

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI CUNEO

COMUNE DI CUNEO

*PROGETTO*  
*DI PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO*  
*ZONA ATF2.SP1*  
*frazione Spinetta*

*Relazione geologica e geotecnica*

*(ai sensi dei § 6.2.1 – 6.2.2 delle Norme tecniche delle costruzioni del DM 14.01.2008)*

COMMITTENTE:

Porta Rossa S.p.a.

Via Manzoni, 45

20121 MILANO

Dott. Eraldo Viada

Geologo

Via Tetto Chiappello, 21D

12017 Robilante (CN)

3404917357



maggio 2013

Dott. Eraldo Viada  
Geologo  
Via Tetto Chiappello, 21D  
12017 Robilante (CN)  
3404917357

## **1 Premessa**

Nella presente relazione sono esposte le risultanze delle indagini geologiche e geotecniche eseguite con riferimento al progetto di P.E.C. Zona ATF2.SP1 del P.R.G.C., in frazione Spinetta, del Comune di Cuneo.

La presente relazione illustra le risultanze delle indagini eseguite al fine di definire i modelli geologico e geotecnico del sito caratterizzandolo altresì, dal punto di vista sismico.

## **2 Inquadramento geografico**

Il sito, ubicato alla periferia meridionale della frazione Spinetta, ha il suo corrispondente topografico nella Sez. n. 226020 della Carta Tecnica Regionale (*Fig. 1*). Per quanto concerne i riferimenti catastali le aree di nuova edificazione sono censite ai mappali n. 195 – 79 – 58 – 101 – 42 – 43 – 102 – 103 – 173 - 220 del foglio 100 del Comune di Cuneo.

## **3 Piano delle indagini**

Le indagini sono state condotte mediante osservazioni in sito, tenendo conto di dati di repertorio relativi a indagini condotte in questo ambito territoriale, di quanto desumibile dalla bibliografia scientifica e della documentazione geologica allegata agli studi di verifica di compatibilità idraulica e idrogeologica di adeguamento al P.A.I. dello strumento urbanistico.

## **4 Normativa di riferimento**

Dal punto di vista normativo, lo studio è stato condotto ai sensi del D.M. 14.01.2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*" e in particolare del § 6.2.1 e § 6.2.2 delle medesime.

## **5 Classificazione sismica**

Nell'allegato alla Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" il Comune di Cuneo ricade nella zona 3.

