11.57	17.04	22.51
G5	16.79	5.10	4.61	15.05	22.76	28.73	31.46	34.69	36.68	G17	34.20	31.46	27.48	20.52	14.55	5.10	6.60	13.56	19.53
G6	19.03	7.09	2.12	11.57	19.77	27.23	30.22	33.95	35.94	G18	35.19	32.21	28.73	22.76	17.04	8.58	2.12	11.07	15.80
G7	21.02	10.82	2.12	7.59	17.04	23.50	28.97	32.70	34.44	G19	35.44	33.45	30.47	24.00	19.03	13.06	2.12	8.83	13.81
G8	22.26	14.80	6.10	4.61	14.06	22.01	27.98	31.46	33.95	G20	35.69	34.20	31.21	25.74	20.52	14.55	6.10	6.60	12.56
G9	23.75	17.29	9.33	2.12	10.57	18.28	25.74	30.22	32.45	G21	36.68	34.44	32.21	26.74	22.26	16.29	9.08	2.37	9.83
G10	25.49	19.03	11.82	2.37	8.58	15.80	24.00	28.73	31.21	G22	37.43	35.44	32.70	28.48	24.75	18.53	10.82	2.87	7.59
G11	26.74	21.51	14.06	5.35	5.10	13.81	21.76	27.48	30.47	G23	37.92	36.18	33.20	29.47	26.49	20.27	11.82	5.35	3.61
G12	28.23	24.00	15.55	8.34	2.12	11.32	18.78	25.74	29.22	G24	38.17	36.68	33.95	30.96	27.98	21.76	13.31	8.34	2.12

