

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI CUNEO

COMUNE DI LIMONE PIEMONTE

*PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO IN ZONA URBANISTICA "3/TR2/G.2",
ZONA "MANEGGIO" E "CAMPO PRINCIPE"*

Relazione geologica e geotecnica

(ai sensi dei § 6.2.1 – 6.2.2 delle Norme tecniche delle costruzioni del DM 17.01.2018)

Committente:

Porta Rossa S.p.A.

Via Alessandro Manzoni, 45

MILANO

S.A.I. S.r.l.

Via Galliano, 15

TORINO

Dott. **Eraldo Viada**

Geologo

Via Tetto Chiappello, 21D

12017 Robilante (CN)

3404917357



agosto 2018

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

1 Premessa

La presente relazione è stata redatta in riferimento alla richiesta di parere sismico preventivo (ai sensi dell'Art. 89 del *D.P.R. 380/2001*) in merito al Piano Esecutivo Convenzionato dell'area 3/TR2/G.2, nella quale è prevista la costruzione di 8 fabbricati sviluppati su piani interrati e alcuni piani fuori terra, da destinarsi ad uso turistico – ricettivo.

Nella relazione sono riportate le risultanze delle indagini eseguite al fine di definire i modelli geologico e geotecnico caratterizzando il sito dal punto di vista sismico.

2 Inquadramento geografico

Il sito, ubicato alla periferia meridionale del concentrico di Limone Piemonte, su una dorsale compresa tra il del Vallone Milliborgo e la Valle San Giovanni, ha il suo corrispondente topografico nella cartografia BDTRE della Regione Piemonte (*Fig. 1*). Per quanto concerne i riferimenti catastali, il fabbricato insiste su un terreno censito ai mappali 231 – 232 – 233 – 737 – 805 del foglio 3 del Comune di Limone Piemonte.

3 Piano delle indagini

Le indagini sono state condotte mediante rilievi in sito e facendo riferimento alla documentazione geologica relativa allo strumento urbanistico vigente e a dati di repertorio relativi a indagini condotte dallo scrivente in aree poco discoste dal sito.

Per quanto concerne la definizione del modello litologico e litotecnico, si è fatto riferimento a studi pregressi eseguiti nel Comparto B dell'area di PEC e a una campagna di nuove indagini geognostiche condotte nel comparto A (*Cfr § 6.3*).

4 Normativa di riferimento

Lo studio è stato condotto ai sensi delle seguenti normative:

- D.M. 17 gennaio 2018 – *Norme tecniche per le costruzioni* (§ 6.2.1 e § 6.2.2);
- *Art. 89 del D.P.R. 380/2001*;

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 Limone Piemonte ricade nella zona 3s.

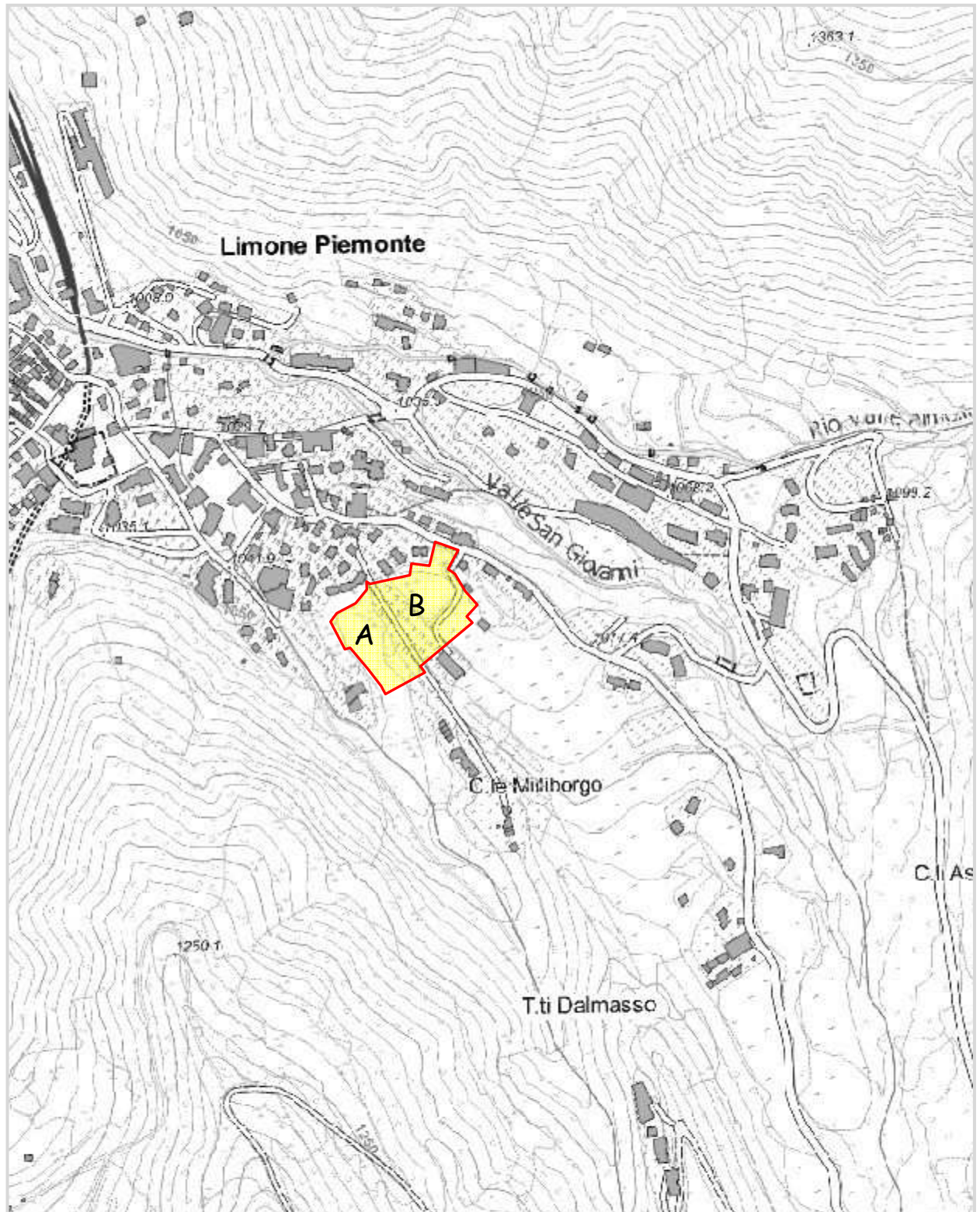


Fig. 1 – Corografia con perimetrazione area (cartografia BDTRE Regione Piemonte - scala 1/10.000)

6 Modello geologico

6.1 Inquadramento geologico

L'ossatura geologica dei rilievi al contorno dell'area indagata è costituita da terreni appartenenti alla Zona Brianzonese e rappresentati da scisti calcareo – ardesiaci, calcareo arenacei e argilloscisti della sequenza fliscioide o da calcari e dolomie di età giurassica.

I terreni di copertura sono rappresentati da depositi morenici würmiani.

I dati geologici di base sono stati desunti da rilievi di terreno e dalla *Carta Viéve-Tende* della *Carte Géologique de la France*, alla scala 1/50.000 e dal *foglio 91 "Boves"* della *Carta Geologica d'Italia*, ai quali si rimanda per ulteriori approfondimenti.

6.2 Inquadramento geomorfologico

6.2.1 Lineamenti generali

L'area in esame si sviluppa su un settore riferibile, dal punto di vista morfologico, ai fianchi del tronco più avanzato di un cordone morenico edificato, in sinistra idrografica, dal ghiacciaio della Valle San Giovanni, tributaria di destra della Valle Vermenagna.