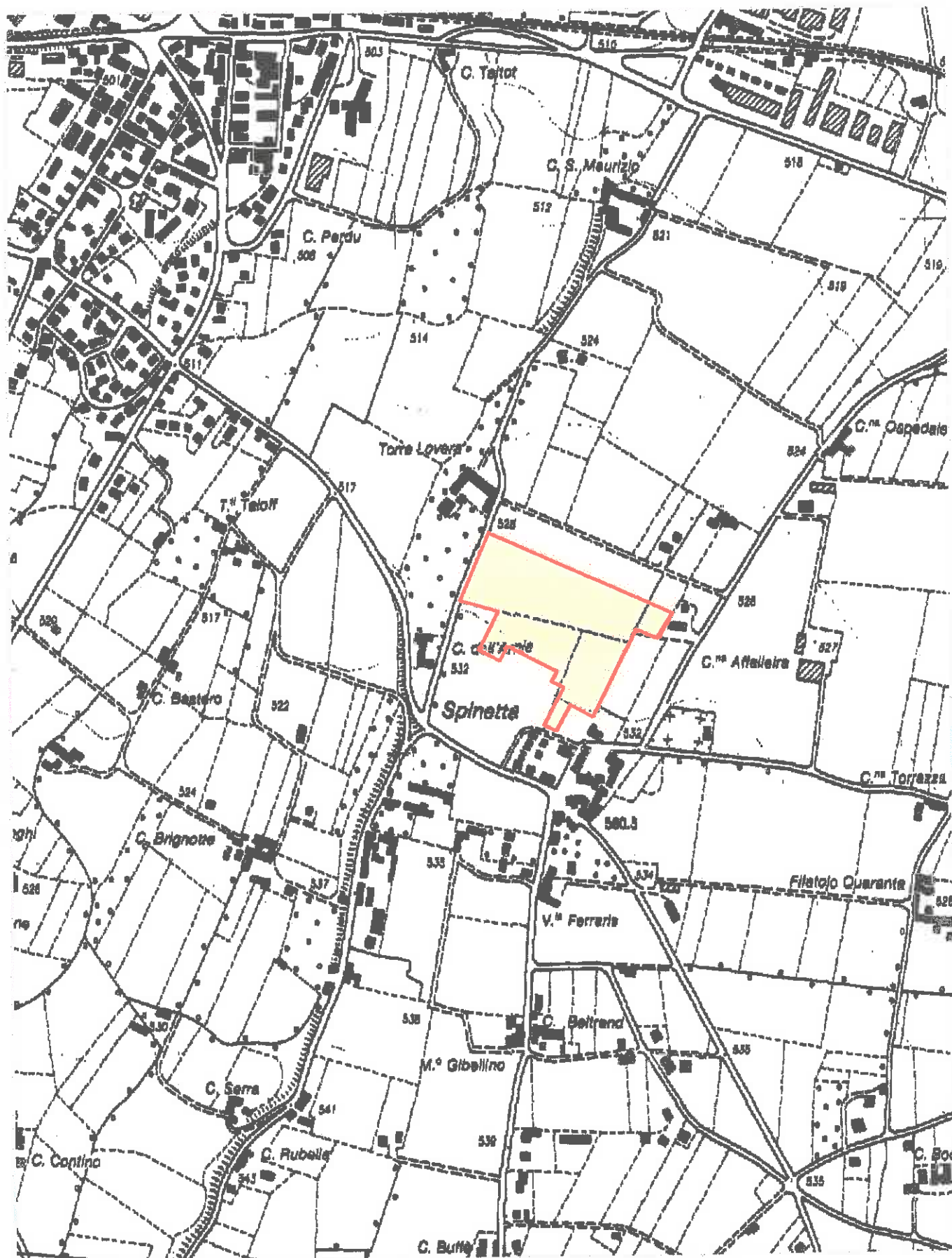


Fig. 1 – Corografia con perimetrazione dell'area di PEC (CTR Sez. 226030 - scala 1/10.000)

## **6 Modello geologico**

### **6.1 Inquadramento geologico**

L'ossatura geologica del settore di pianura in esame è rappresentata da depositi fluviali quaternari che, sulla Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 nel Foglio n. 80 "Cuneo", sono distinti come *Alluvioni sabbioso – ghiaioso – ciottolose dei piani terrazzati*. Nella bibliografia più recente, essi sono attribuiti alle unità geologiche del *fluvioglaciale e fluviale Riss e dell'interglaciale Riss – Würm*.

Questa successione di depositi poggia su depositi con caratteristiche simili che, nella bibliografia scientifica più recente<sup>1</sup>, sono distinti come Villafranchiano A appartenente alla sequenza plio – pleistocenica.

### **6.2 Inquadramento geomorfologico**

#### **6.2.1 Lineamenti generali**

L'area in esame sorge su un settore dell'alta pianura cuneese in destra idrografica del T. Gesso. L'assetto morfologico del fianco destro idrografico della profonda e ampia incisione del T. Gesso è caratterizzato dalla presenza di una successione di terrazzi, ubicati a quota via via decrescente procedendo dal livello principale della pianura verso l'alveo del corso d'acqua. L'area in esame è collocata su un settore riferibile alla superficie del terrazzo superiore, coincidente con il livello fondamentale della pianura. Essa è ubicata in posizione rilevata di 20 m circa rispetto all'alveo del corso d'acqua e discosta di 1 km circa rispetto alla sponda del medesimo. Il lato occidentale dell'area, in particolare, si sviluppa in prossimità al ciglio di una scarpata con altezza di una decina di metri e acclività medio – moderata, che raccorda il livello fondamentale della pianura a un terrazzo intermedio.

#### **6.2.2 Processi morfodinamici**

Il reticolo idrografico principale è rappresentato dal T. Gesso il cui alveo si sviluppano in posizione notevolmente discosta rispetto all'area in esame e non costituisce motivo di pericolosità per la medesima e, in generale, per il livello fondamentale della pianura.

Nel settore in esame non è presente un reticolo idrografico minore e il drenaggio delle precipitazioni zenitali si esplica normalmente per infiltrazione nel sottosuolo o lungo i collettori delle aree urbanizzate.

---

<sup>1</sup>, Civita M., Vigna B., Di Maio M., Fiorucci A., Pizzo S., Gandolfo M., Banzato C., Musciacchio D., Agnello M., Offi M., Menegatti S. (2005) – *Studio di valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee*.

### 6.2.3 Modello litologico

#### 6.2.3.1 Assetto litostratigrafico generale

Sulla base di quanto desumibile dalla bibliografia scientifica, i terreni di copertura presenti nell'area indagata sono rappresentati principalmente da depositi fluviali costituiti da ghiaie e ciottoli con matrice sabbiosa debolmente limosa, ricoperti da un sottile suolo agrario (spessore dell'ordine di pochi decimetri). Detti depositi formano una sequenza con spessore dell'ordine di 30 - 40 m di metri e insistono direttamente su depositi di natura ed aspetto simile ma mediamente più ricchi in frazione fine.