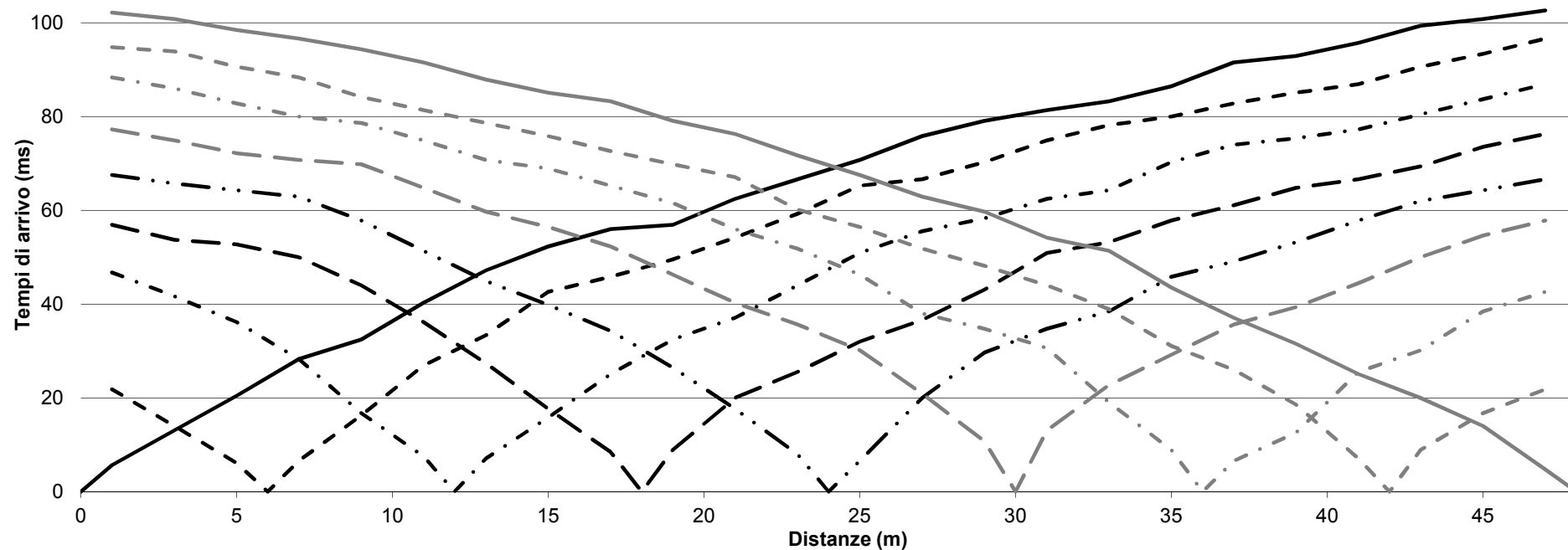
Dromocrone onde P



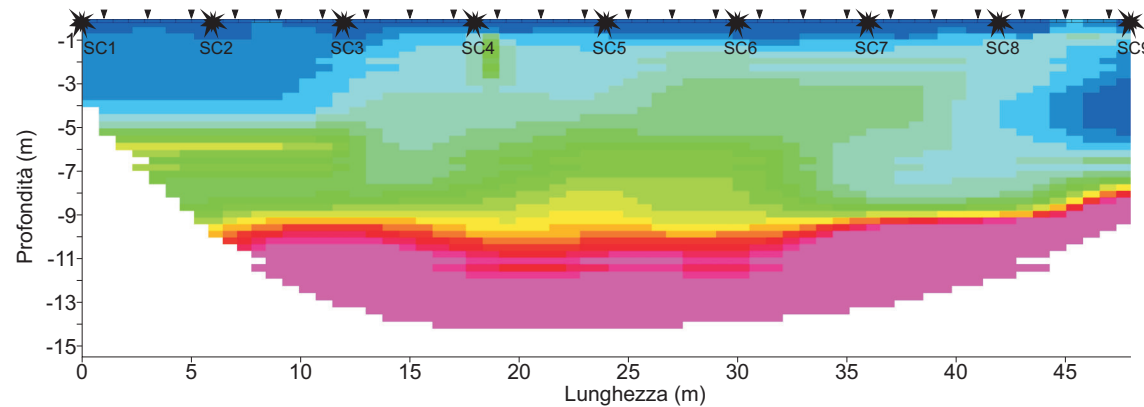
Tempi di primo arrivo onde S (ms)

Geof.	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Shot 6	Shot 7	Shot 8	Shot 9	Geof.	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Shot 6	Shot 7	Shot 8	Shot 9
G1	5.67	21.83	46.77	56.93	67.55	77.25	88.33	94.79	102.18	G13	70.78	65.24	50.93	31.99	6.60	30.15	46.31	56.47	67.55
G2	13.06	13.98	41.69	53.70	65.70	74.94	86.02	93.87	100.80	G14	75.86	66.63	55.54	36.61	19.99	20.91	38.00	51.85	62.93
G3	20.45	6.13	36.15	52.77	64.32	72.17	82.79	90.64	98.49	G15	79.09	70.32	58.31	43.08	29.68	10.75	34.76	48.15	59.70
G4	28.30	6.60	28.30	50.00	62.93	70.78	80.02	88.33	96.64	G16	81.40	74.94	62.47	50.93	34.76	13.06	30.61	44.00	54.16
G5	32.45	16.29	16.75	44.00	57.85	69.86	78.63	84.17	94.33	G17	83.25	78.17	64.32	53.23	38.46	22.76	19.06	38.92	51.39
G6	40.30	26.91	7.52	36.15	51.39	64.78	74.94	81.40	91.56	G18	86.48	80.02	70.32	57.85	45.85	29.22	8.90	31.07	43.54
G7	47.23	33.38	7.06	27.38	44.92	59.70	70.78	78.63	87.87	G19	91.56	82.79	74.01	61.08	49.08	35.69	6.60	25.99	37.07
G8	52.31	42.61	15.83	17.68	39.84	56.47	68.93	75.86	85.10	G20	92.95	85.10	75.40	64.78	53.23	39.38	12.60	18.60	31.53
G9	56.00	45.85	25.07	8.44	34.30	52.31	65.24	72.63	83.25	G21	95.72	86.94	77.25	66.63	57.85	44.46	25.53	7.06	25.07
G10	56.93	49.54	32.45	8.90	26.45	46.31	61.55	69.86	79.09	G22	99.41	90.64	80.48	69.40	62.01	50.00	30.15	8.90	19.99
G11	62.47	54.16	37.07	19.99	17.68	40.30	56.00	67.09	76.32	G23	100.80	93.41	83.71	73.55	64.32	54.62	38.46	16.75	13.98
G12	66.63	59.24	44.00	25.53	7.98	35.69	51.85	60.16	71.71	G24	102.64	96.64	86.94	76.32	66.63	57.85	42.61	21.83	4.75