Il settore interessato dagli interventi di urbanizzazione sul fianco sinistro orografico della dorsale (comparto A) è assimilabile a una superficie terrazzata che si raccorda al fondovalle del vallone Milliborgo mediante una scarpata con sviluppo altimetrico complessivo di una decina di metri. In corrispondenza del ciglio della scarpata, la superficie del terrazzo è delimitata da un antico muro di contenimento in pietrame con altezza di 2 m circa.

Verso monte, il terrazzo si raccorda al crinale della morena, su cui si sviluppa una strada vicinale, mediante una ripida scarpata con altezza variabile da 1 m circa a 4 – 5 m procedendo da Nord verso Sud.

Il settore sul fianco destro orografico della dorsale (comparto B) corrisponde a un pendio moderatamente acclive che, al piede, si raccorda alla superficie di un alto terrazzo in sinistra idrografica della Valle San Giovanni.

Le configurazioni dei luoghi sopra descritte sono riconducibili in parte a un rimodellamento da parte di agenti esogeni post – glaciali e in parte a un rimodellamento antropico, eseguito anche in tempi storici.

6.2.2 Processi morfodinamici

6.2.2.1 Dinamica delle acque superficiali

Il reticolo idrografico è rappresentato dal Rio Milliborgo che scorre in posizione notevolmente discosta e ribassata rispetto all'area e non costituisce, pertanto, motivo di pericolosità per la medesima. Data la configurazione del fondovalle, il fianco vallivo in destra orografica denota buone condizioni di stabilità anche in riferimento ad eventuali processi erosivi spondali da parte del corso d'acqua.

Tale assetto è confermato da quanto riportato nelle indagini geologiche per l'adeguamento dello strumento urbanistico al P.A.I..

In corrispondenza delle aree d'intervento non è presente un reticolo idrografico e il drenaggio delle acque si esplica generalmente per infiltrazione e/o per ruscellamento superficiale, in concomitanza di eventi di pioggia particolarmente intensi e/o prolungati. In base a osservazioni in sito e a considerazioni morfologiche, nello stato di fatto il sito risulta comunque sicuro in riferimento a processi di ruscellamento superficiale significativi anche in concomitanza di eventi idrometeorologici particolarmente intensi.

6.2.2.2 Dinamica gravitativa

In corrispondenza dell'area d'intervento e sui pendii nel suo intorno significativo (scarpate a monte e a valle), non si rileva la presenza di dissesti franosi in atto e/o pregressi. Tale assetto è confermato da quanto riportato nella documentazione relativa alle indagini geologiche per l'adeguamento dello strumento urbanistico al P.A.I..

6.2.2.3 Dinamica valanghiva

Il settore è collocato in un'area sicura in riferimento alla dinamica valanghiva, come confermato da quanto riportato nella documentazione relativa alle indagini geologiche per l'adeguamento dello strumento urbanistico al P.A.I..

6.3 Modello litologico

Il modello litologico è stato definito facendo riferimento a osservazioni dirette in pozzetti geognostici realizzati in sito e a indagini geognostiche pregresse (n. 2 sondaggi a carotaggio continuo) realizzati in passato nell'area corrispondente al comparto B (Cfr § 3).

6.3.1 Modello litologico generale

I terreni di copertura sono rappresentati da depositi morenici/fluvioglaciali a tessitura variabile da grossolana (ciottoli e ghiaia con blocchi in matrice limoso – sabbiosa) a medio – fine (limi sabbioso - ghiaiosi).

Il substrato roccioso affiora solo sul fianco sinistro idrografico del Vallone Milliborgo ed è rappresentato prevalentemente da calcari grossolanamente stratificati.

6.3.2 Studi pregressi

Le indagini pregresse, che hanno interessato essenzialmente il comparto B dell'area di PEC, sono così di seguito articolate (Cfr All. 1 – 2):

- N. 2 sondaggi a carotaggio continuo con profondità di 30 m e 27,2 m corredate da prove penetrometriche SPT in foro a intervalli di 3 m;
- N. 5 Prove penetrometriche dinamiche (Penetrometro DPSH Standard Pagani TG73/100);
- Prospezione sismica costituita da n. 4 stendimenti con lunghezza di 115 m e analisi della propagazione delle onde P e onde S.

Dalle indagini geognostiche relative al comparto B si desume quanto segue:

- Dal punto di vista tessiturale, i terreni di copertura sono mediamente riferibili a limo, limo sabbioso con ghiaia e ciottoli a pezzatura variabile da piccola (Φ 8 - 15 cm) a media (Φ 15 – 20

cm). A profondità maggiore, la frazione grossolana (ghiaia e ciottoli) appare relativamente più abbondante nel sondaggio S2 ovvero nella parte più a valle del comparto B dell'area di PEC

- In base alla prospezione sismica e tenendo conto delle risultanze dei sondaggi meccanici, non è ipotizzabile la presenza del substrato roccioso nei primi 30 m di profondità rispetto al piano campagna.

6.3.3 Indagine geognostica

L'indagine, incentrata principalmente sul comparto A dell'area di PEC, è stata condotta mediante la realizzazione di n. 6 pozzetti geognostici e l'esecuzione di una prospezione sismica con il metodo MASW.

6.3.3.1 Pozzetti geognostici

Sono stati realizzati n. 6 pozzetti geognostici, con profondità media di 4 m circa, distribuiti nell'area come di seguito indicato (Fig. 4).



con
stici

Dalle osservazioni nei pozzetti, nella porzione superiore della sequenza di terreni di copertura, sono state distinte 4 litologie differenti:

- A. Suolo umico: limo sabbioso debolmente argilloso con frazione organica.
- B. Suolo di alterazione: limo sabbioso debolmente argilloso di colore marroncino – rossastro con subordinati ciottoli, ghiaia.
- C. Depositi fluvioglaciali/morenici: ghiaia e piccoli ciottoli con possibili blocchi in abbondante matrice sabbioso - limosa grigia.
- D. Depositi fluvioglaciali/morenici: ghiaia e piccoli ciottoli e possibili blocchi con matrice limoso – sabbiosa tendenzialmente beige.

I terreni a tessitura grossolana sono mediamente presenti da una profondità variabile da 0,5 m nella porzione mediana e meridionale dell'area (pozzetti P2, P3, P4) a 2,5 m in quella settentrionale (pozzetto P1) (Figg. 3 – 4).