#### 6.2.3.2 Modello litologico locale

Il modello litologico è stato desunto da dati di repertorio relativi a indagini geognostiche condotte dallo scrivente in aree poco discoste rispetto a quella in esame e può essere così di seguito schematizzato:

profondità (m)	Descrizione litologica
0 – 0,5	Terreno vegetale: limo sabbioso debolmente argilloso con frazione organica.
0,5 – 1,5/2	Depositi fluviali: ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso - limosa di aspetto terroso
da 2	Depositi fluviali: ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso - limosa pulita

Tab. 1 – Schema litologico

### 6.3 Assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, la sequenza di terreni di copertura grossolani è riferibile al *Complesso alluvionale principale*, che costituisce un acquifero libero di notevole potenza, caratterizzato da permeabilità relativa piuttosto elevata ( $1,5 \cdot 10^{-3}$  -  $1,2 \cdot 10^{-4}$  m/sec).

Il livello di base dell'acquifero è costituito verosimilmente dal complesso pliocenico più ricco in frazione limoso - argillosa.

L'acquifero ospita una falda libera il cui livello piezometrico, nel settore in esame, si attesta a una profondità dell'ordine di 30 - 35 m rispetto al piano campagna, come desumibile dalla documentazione relativa alle indagini geologiche di corredo allo strumento urbanistico vigente e dalla bibliografia scientifica più recente<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Politecnico di Torino - *Le acque sotterranee della pianura e della collina cuneese* – Provincia di Cuneo.

## 7 Modello geotecnico e litotecnico

### 7.1 Modello litotecnico

L'indagine è stata condotta facendo riferimento a dati di repertorio relativi a indagini geognostiche condotte in questo ambito territoriale e alle risultanze della prospezione sismica con metodo MASW eseguita in sito. Dalle suddette indagini si desume un modello litotecnico così di seguito schematizzabile (Tab. 2):

profondità (m)	litostrato
0 – 0,5	(A) Limo sabbioso ricco in frazione organica molto compressibile
0,5 – 1,5	(B) Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso – limosa con grado di addensamento basso
1,5 – 6	(C) Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso – limosa medio - basso

Tab. 2 – Schema litotecnico

### 7.2 Modello geotecnico

I depositi a elevata componente limosa, che costituiscono lo strato di suolo (A), sono da ritenersi geotecnicamente scadenti e da asportare.

Con riferimento alla classificazione ASTM, nella quale vengono escluse le particelle di dimensioni maggiori di 75 mm, terreni a dominante grossolana potrebbero essere classificati come GW – GM (ghiaia ben gradata con sabbia), il cui comportamento meccanico è controllato principalmente dall'angolo di attrito interno che aumenta con il grado di addensamento.

Sulla base di quanto esposto (Cfr § 7.1) circa il grado di addensamento, per questi materiali possono essere ritenuti attendibili i seguenti valori dei parametri geotecnici fondamentali, facendo riferimento alla correlazione di NAVFAC (1971) (Fig. 5): per la realizzazione dei pozzetti, i terreni appaiono poco addensati ( $40 \geq Dr(\%) \geq 30$ ) mentre dalla profondità di 0,9 m circa, i terreni dell'orizzonte C appaiono addensati ( $70 \geq Dr(\%) \geq 60$ ).

litostrato	Densità relativa [Dr(%)]	$\phi'$ (angolo di attrito di picco)	C (coesione)	$\gamma_n$ (peso di volume) (kN/m <sup>3</sup> )
B	$35 \geq Dr(\%) \geq 25$	$31^\circ - 33^\circ$	0	18,0 – 19,5
C	$60 \geq Dr(\%) \geq 50$	$33^\circ - 35^\circ$	0	19,0 – 20,0

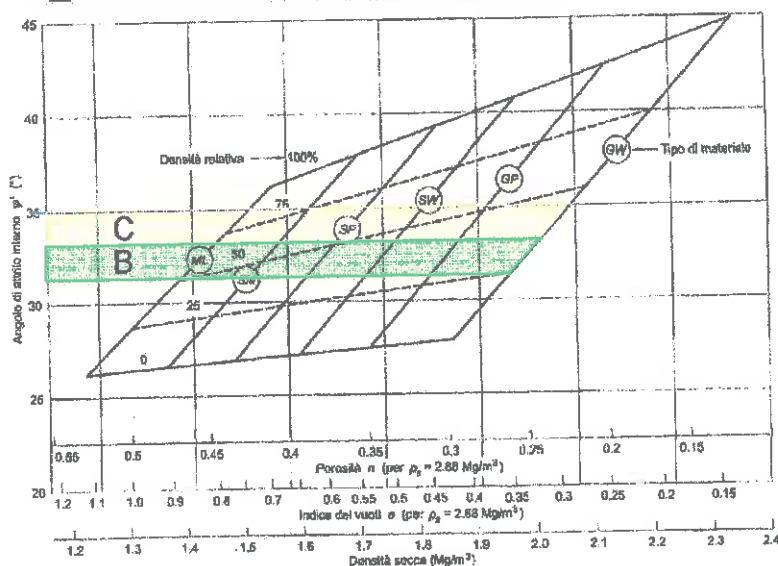


Fig. 3 – Influenza della composizione granulometrica sulla resistenza al taglio (Navfac, 1971)