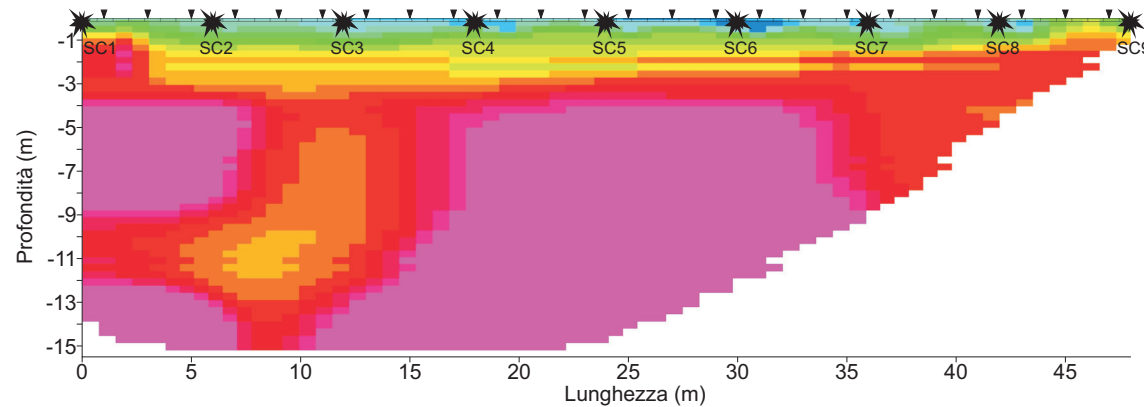
Dromocrone onde S



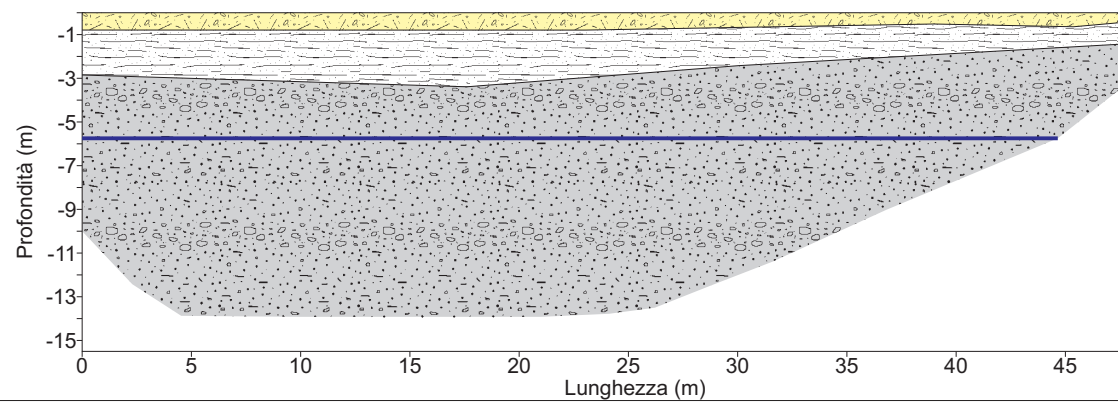
**Tomografia sismica onde P**



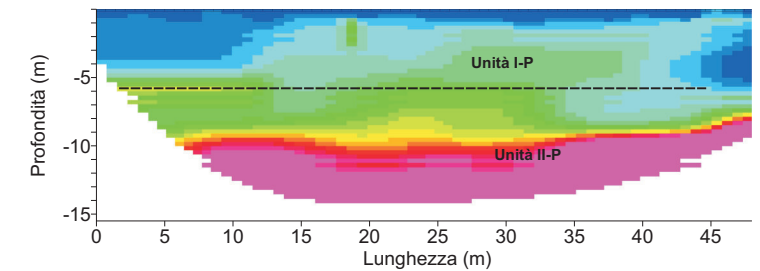
**Tomografia onde S**



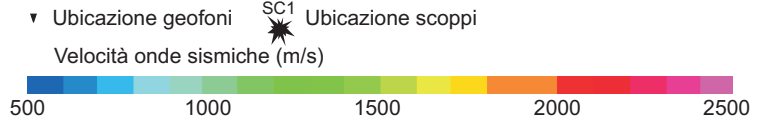
**Interpretazione tomografia sismica**



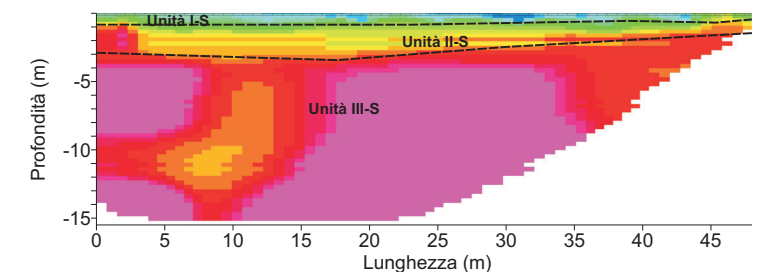
**Unità sismostratigrafiche onde P**



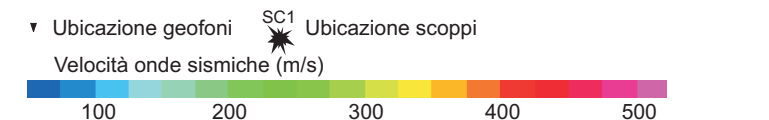
**LEGENDA SISMICA ONDE P**



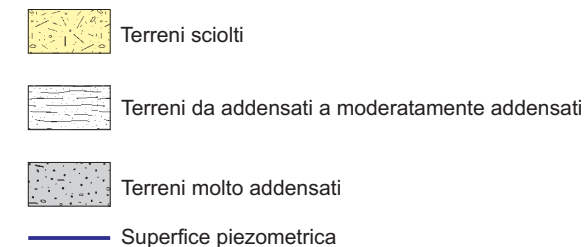
**Unità sismostratigrafiche onde S**



**LEGENDA SISMICA ONDE S**



**LEGENDA LITOLOGICA**

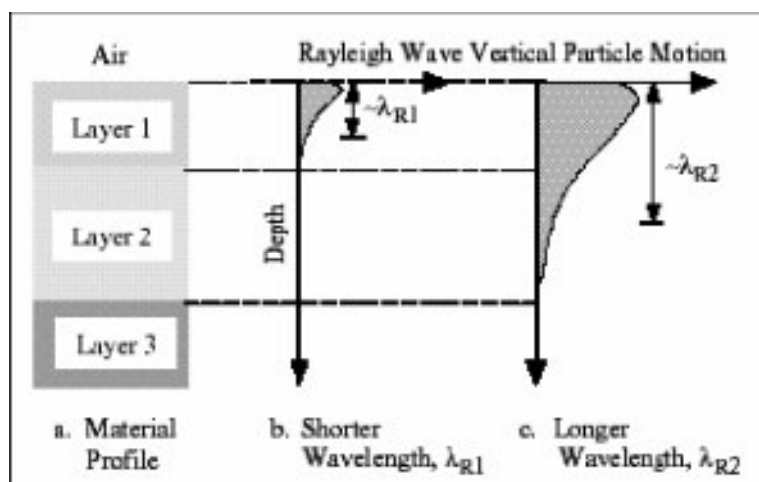


## 4. PROVA MASW

### 4.1. Note metodologiche

La prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagini non invasiva utile al calcolo del parametro Vs30 basata sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (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 del suolo



Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

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 Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson  $\nu$ ), la densità di massa  $\rho$  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.

## 4.2. Strumentazione utilizzata

Per la realizzazione di la stesa sismica MASW è stata utilizzata la stessa strumentazione della sismica a rifrazione.

In fase di elaborazione è stato utilizzato il Programma MASW2007.

## 4.3. Geometria stesa

Negli stendimenti delle prove MASW sono state utilizzate le posizioni degli scoppi 1 e 5 della sismica a rifrazione. Per ogni postazione sono stati effettuati e registrati 3 scoppi.

## 4.4. Risultato indagine

Nella Tavola relativa alle prove MASW sono riportati i seguenti elaborati

- Tracce acquisizione;
- Curva di dispersione sperimentale;
- Curva di dispersione non elaborata;
- Curva di dispersione elaborata;
- Spettro;
- Calcolo  $V_{s30}$  e  $V_{s,eq}$ ;
- Definizione della Categoria sismica dei terreni presenti.