Il modello litologico può essere pertanto così di seguito schematizzato:

<i>Profondità (m)</i>	<i>Caratteristiche litologiche</i>
0	Suolo umico e di alterazione: limo sabbioso debolmente argilloso con frazione organica nella porzione superiore e subordinati ciottoli, ghiaia e piccoli blocchi in quella inferiore
0,5/2,5	Depositi fluvioglaciali/morenici: ghiaia e piccoli ciottoli con possibili blocchi in abbondante matrice sabbioso - limosa grigia
3/3,5	Depositi fluvioglaciali/morenici: ghiaia e piccoli ciottoli e possibili blocchi con matrice limoso – sabbiosa tendenzialmente beige



Fig. 3 – Pozzetto P1

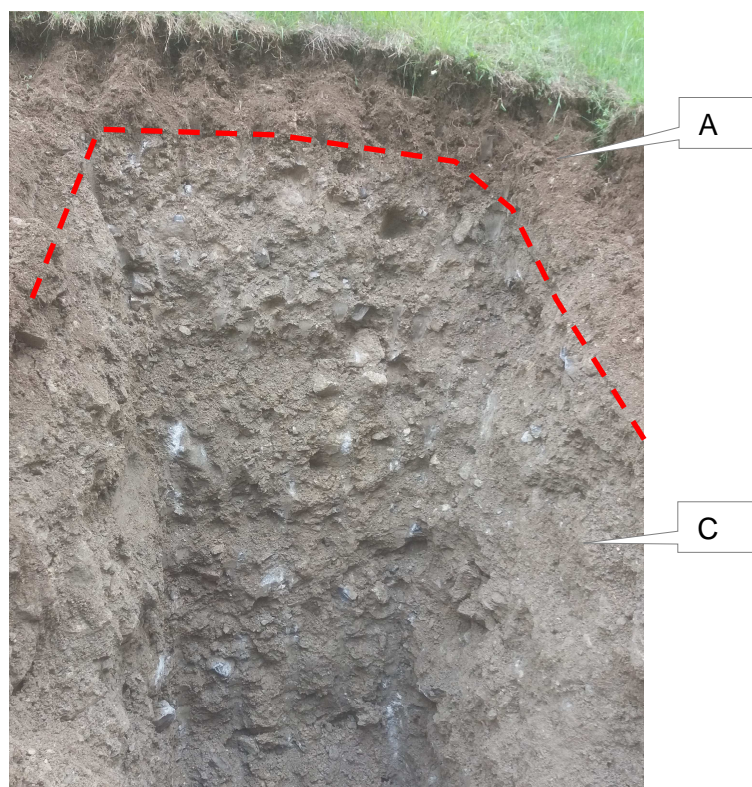


Fig. 4 – Pozzetto geognostico P3

6.3.3.2 Prospezione sismica MASW

Nell'area d'intervento è stata eseguita una prospezione sismica con metodo MASW (All. 1) dalla quale si ricava un profilo stratigrafico caratterizzato dalla presenza di tre principali sismostrati. Fatta eccezione per il sismostrato superficiale, con spessore di 2 m circa, costituito da materiali poco addensati, la velocità di propagazione delle onde di taglio aumenta generalmente in modo progressivo con la profondità.

Profondità (m)	Sismostrato	Caratteristiche
0	1	Terreno sciolto o poco addensato
2	2	Terreno con grado di addensamento progressivamente crescente con la profondità
9 - 12	3	Terreno con grado di addensamento molto elevato (Velocità equivalente >800m/s)

6.4 Assetto idrogeologico

La coltre di terreni di copertura è caratterizzata da permeabilità per porosità che varia verosimilmente in senso verticale per l'alternanza tra livelli a tessitura grossolana e livelli a tessitura relativamente fine (limi e limi sabbiosi).

Sulla base di dati relativi agli studi progressi, nei piezometri installati nel comparto B, è stata rilevata la presenza di acqua a profondità dell'ordine di 20 m e 24 m.

Sulla base di informazioni orali desunte in riferimento a interventi edilizi in un'area immediatamente a Nord del comparto B, è stata rinvenuta una significativa circolazione idrica

sotterranea a profondità dell'ordine di alcuni metri. Sulla base della personale esperienza dello scrivente, appare probabile che, in concomitanza di precipitazioni particolarmente intense e/o prolungate o della fusione del manto nevoso, il sottosuolo sia sede di una circolazione idrica concentrata prevalentemente lungo livelli preferenziali più ricchi in frazione grossolana localizzati anche a profondità relativamente ridotta.

7 Modello geotecnico e litotecnico

7.1 Modello litotecnico

Per la definizione del modello litotecnico generale, si è fatto riferimento alle seguenti indagini:

- N. 8 prove SPT in foro a intervalli di 3 m nel sondaggio S1 (indagini pregresse comparto B);
- N. 6 prove SPT in foro a intervalli di 3 m nel sondaggio S2 (indagini pregresse comparto B);
- N. 5 prove penetrometriche dinamiche (DPSH Standard Pagani 73/100) (indagini pregresse comparto B);
- Prospezione sismica nell'area comparto B costituita da n. 4 stendimenti con lunghezza di 115 m e analisi della propagazione delle onde P e onde S (indagini pregresse comparto B);
- Prospezione sismica MASW nell'area comparto A.

7.1.1 Prove penetrometriche SPT in foro

Le prove sono state eseguite a intervalli di 3 m fino a una profondità di 24 m circa (S1) e di 18 m circa (S2) e sono state frequentemente interrotte per rifiuto (Cfr All. 1).

7.1.2 Prove penetrometriche dinamiche (DPSH Standard Pagani 73/100)

Sono state prese in considerazione le prove PP1 e PP2 (Cfr All. 1) che hanno raggiunto le profondità rispettivamente di 5,7 m e 6,9 m. Le restanti prove non risultano significative in quanto hanno dato rifiuto a profondità ridotte.

Dalle indagini si ricava un modello litotecnico generale così di seguito schematizzabile:

<i>Profondità (m)</i>	<i>Litostrato</i>	<i>Caratteristiche litotecniche</i>
0	A	Limo sabbioso debolmente argilloso compressibile
0,5/4	B	Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli e possibili trovanti. Terreno con grado di addensamento medio - basso e debolmente coesivo
4 - 9	C	Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli e possibili trovanti. Terreno mediamente addensato e coesivo
9 - 30	D	Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli e possibili trovanti ben addensati

7.2 Modello geotecnico

Per valutare preliminarmente i valori dell'angolo di attrito interno (φ) a differenti profondità, sono stati utilizzati i risultati delle prove penetrometriche facendo riferimento ai metodi di correlazione tradizionali di seguito riportati:

Sowers (1961) $\varphi = 28 + 0,28N_{spt}$

Peck - Hanson & Thornburn $\varphi = 27,2 + 0,28N_{spt}$

Japanese National Railway $\varphi = 0,3 N_{spt} + 27$

Owasaki & Iwasaki $\varphi = \sqrt{20 N_{spt}} + 15$

Malcev (1964) $\varphi = 20 - 5 \text{Log}(\sigma) + 3,73 \text{Log}(N_{spt})$

De Mello - Mitchell $\varphi = 19 - 3,8\sigma + 8,73 \text{Log}(N_{spt})$

Meyerhof (1965) $\varphi = 23,7 + 0,57 N_{spt} - 0,006 N_{spt}^2$

7.2.1

I risultati delle differenti prove penetrometriche danno risultati concordanti, dai quali si ricavano i seguenti valori caratteristici dell'angolo di attrito interno:

profondità (m)	ϕ_k (angolo di attrito interno valore caratteristico)	c_k (coesione efficace valore caratteristico) (kN/m^2)	γ_n (peso di volume) (kN/m^3)
0,6	28°	0	18,5 – 19,5
2,1	30°	5	19 - 20
3	31°	5	19 – 20
3,9	30°	5	19 – 20
4,8	32°	5	19,5 - 21
5,4	36°	5	19,5 – 21
5,7	35°	5	19,5 – 21
9	33°	8	19,5 – 21
15	35°	10	19,5 – 21

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 17.01.18, si è fatto riferimento alle prospezioni sismiche realizzate nel comparto B (indagini pregresse) e nel comparto A (prospezione sismica MASW eseguita, a cura Techgea Servizi S.a.s.). In base alle prospezioni, eseguite nel comparto B, la velocità equivalente delle onde di taglio nei primi trenta metri (V_{s30}) risulta sempre compresa tra 390 e 562 m/s). Per quanto concerne la prospezione MASW eseguita nel comparto A, la velocità delle onde di taglio è stata calcolata nei primi 9 m di suolo partendo dall'attuale piano campagna, in quanto a profondità superiore essa risulta superiore a 800 m/s. Nei primi 9 m essa risulta pari a 398 m/s.