Il valore caratteristico dell'angolo di attrito ( $\phi_k$ ) può essere ricavato con un approccio Bayesiano nel quale (Cherubini e Orr -1999):  $x_k = x_m \cdot (1 \text{ CV}/2)$

I valori  $x_m$  e CV si ricavano dalle seguenti relazioni:

$$x_m = (a + 4b + c)/6$$

$$CV = (c - a)/(a + 4b + c)$$

nelle quali:

a = valore minimo stimato

b = valore più probabile

c = valore massimo stimato

Ipotizzando per l'angolo di attrito ( $\phi'$ ):

a = 30°; b = 32°; c = 34° (orizzonte B)

$\Phi'_k \cong 32^\circ$

a = 32°; b = 35°; c = 38° (orizzonte C)

$\Phi'_k \cong 34^\circ$

### 7.3 Considerazioni in merito alla vulnerabilità sismica locale

#### 7.3.1 Categoria del suolo di fondazione

Per quanto concerne l'individuazione della categoria del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, come definito nell'ordinanza come definiti nel DM 14.01.08, è stata eseguita, a cura Techgea Servizi S.a.s., un'indagine geofisica con il metodo MASW.

La velocità equivalente delle onde di taglio, nei primi 30 m di suolo partendo dall'attuale piano campagna, risulta pari a 405 m/s. La velocità equivalente calcolata da profondità di 2,3 m (facendo riferimento ai valori delle velocità riportate nello schema a 10 strati della specifica *relazione tecnica* relativa alle indagini sismiche), ovvero da profondità prossime alle quote di fondazione di eventuali piani interrati, risulta pari a 427 m/s.

Tenuto conto dei suddetti valori della velocità equivalente delle onde di taglio e di quanto esposto circa l'assetto litostratigrafico locale, questi depositi ricadono nella categoria B dei suoli di fondazione così di seguito definita:

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

#### 7.3.2 Fattori di amplificazione

Per quanto concerne la vulnerabilità sismica locale, si fa presente che nell'area indagata e nel suo intorno significativo non è stata riscontrata la presenza di elementi morfologici che

possano eventualmente determinare, a livello locale, effetti di amplificazione delle sollecitazioni sismiche.

Nell'areale in esame non si riscontra la presenza di contesti geologici con caratteristiche tali da rendere il materiale suscettibile a fenomeni di liquefazione, tenuto conto della soggiacenza elevata della falda (> 20 m) e della tessitura dei depositi. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, in particolare, si fa presente che la distribuzione granulometrica di detti materiali ricade all'esterno della zona corrispondente ai fusi granulometrici dei terreni suscettibili di liquefazione, secondo quanto indicato nelle figure 7.11.1 a – b delle NTC del DM 14.01.2008 (§ 7.11.4.3.2).

Dal punto di vista topografico, l'area ricade nella categoria T1 tenuto conto della sua configurazione regolare e moderatamente acclive.

## 8 Pericolosità sismica

Sono di seguito riportati i parametri relativi alla *pericolosità sismica* del sito (come definita nell'allegato A delle NTC del DM 14.01.2008), ricavati con il programma "spettri di risposta ver. 1.03" del Consiglio Sup. Lavori Pubblici.

Coordinate baricentro dell'area di PEC: latitudine 44.38149 – longitudine 7.57239

Vita nominale (Vn)	50 anni
Classe d'uso (Cu)	II
Vita di riferimento (Vr)	50 anni
Categoria del suolo	B
Categoria topografica	T1

SLATO LIMITE	T <sub>R</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub> [-]	T <sub>C</sub> [s]
SLO	30	0,036	2,460	0,200
SLD	50	0,047	2,444	0,224
SLV	475	0,122	2,487	0,283
SLC	975	0,155	2,522	0,294



## **9 Classe di pericolosità geomorfologica**

In base alle indagini geologiche della *Variante 2003 di adeguamento dello strumento urbanistico generale al P.A.I. (Fig. 6)*, l'area di PEC ricade nella Classe I di idoneità all'utilizzazione urbanistica prevista dalla N.T.E. alla Circolare del Presidente della Giunta Regionale n. 7/LAP dell'8/5/1996 "*L.R. 5 dicembre 1977, n. 56, e successive modifiche ed integrazioni - Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici*", come di seguito definita:

*"Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88".*

Alla luce delle indagini eseguite non si rileva la presenza di particolari situazioni di dissesto che possano costituire motivo di pericolosità per l'area in esame il cui utilizzo urbanistico risulta pertanto compatibile con l'assetto morfologico locale.