## 4.5. Note di commento a risultati MASW

Secondo le NTC 2018 la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 218

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La prova realizzata non ha evidenziato la presenza di un bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/s) a profondità inferiori a 30 m, per questa ragione i valori di  $V_{s,eq}$  e di  $V_{s,30}$  coincidono.

$$V_{s,30} = V_{s,eq} = 501 \text{ m/s}$$

Corrispondente a una categoria del sottosuolo **B**

***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.***

GEOLOGO Andrea DANIELE  
via Vincenzo Lancia 41,10141 TORINO  
andrea.daniele2015@gmail.com  
Cellulare 348 2715324

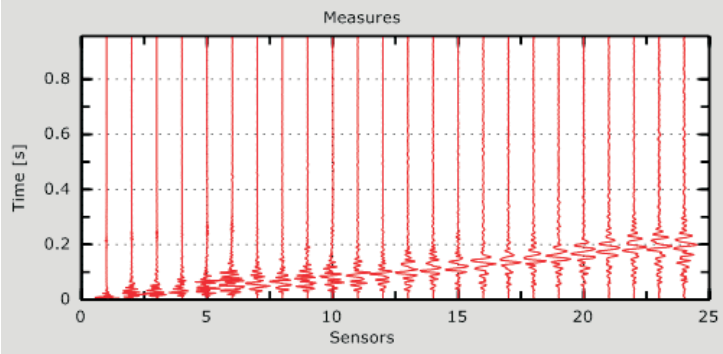
ELABORAZIONE  
PROVA MASW

COMMITTENTE: Comune di San Maurizio Canavese (TO)  
CANTIERE: Scuola Primaria Fratelli Pagliero  
LOCALITA': Via Madonna della Neve 30 - San Maurizio C.se  
DATA: 03/10/2019

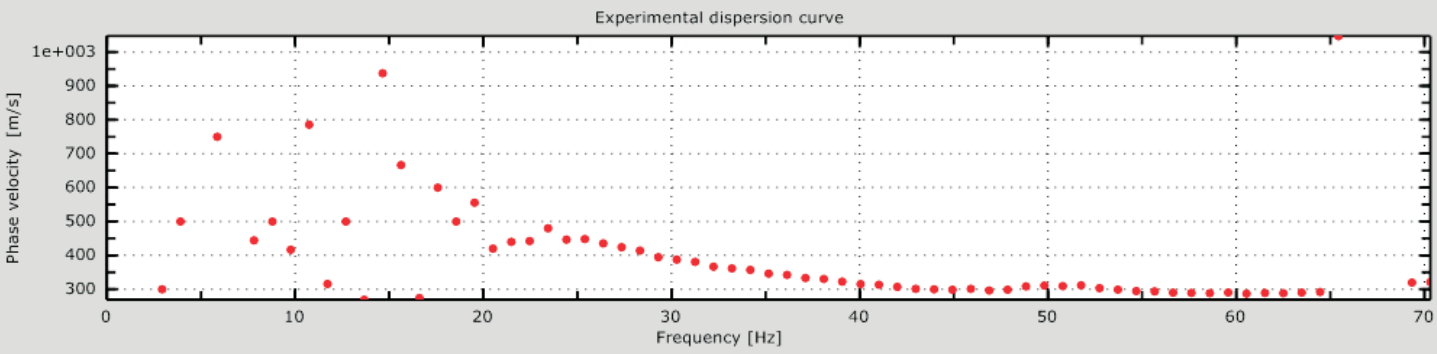
Lunghezza stesa: 48 m  
Distanza intergeofonica: 2 m  
N° geofoni: 24 a 4.5 Hz  
Energizzazione: Mazza 10 Kg