I risultati delle prospezioni consentono di collocare questi depositi 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, 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.

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.

Con riferimento alle caratteristiche geotecniche dei terreni, si sottolinea che 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 dell'assetto litostratigrafico.

Per quanto concerne il fattore topografico, il sito ricade nella categoria T1 tenuto conto della pendenza moderata e dell'altezza del crinale della dorsale rispetto al fondovalle inferiore a 30 m.

8 Pericolosità sismica

Sono di seguito riportati i parametri relativi alla *pericolosità sismica* del sito (come definita nell'allegato A delle NTC del DM 17.01.2018), ricavati con il programma "spettri di risposta ver. 1.03" del Consiglio Sup. Lavori Pubblici.

Coordinate baricentro dell'area: latitudine 44.19844 – longitudine 7.58373

Vita nominale (Vn)	50 anni	SLATO LIMITE	T _R	a _g	F _o	T _c [*]	
Classe d'uso (Cu)	II		[anni]	[g]	[-]	[s]	
Vita di riferimento (Vr)	50 anni		SLO	30	0,036	2,526	0,199
Categoria del suolo	B		SLD	50	0,049	2,488	0,225
Categoria topografica	T1		SLV	475	0,141	2,476	0,289
		SLC	975	0,185	2,486	0,304	

9 Pericolosità geomorfologica

In base alle indagini geologiche di corredo allo strumento urbanistico vigente (*Fig. 6*), l'area d'intervento ricade quasi interamente nella Classe II di idoneità all'utilizzazione urbanistica prevista dalla 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. Solo una piccola porzione nella parte sud - orientale dell'area del comparto A, ricade nella classe III non differenziata. Si fa presente, in proposito che nell'ambito di detta porzione dell'area non sono previsti significativi interventi e non sono comunque presenti situazioni di dissesto in atto e/o potenziale che possano costituire fattori di pericolosità geomorfologica e di rischio per eventuali opere di urbanizzazione.

Alla luce delle indagini eseguite, non si rileva la presenza di situazioni di dissesto che possano costituire particolare motivo di pericolosità per l'area in esame e l'intervento in progetto risulta compatibile con l'assetto morfologico locale e con le NTA del PRGC vigente.

10 Considerazioni geotecniche

Premesso che il modello litotecnico e geotecnico dovrà essere verificato a livello puntuale in fase di progetto esecutivo di ogni singolo lotto, le opere di fondazione dovranno essere posate sui terreni a tessitura grossolana presenti al di sotto di uno strato di suolo geotecnicamente scadente, con spessore variabile da 1,5 a 2 m.

Dal punto di vista idrogeologico, è ipotizzabile la presenza di una significativa circolazione idrica sotterranea, a carattere temporaneo, verosimilmente concentrata in corrispondenza di livelli preferenziali. In fase di progetto esecutivo di ogni singolo lotto si dovranno definire con maggiore dettaglio le soluzioni progettuali atte a tutelare le strutture in progetto e a non incidere negativamente sulle strutture sotterranee presenti nell'intorno delle medesime.

In particolare, si dovrà prevedere la realizzazione di dispositivi di drenaggio:

- Setti drenanti a tergo dei muri perimetrali interrati e/o di eventuali opere provvisionali;
- Drenaggi orizzontali a livello delle opere di fondazione.

Le acque potranno essere recapitate nel più vicini ricettori rappresentati dal Rio Milliborgo e dal T. San Giovanni.

In fase di progetto esecutivo di ogni singolo lotto si dovranno definire le soluzioni progettuali per lo smaltimento delle acque di prima pioggia che, in assenza di collettori urbani potranno essere recapitate nel Rio Milliborgo, previo passaggio in vasche di laminazione.

Per quanto concerne la caratterizzazione sismica dei terreni presenti nell'area in esame, si può adottare la categoria B dei profili stratigrafici del suolo di fondazione definiti nel DM 17.01.2018 (§ 7.3.1).

Per quanto concerne i fenomeni di liquefazione il settore risulta stabile (§ 7.3.2).

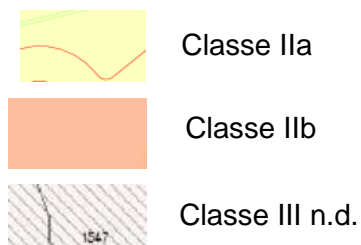
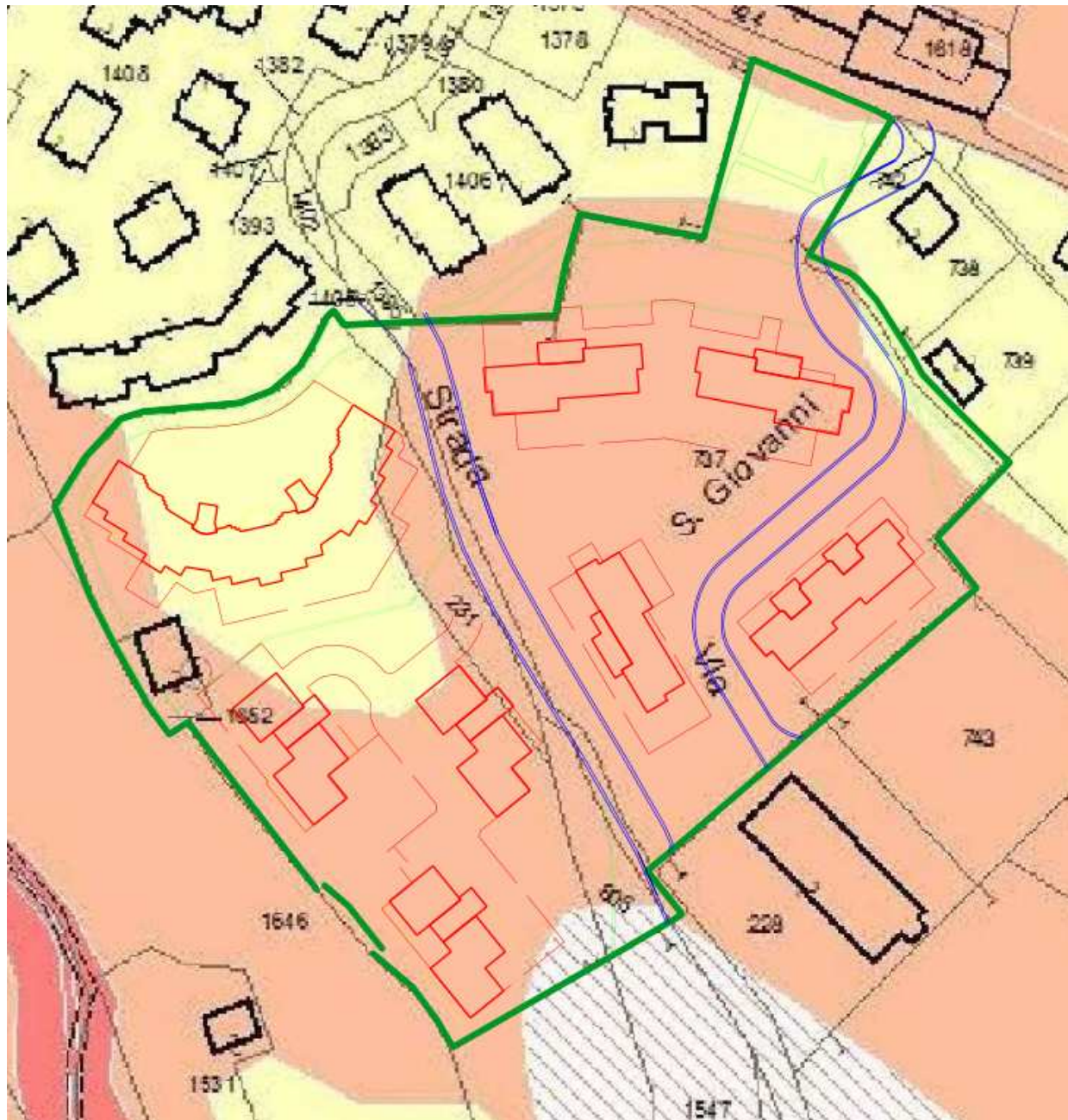