## **10 Considerazioni conclusive**

Premesso che quanto esposto circa l'assetto litostratigrafico dovrà essere verificato a livello dei singoli lotti in fase di progetto esecutivo, si consiglia di posare le opere di fondazione ad una profondità di almeno 2,0 m rispetto al piano campagna naturale, dalla quale i terreni appaiono mediamente addensati.

In fase di progetto esecutivo, dovranno essere eseguite, a livello dei singoli lotti, verifiche di tipo analitico del sistema terreni – opere di fondazione secondo il metodo degli stati limite come richiesto dalla normativa vigente (D.M. 14.01.2008).

Per quanto concerne la caratterizzazione sismica dei terreni presenti nell'area in esame si ribadisce che essi ricadono nella *categoria B* dei profili stratigrafici del suolo di fondazione definiti nel DM 14.01.2008 (Cfr § 7.3.1).

Dal punto di vista geomorfologico e topografico non si rileva la presenza di fattori di amplificazione sismica (Cfr § 7.3.2).

In riferimento ai fenomeni di liquefazione il settore risulta stabile tenuto conto della tessitura dei depositi (Cfr § 7.3.2).

**Porta Rossa S.p.a.**

**Sito di indagine:  
Frazione Spinetta, Comune di Cuneo**



**Indagine sismica con metodologia MASW finalizzata alla determinazione  
del parametro  $V_{s30}$  per la classificazione sismica dei suoli**

## **Relazione Tecnica**

Relazione n.:	2405/2013
Redatto da:	Dott. Geol. Emmanuele Duò
Controllato da:	Dott. Geol. Mario Naldi
Data:	Aprile 2013
Revisione:	0

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>UBICAZIONE INDAGINI E ACQUISIZIONE DATI .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>ELABORAZIONE DATI.....</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>RISULTATI DELLE PROVE MASW .....</b>	<b>3</b>
5.1	DEFINIZIONE DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO .....	3
5.2	PROFILO DI VELOCITA' E VALUTAZIONE DEL PARAMETRO Vs30 .....	5
<b>6</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>5</b>

<b>ALLEGATO A</b>	<b>Certificato esito prova MASW</b>
<b>ALLEGATO B</b>	<b>Cenni sulla metodologia MASW</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate in un'area (PEC) situata in Frazione Spinetta a Cuneo, in cui è prevista la costruzione di nuovi edifici ad uso residenziale.

Scopo dell'indagine è definire il parametro  $V_{s30}$  per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 14.01.2008) e successivi aggiornamenti. In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

## 2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link III, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Cenni relativi alla metodologia di indagine sono riportati in Allegato B.

### 3 UBICAZIONE INDAGINI E ACQUISIZIONE DATI

Come detto nel capitolo introduttivo, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata in Allegato A. Lo stendimento è stato eseguito posizionando 24 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 2 m, per un totale di 46 m lineari di stendimento.

Depth {Z <sub>max</sub> } <sup>1</sup> (m)	Source {S} <sup>2</sup> (lb)	Receiver {R} <sup>3</sup> (Hz)	Receiver Spread {RS} (m)			
			Length <sup>4</sup> (D)	Source Offset <sup>5</sup> (X <sub>1</sub> )	Receiver Spacing (dx)	
					24-ch*	48-ch
≤ 1.0	≤ 1 (1)**	4.5-100 (40)	1-3 (2.0)	0.2-3.0 (0.4)	0.05-0.1 (0.1)	0.02-0.05 (0.05)
1-5	1-5 (5)	4.5-40 (10)	1-15 (10)	0.2-15 (2)	0.05-0.6 (0.5)	0.02-0.3 (0.25)
5-10	5-10 (10)	≤ 10 (4.5)	5-30 (20)	1-30 (4)	0.2-1.2 (1.0)	0.1-0.6 (0.5)
10-20	≥ 10 (20)	≤ 10 (4.5)	10-60 (30)	2-50 (10)	0.4-2.5 (1.5)	0.2-1.2 (1.0)
20-30	≥ 10 (20)	≤ 4.5 (4.5)	20-90 (50)	4-90 (10)	0.8-3.8 (2.0)	0.4-1.9 (1.5)
30-50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	30-150 (70)	6-150 (15)	1.2-5.0 (3.0)	0.6-3.0 (2.0)
> 50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)

Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine (da www.masw.com)

Per l'acquisizione dei dati si sono individuati 6 punti di energizzazione; tali punti sono stati ubicati ad un'estremità dello stendimento, alla distanza massima di 14 metri dal primo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

Le coordinate geografiche assolute (gradi, minuti, secondi) del punto centrale dello stendimento, nonché del profilo MASW ottenuto (per il calcolo del valore di VS<sub>30</sub>), sono:

- Latitudine: 44°22'52.68"N
- Longitudine: 7°34'22.61"E

## 4 ELABORAZIONE DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 3.05 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

## 5 RISULTATI DELLE PROVE MASW

### 5.1 DEFINIZIONE DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Secondo la normativa sismica vigente, rappresentata per il Piemonte dalla D.G.R. 12/12/2011, n. 4-3084 modificata secondo la D.G.R. 3/02/2012, n. 7-3340, il Comune di Cuneo ricade in zona sismica 3.