STESA  
1

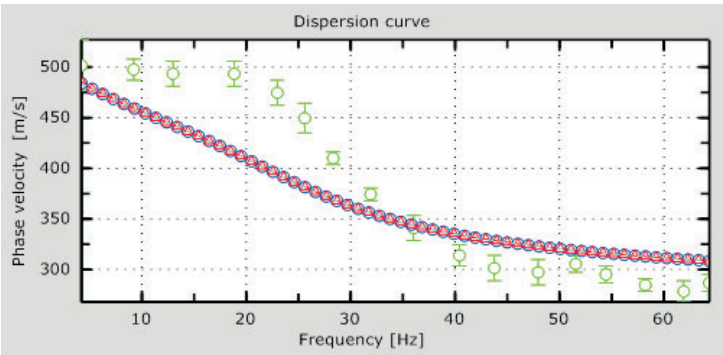
Tracce acquisizioni



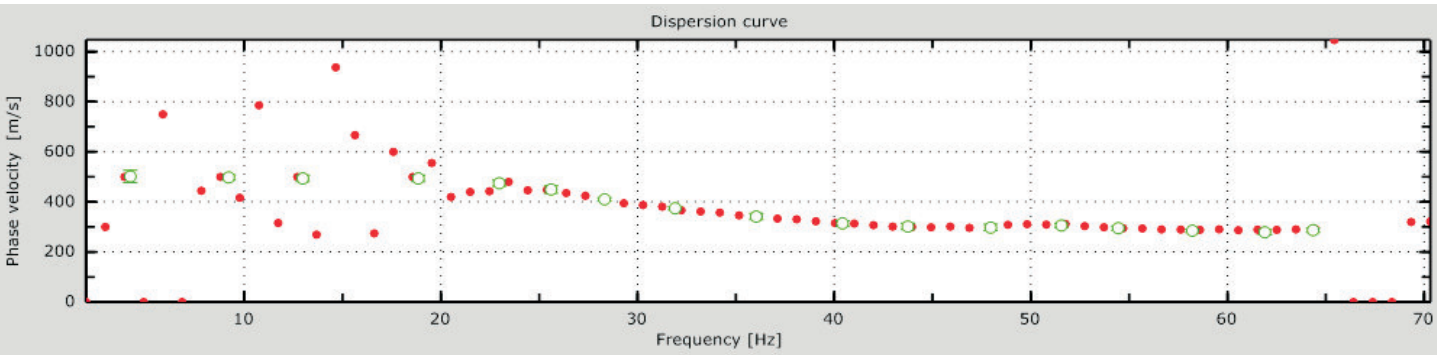
Curva di dispersione sperimentale



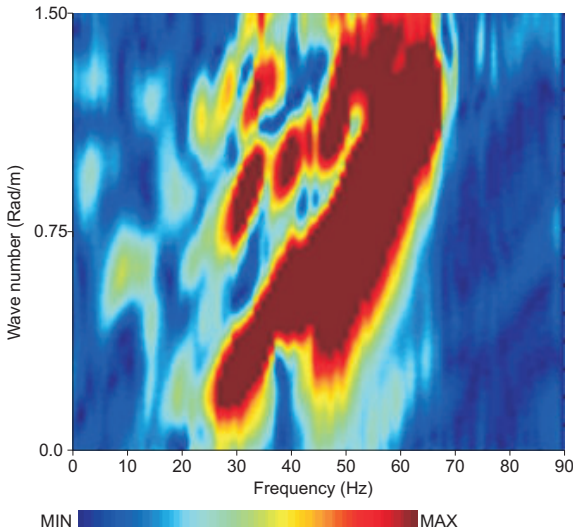
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

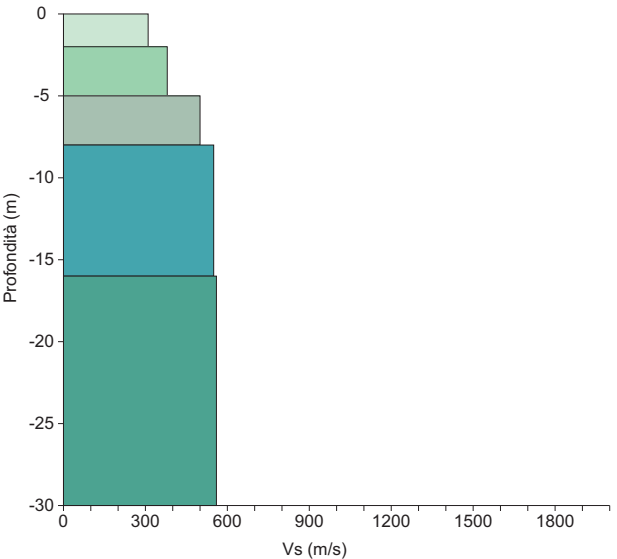


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m)		Vs (m/s)
	da	a	
1	0.0	-2.0	310
2	-2.0	-5.0	380
3	-5.0	-8.0	500
4	-8.0	-16.0	550
5	-16.0	-30.0	560



**Vs30 = 501 m/s**  
**Vs,eq = 501 m/s**  
**Categoria di sottosuolo B**  
D.M. 17/01/2018

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

## 5. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

---