Fig. 6 – Estratto Carta di sintesi con sovrapposizione dell'area di PEC 3 TR2 G.2 Comparto A e dei relativi fabbricati (non in scala)

ALLEGATO 1

RELAZIONE TECNICA INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE COMPARTO B

PORTA ROSSA S.P.A.

CANTIERE: AMPLIAMENTO COMPLESSO RESIDENZIALE
LIMONE PIEMONTE (CN)

INDAGINE GEOGNOSTICA

Note tecnico – esecutive

INDAGINE GEOGNOSTICA

Ampliamento complesso residenziale – Limone Piemonte (CN)

Su incarico della società "Porta Rossa S.p.A." è stata eseguita, nelle giornate dal 19 novembre al 03 dicembre 2009, una indagine geognostica costituita da n° 2 sondaggi e da n° 5 prove penetrometriche dinamiche, ubicati nell'area di futuro ampliamento di un complesso residenziale, adiacente a via San Giovanni, nel territorio comunale di Limone Piemonte (CN); tale indagine aveva lo scopo di valutare l'assetto litostratigrafico e di acquisire i parametri geotecnici necessari alla progettazione delle opere di sostegno dei futuri scavi e di fondazione degli edifici in progetto.

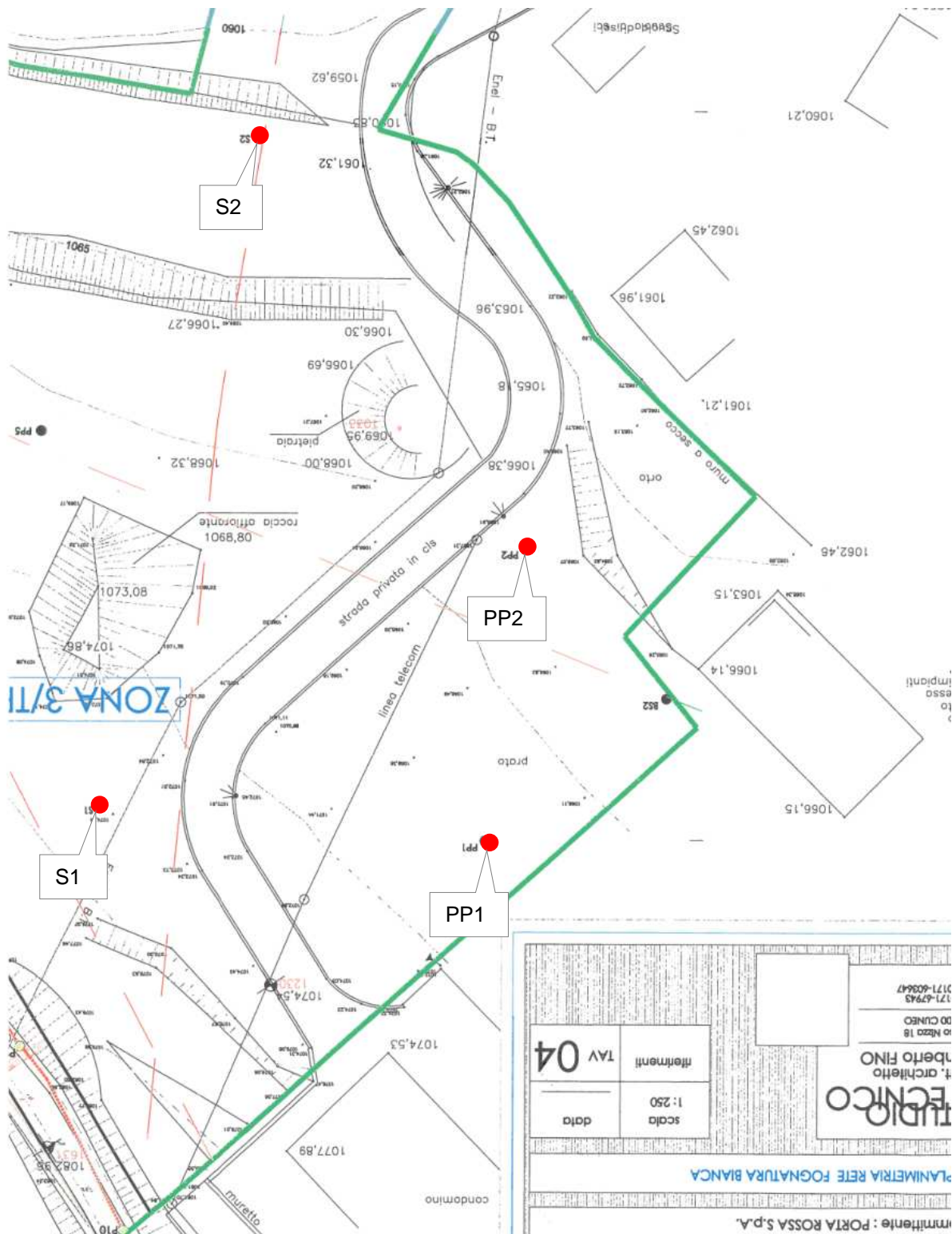
I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo CMV "MK 900 GL" montata su trattore gommato a trazione integrale; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici aventi Ø 131 e 101 mm e carotieri doppi tipo T6 aventi Ø 101 mm e muniti di corona diamantata. Per stabilizzare in corso d'opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori Ø 127 mm.

Il sondaggio S1 è stato spinto fino alla profondità di m 30.00 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n° 8 prove SPT (Standard Penetration Test); le risultanze e quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Il sondaggio S2 è stato spinto fino alla profondità di m 27.20 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n° 6 prove SPT; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata. Il sondaggio S2 è stato interrotto alla profondità di m. 27.20 per

UBICAZIONE SONDAGGI MECCANICI PREGRESSI COMPARTO B

Sondaggi a carotaggio continuo (S1 S2), prove penetrometriche considerate (PP1 PP2)



Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
17.00	6.00	16		Limo, limo argilloso e limo sabbioso con rara ghiaia fine; colore nocciola chiaro.								15.00	
17.30	0.30	17		Trovante di roccia dolomitica; colore grigio.									
	4.70	18		Limo, limo argilloso e limo sabbioso, competente ed addensato, con ghiaia eterometrica e sporadici ciottoli (diam. max 12-15 cm); colore nocciola grigiastro.	20.10							18.00	
		19										12-R	
		20											
		21											
22.00	1.00	22		Trovante di roccia dolomitica; colore grigio.		101		90				21.00	
23.00		23		Limo, limo sabbioso e sabbia limosa con abbondante ghiaia eterometrica e frequenti ciottoli (diam. max 15-18 cm).								24.00	
	7.00	24										25-42-R	
		25											
		26											
		27											
		28											
		29											
30.00		30								26.50			

Perforazione eseguita con carotiere doppio tipo T5 diam. 101 mm munito di corona diamantata da m. 7.30 - 8.50, da m. 17.00 - 17.30 e da m. 23.00 - 23.30.