Il D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni" mette a disposizione dei professionisti uno strumento basato sul progetto sviluppato in collaborazione dall'INGV e dal DPC - "S1" - per il calcolo dei parametri rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per qualsiasi sito del territorio nazionale.

Si forniscono di seguito i parametri a cui sopra si è fatto cenno, calcolati utilizzando le coordinate del centro dello stendimento MASW.

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0.036	2.461	0.200
50	0.047	2.445	0.224
72	0.056	2.463	0.235
101	0.066	2.465	0.249
140	0.076	2.468	0.258
201	0.089	2.466	0.266
475	0.122	2.487	0.283
975	0.154	2.522	0.294
2475	0.202	2.588	0.305

Tabella 2 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento

La medesima normativa individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna ( $V_{s30}$ ) e viene calcolato con la seguente formula:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Nella Tabella 3, riportata nella pagina seguente, si presenta la classificazione sismica prevista dal suddetto Decreto Ministeriale.

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s30}$ (m/s)
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	>800
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	360+800
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	180+360
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	<180
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	-
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ 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.	<100
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	-

Tabella 3: Classificazione del tipo di suolo secondo la vigente normativa sismica italiana

## 5.2 PROFILO DI VELOCITA' E VALUTAZIONE DEL PARAMETRO $V_{s30}$

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato nell'Allegato A, evidenzia un assetto sismostratigrafico caratterizzato dalla presenza dei seguenti livelli:

1. un livello superficiale, fino a circa 6 m di profondità, costituito da materiali debolmente addensati ( $V_s$  compresa tra 240 e 290 m/s);
2. un sismostrato sottostante costituito da terreni con grado di addensamento crescente ( $V_s$  compresa tra 400 e 740 m/s). La successione sismostratigrafica presenta nell'intervallo di profondità 8.5 ÷ 11.7 metri (da p.c.) un'inversione di velocità all'interno dei materiali a media rigidità; tale variazione sismostratigrafica può ritenersi rappresentativa di materiali a granulometria fine.

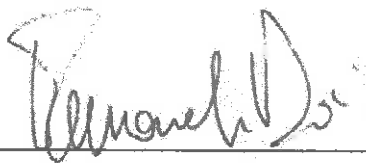
Il valore di  $V_{s30}$  calcolato al piano campagna è pari a 405 m/s. Pertanto, è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

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

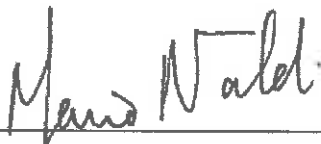
## 6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati della prova sismica con metodologia MASW realizzata in Frazione Spinetta a Cuneo, hanno evidenziato un valore del parametro  $V_{s30}$  pari a 405 m/s, compatibile con un suolo di classe sismica "B".

Relazione redatta da:  
Dott. Geol. Emmanuele Duò



Controllata da:  
Dott. Geol. Mario Naldi





**ALLEGATO A**  
**Certificato esito prova MASW**

COMMITTENTE	Porta Rossa S.p.a.
RELAZIONE	2405/13
N° PROVA	001
LOCALITA'	Comune di Cuneo (CN)
DATA	15/04/2013



ALLEGATO A1

### UBICAZIONE INDAGINE MASW



### LEGENDA

— Stendimento linea MASW


● Centrolinea MASW -  
Ubicazione profilo Vs 30

### UBICAZIONE

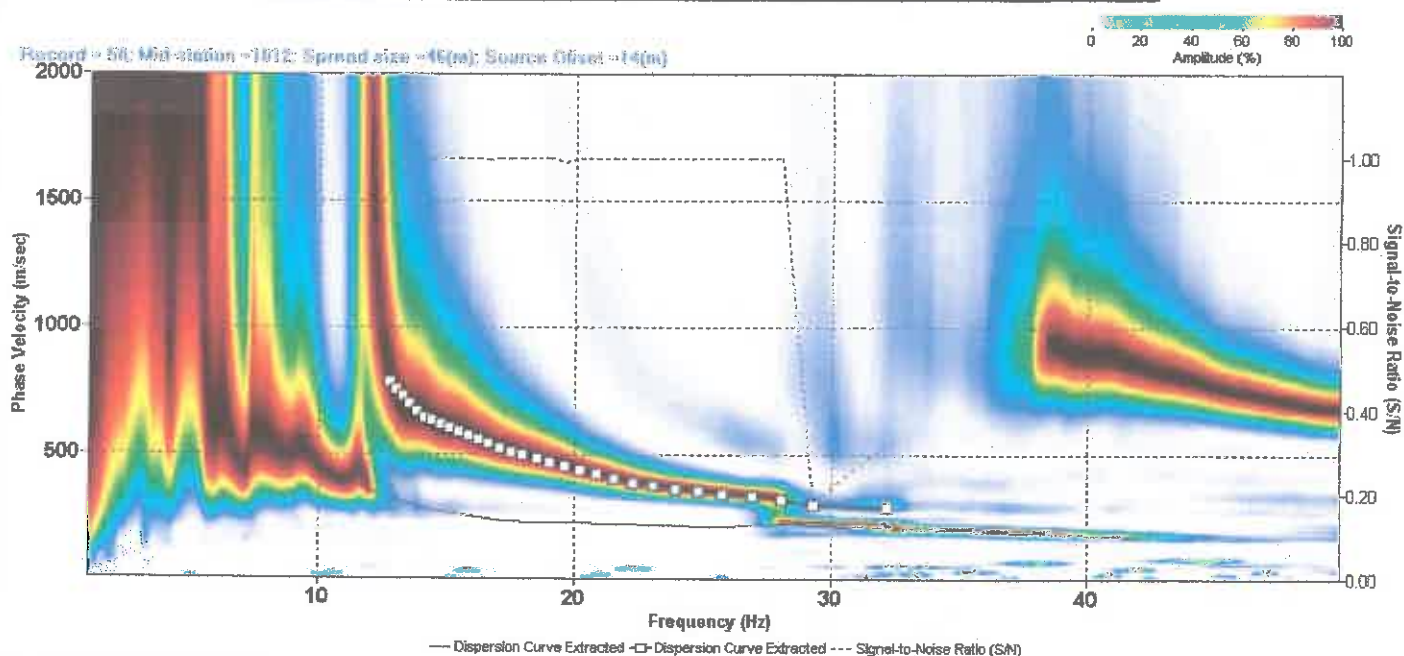
DATUM	WGS84
PROIEZIONE	UTM
ZONA	32T
EST	386323
NORD	4915218

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

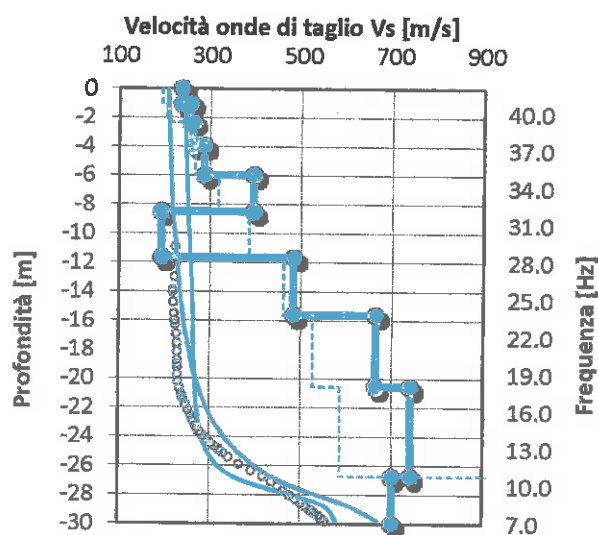


COMMITTENTE	Porta Rossa S.p.a.	COORDINATE UTM WGS84	32 T 386323 4915218	
RELAZIONE	2405/13	SISMOGRAFO	Daq Link III	
N° PROVA	001	GEOFONI	24 (freq. 4,5 Hz)	
LOCALITA'	Comune di Cuneo (CN)	ACQUISITION TIME	1.0 s	
DATA	15/04/2013	SAMPLE INTERVAL	0.250 ms	
				ALLEGATO A2

### SPETTRO IN FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ESTRATTA



### PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



#### MODELLO PROFILO Vs A 10 STRATI

Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.00	-1.04	237
2	-1.04	-2.33	257
3	-2.33	-3.95	262
4	-3.95	-5.97	287
5	-5.97	-8.50	396
6	-8.50	-11.66	193
7	-11.66	-15.61	483
8	-15.61	-20.55	662
9	-20.55	-26.73	739
10	-26.73	-30.00	699

CODICE DI CALCOLO: SurfSeis 3.15

#### LEGENDA

Modello di velocità [Vs/Prof.]	Curva di dispersione [Vfase/Frequenza]
Vs iniziale	Curva di dispersione iniziale
Vs finale	Curva di dispersione finale
	Modo fondamentale misurato

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs30 CALCOLATO
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs <sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT <sub>30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e cu <sub>30</sub> > 250 kPa nei terreni a grana fina).	405 m/sec (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)

## **ALLEGATO B**

### **Cenni sulla metodologia MASW**



## CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura 1 e 2, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione (Figura 1);
- 2) Elaborazione (Figura 2);
- 3) Inversione (Figura 3).