Sondaggio S2 pag 1/2

Committente: Porta Rossa S.p.A.
Cantiere:
Località: Limone Piemonte (CN)
Data Inizio: 19/11/09 **Data Fine:** 25/11/09

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni	
0.40	0.40		1	Terreno rimaneggiato e di parziale riporto limoso sabbioso ghiaioso. Limo e limo sabbioso, addensato, con ghiaia eterometrica e piccoli ciottoli (diam. max 8-10 cm); colore bruno nocciola chiaro.								3.00		
			2									8-11-26		
			3											
			4											
			5											
	11.10		6										6.00	
			7										18-R	
			8											
			9										9.20	
			10										13-21-28	
			11											
11.50			12	Ghiaia eterometrica con abbondanti ciottoli (diam. max 18-20 cm) in abbondante matrice limosa e limoso sabbiosa addensata; colore nocciola chiaro grigiastro.								12.50		
			13										25-R	
			14											
	5.10		15											
					101	131	127	90						

Sondaggio S2 pag 2/2

Committente: Porta Rossa S.p.A.

Cantiere:

Località: Limone Piemonte (CN)

Data Inizio: 19/11/09

Data Fine: 25/11/09

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
16.60	5.10	16		Ghiaia eterometrica con abbondanti ciottoli (diam. max 18-20 cm) in abbondante matrice limosa e limoso sabbiosa addensata; colore nocciola chiaro grigiastro.								15.50 R (6 cm)	
17.10	0.50	17		Trovante di breccia dolomitica.									
24.00	6.90	18-24		Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli (diam. max 10-12 cm) in abbondante matrice limosa e limoso sabbiosa; colore da nocciola giallastro a grigio nocciola.		101	127	90				18.00 32-R	
25.10	1.10	25		Blocco di quarzite; colore bianco rosato.	24.20								
27.20	2.10	26-27		Successione di ciottoli e piccoli trovanti (diam. max 30 cm), prevalentemente quarziticci, in scarsa matrice sabbioso limosa.						25.00			

Perforazione eseguita con carotiere doppio tipo T6 diam. 101 mm munito di corona diamantata da m. 16.00 - 17.10 e da m. 24.00 - 27.20.
Sondaggio interrotto alla profondità di m. 27.20 per impossibilità di proseguire la posa del rivestimento oltre il trovante quarziticco di quota m. 24.00.

TABULATI PROVE PENETROMETRICHE

Committente: Porta Rossa S.p.A.

Cantiere:

Località: Limone Piemonte (CN)

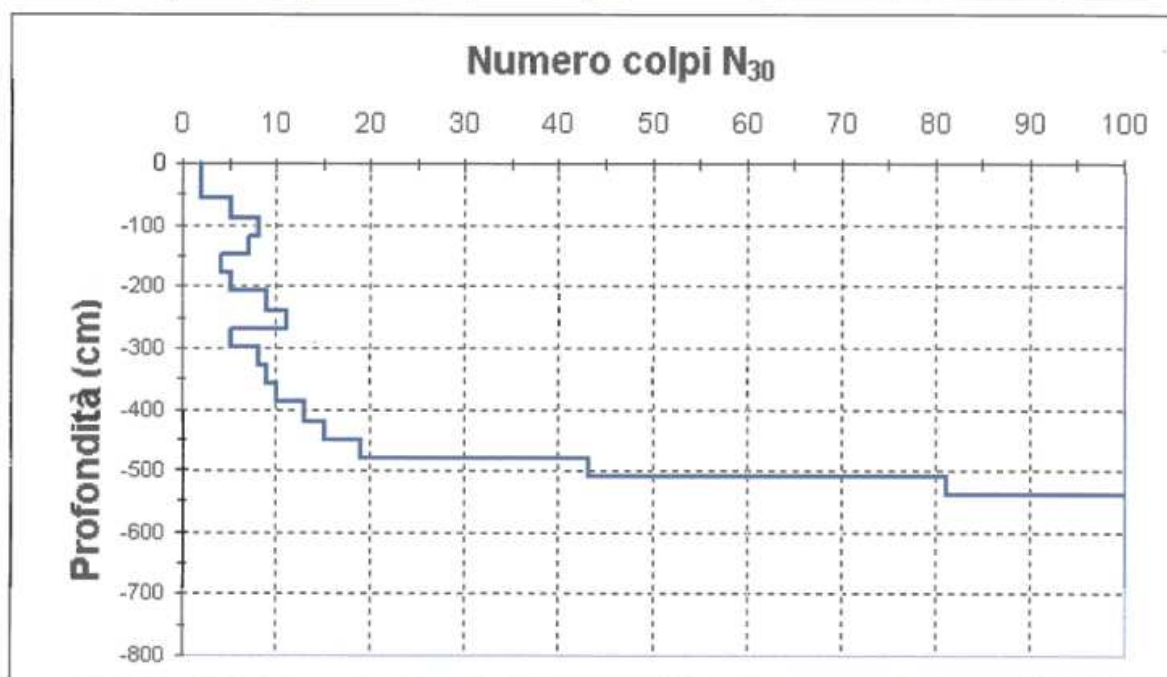
Data: 24/11/09

Prova n° 1

Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata
Quota di riferimento: p.c.

Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510	43	1020		1530	
30	2	540	81	1050		1560	
60	2	570	R	1080		1590	
90	5	600		1110		1620	
120	8	630		1140		1650	
150	7	660		1170		1680	
180	4	690		1200		1710	
210	5	720		1230		1740	
240	9	750		1260		1770	
270	11	780		1290		1800	
300	5	810		1320		1830	
330	8	840		1350		1860	
360	9	870		1380		1890	
390	10	900		1410		1920	
420	13	930		1440		1950	
450	15	960		1470		1980	
480	19	990		1500		2010	



Committente: Porta Rossa S.p.A.
Località: Limone Piemonte (CN)