## ALLEGATO B

### Cenni sulla metodologia MASW

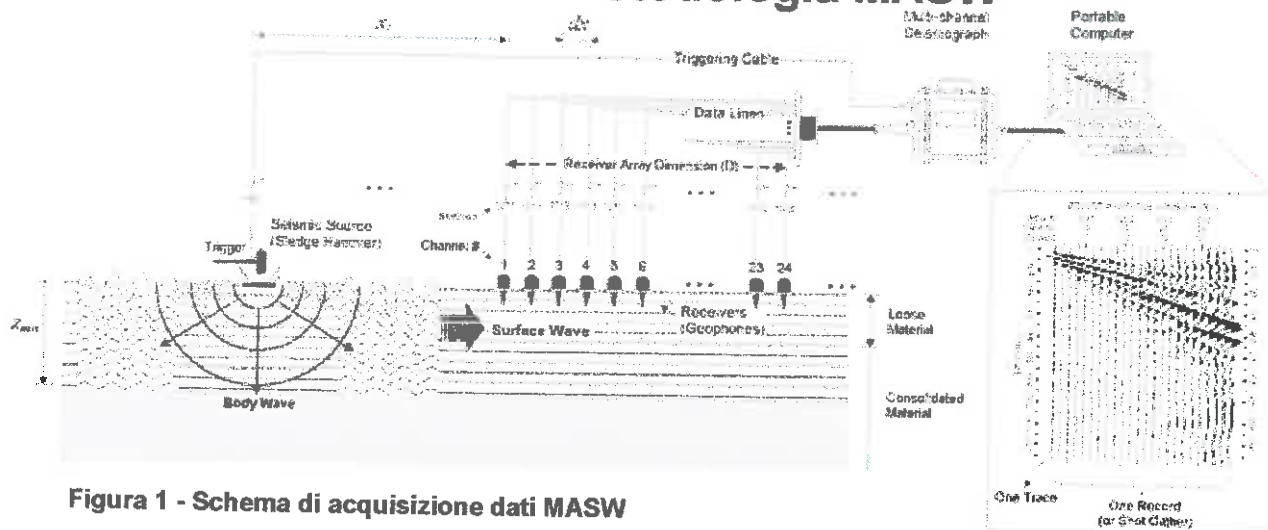


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis ® versione 2.0, Kansas University USA).

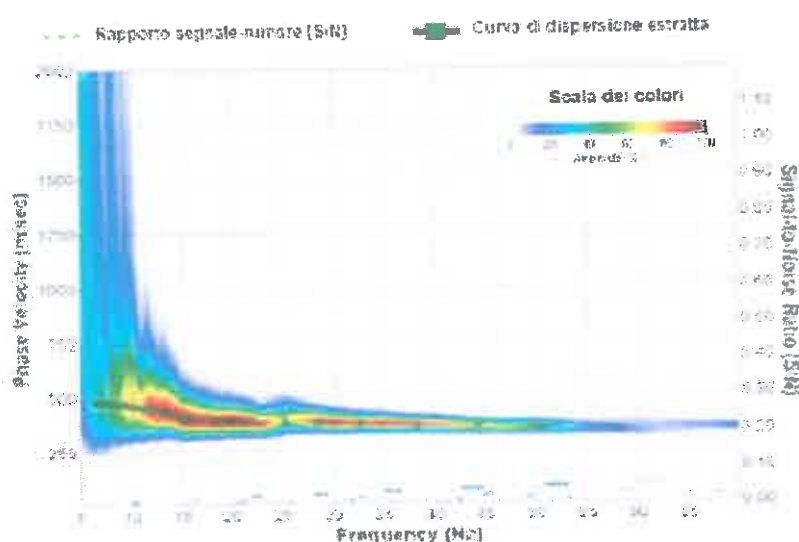
Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di

passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh  $V_R$ , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

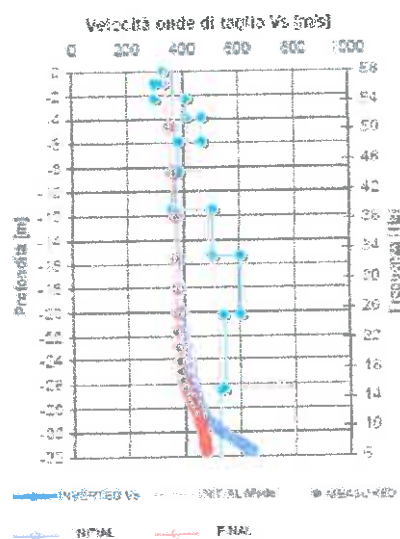
$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori ( $V_R, f$ ) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).



**Figura 2 - Curva di dispersione della velocità  $V_s$  in funzione della frequenza e della velocità di fase**



**Figura 3 - Modello di propagazione delle velocità delle onde  $V_s$**