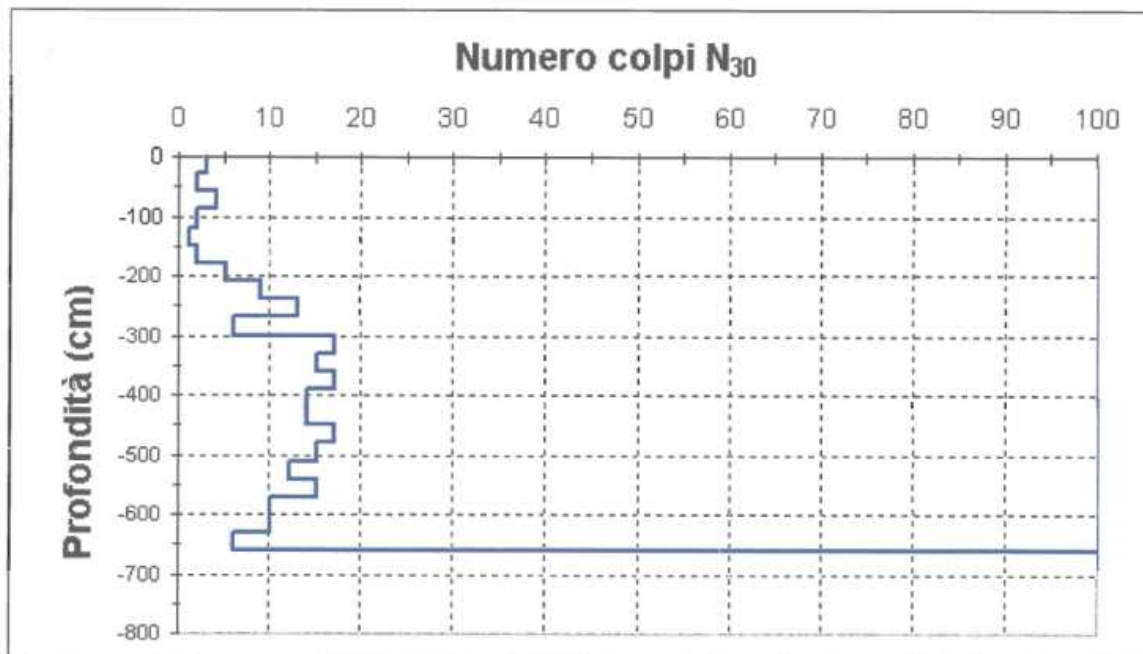
Cantiere:
Data: 24/11/09

Prova n° 2

Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata
 Quota di riferimento:
 p.c.

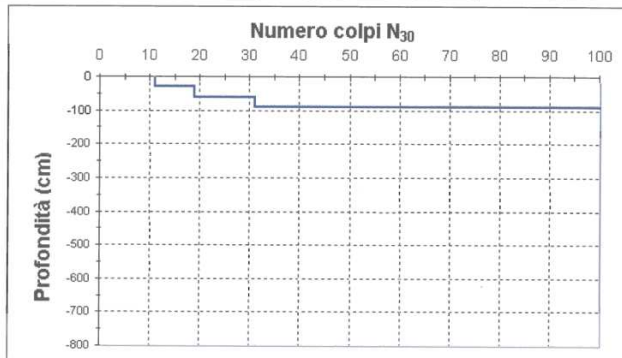
Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510	15	1020		1530	
30	3	540	12	1050		1560	
60	2	570	15	1080		1590	
90	4	600	10	1110		1620	
120	2	630	10	1140		1650	
150	1	660	6	1170		1680	
180	2	690	R	1200		1710	
210	5	720		1230		1740	
240	9	750		1260		1770	
270	13	780		1290		1800	
300	6	810		1320		1830	
330	17	840		1350		1860	
360	15	870		1380		1890	
390	17	900		1410		1920	
420	14	930		1440		1950	
450	14	960		1470		1980	
480	17	990		1500		2010	



Prova n° 3
 Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata
 Quota di riferimento: p.c.

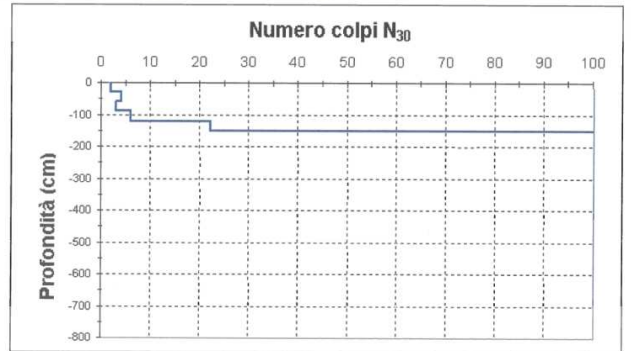
Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510		1020		1530	
30	11	540		1050		1560	
60	19	570		1080		1590	
90	31	600		1110		1620	
120	R	630		1140		1650	
150		660		1170		1680	
180		690		1200		1710	
210		720		1230		1740	
240		750		1260		1770	
270		780		1290		1800	
300		810		1320		1830	
330		840		1350		1860	
360		870		1380		1890	
390		900		1410		1920	
420		930		1440		1950	
450		960		1470		1980	
480		990		1500		2010	



Prova n° 4
 Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata
 Quota di riferimento: p.c.

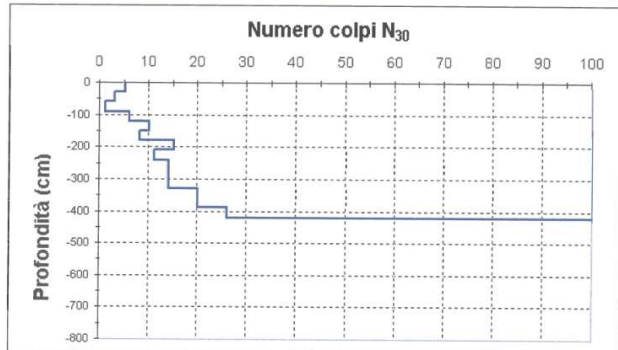
Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510		1020		1530	
30	2	540		1050		1560	
60	4	570		1080		1590	
90	3	600		1110		1620	
120	6	630		1140		1650	
150	22	660		1170		1680	
180	R	690		1200		1710	
210		720		1230		1740	
240		750		1260		1770	
270		780		1290		1800	
300		810		1320		1830	
330		840		1350		1860	
360		870		1380		1890	
390		900		1410		1920	
420		930		1440		1950	
450		960		1470		1980	
480		990		1500		2010	



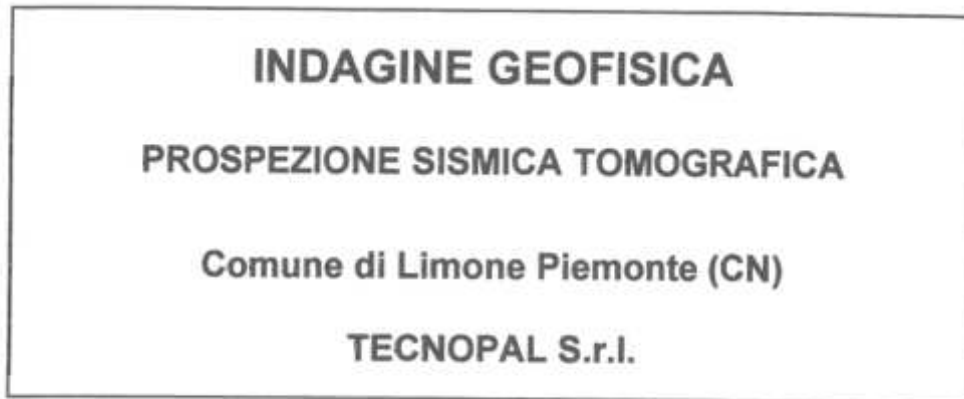
Prova n° 5
 Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata
 Quota di riferimento: p.c.

Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510		1020		1530	
30	5	540		1050		1560	
60	3	570		1080		1590	
90	1	600		1110		1620	
120	6	630		1140		1650	
150	10	660		1170		1680	
180	8	690		1200		1710	
210	15	720		1230		1740	
240	11	750		1260		1770	
270	14	780		1290		1800	
300	14	810		1320		1830	
330	14	840		1350		1860	
360	20	870		1380		1890	
390	20	900		1410		1920	
420	26	930		1440		1950	
450	R	960		1470		1980	
480		990		1500		2010	



ALLEGATO 2
PROSPEZIONE SISMICA COMPARTO B



Gennaio 2010

CIS GEOFISICA s.r.l.

Sede legale: Viale Cadorna, 5 – 21052 Busto Arsizio (Va)
Cell. +39 348-2531683 - Fax 02-700520970

Sede operativa di Piacenza Via Borghetto 80 29100
Tel +39 0523-385447 - Cell. +39 348-6949828 - Fax 02-700516377

email: info@cis-geofisica.it

www.cis-geofisica.it

1 – PREMESSA	2
2 – INDAGINI EFFETTUATE	2
3 – INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA - (BASATE SULLA PROPAGAZIONE DI ONDE RIFRATTE P E SH)	3
3.1 – ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI	5
4 – RISULTATI	7

ALLEGATI

1	Ubicazione delle indagini
2 a-d	Sezioni sismiche interpretate

1 – PREMESSA

Il giorno 29 settembre 2009, sono state eseguite delle indagini geofisiche nell'area di cantiere destinata all'ampliamento di un complesso residenziale nel comune di Limone Piemonte (CN), per conto e su incarico della società TECNOPAL S.r.l.

Lo scopo di queste indagini era definire i principali andamenti dei litotipi che compongono il sottosuolo e valutare la risposta sismica ai fini di una corretta microzonazione locale.

A tale scopo, le indagini geofisiche realizzate si sono avvalse di prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche rifratte P ed SH.

Gli andamenti rilevati sono visibili sugli elaborati grafici allegati.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti dalla indagini eseguite.

2 – INDAGINI EFFETTUATE

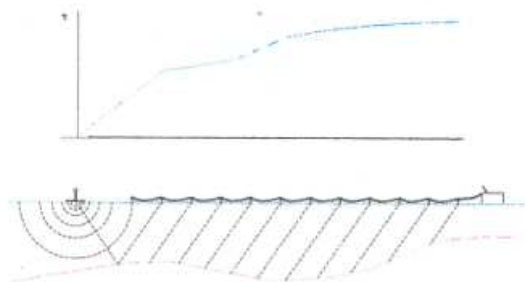
L'ubicazione delle indagini eseguite è stata condizionata dall'accessibilità del luogo ed è riportata nell'allegato 1 in scala 1:1000.

Di seguito il dettaglio delle prove:

Nome sezione	lunghezza (m)	passo geofoni	nr. Geofoni
Base 1	115	5	24
Base 2 a	115	5	24
Base 2 b	115	5	24
Base 3	115	5	24

3 – INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA - (BASATE SULLA PROPAGAZIONE DI ONDE RIFRATTE P E SH)

Queste indagini geosismiche hanno lo scopo di caratterizzare in modo dinamico, tramite la misura delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_{sh}), i litotipi presenti nell'area d'interesse e definirne la geometria di sviluppo nel sottosuolo.



Tale metodologia trova il miglior campo di applicazione per profondità di studio inferiori ai 30-40 metri da p.c. E' necessario che il volume di terreno sia caratterizzato da valori di velocità di V_p e V_s progressivamente crescenti con la profondità, infatti, come è noto, il principale limite di tale metodologia è rappresentato dal non poter distinguere ed individuare strati con velocità delle onde P e SH minori sottostanti a strati con velocità più elevate.

L'indagine consiste nel creare delle onde sismiche artificiali sulla superficie del terreno da investigare e registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prestabilite mediante geofoni a prevalente componente verticale ed orizzontale.

E' importante precisare che le onde SH dirette e rifratte costituiscono sempre il primo arrivo rispetto alle onde superficiali (onde di Love) e che per brevi stendimenti risultano sufficientemente forti da poter essere registrate. Inoltre con questo tipo di metodologia di studio non esistono le limitazioni connesse con l'orizzontalità degli strati proprie delle tecniche utilizzando le onde superficiali.

Il sistema sorgente utilizzato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali sia di tipo V_p che V_{sh} .

Per la ricezione dei segnali sono stati utilizzati dei geofoni verticali per le onde P a frequenza propria di 10 Hz e geofoni orizzontali per le onde Sh a frequenza propria 4,5 Hz.

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo Bison 9024 (DIFP) che consente la rappresentazione degli impulsi sismici mediante stampa su carta termica e visualizzazione su PC tramite un apposito programma; le prime onde rifratte vengono registrate simultaneamente su 12 - 24 geofoni e risulta possibile sommare fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore;



Sismografo Bison 9024 DIFP

- geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, e relativo cavo di collegamento a 24 fili;



Geofono elettromagnetico

- Minibang, mazza e coppia a pendolo

3.1 – ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI

La procedura elaborativa è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato su l'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method).
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate.
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale.
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascun strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ciascuno strato). Vi è una utile possibilità di modellizzare con la procedura GRM delle variazioni orizzontali di velocità che comunque risultano discrete e non continue.
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica). Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.
- Il file contenente le ubicazioni e le quote viene letto dal programma tomografico assieme al file contenente la matrice di velocità e la procedura di ray-tracing e di controllo viene attivata.
- Per prima cosa viene controllata la correttezza delle ubicazioni dei sensori e degli spari e quindi vengono visionati i percorsi dei raggi sismici e valutato il primo "fitting" con i dati misurati, allo scopo di iniziare la procedura tomografica senza la presenza di errori sistematici previamente correggibili.
- Lo scopo della procedura iterativa tomografica è quello di ridurre l'errore fra i tempi delle dromocrone calcolate in base al modello rispetto a quelle effettivamente misurate. Questo avviene per approssimazioni successive (iterazioni) controllate dall'operatore al quale è possibile intervenire nella scelta di molti coefficienti che influenzano il calcolo come anche nella scelta della procedura stessa che viene utilizzata per realizzare la minimizzazione degli errori.

- Il risultato finale sarà una matrice rappresentativa del terreno indagato costituita da celle ciascuna caratterizzata da una velocità sismica e tale complessivamente da presentare un errore minimo se utilizzata nella procedura di tracciamento dei raggi sismici.
- Questa matrice viene visualizzata tramite un opportuno programma di contouring utilizzando, se ritenuto necessario, diversi colori per diverse velocità

4 – RISULTATI

I risulti ottenuti sono dettagliatamente illustrati negli allegati grafici.

-Onde P

Dall'analisi delle sezioni tomografiche elaborate in onde P sono stati ricavati gli andamenti principali delle unità che rappresentano il sottosuolo indagato e ciò ha permesso di distinguere tre unità geosismiche principali.

La prima unità geosismica è caratterizzata da valori di velocità compresi tra 0 e 700 m/s. Dal punto di vista litostratigrafico è possibile associare a tale unità depositi costituiti da materiale grossolano poco consolidato di natura molto eterogenea che rappresentano la probabile copertura detritica superficiale. I limiti dell'unità sono definiti superiormente dalla superficie topografica mentre, inferiormente, da una linea tratteggiata di colore blu.

La seconda unità geosismica mostra valori di velocità compresi tra 700 e circa 2200 m/s. Dal punto di vista litostratigrafico è possibile associare a tale unità un probabile deposito morenico eterogeneo ben consolidato, così come definito anche dalle tarature dei sondaggi meccanici.

I limiti dell'unità geosismica sono definiti superiormente da una linea tratteggiata di colore blu ed inferiormente da una linea tratteggiata di colore rosso. Gli spessori di questa unità geosismica sono spesso molto consistenti.

La terza unità geosismica ha valori di velocità superiori a 2200 m/s. Dal punto di vista litostratigrafico è possibile associare a tale unità la parte più sovraconsolidata del probabile deposito morenico eterogeneo oppure, al passaggio al cappellaccio roccioso in parte alterato e fratturato del substrato di base.

L'unità è delimitata superiormente da una linea rossa tratteggiata.

-Onde S

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate, è stato possibile anche valutare il valore di V_{s30} calcolato secondo la formula sotto esplicitata.



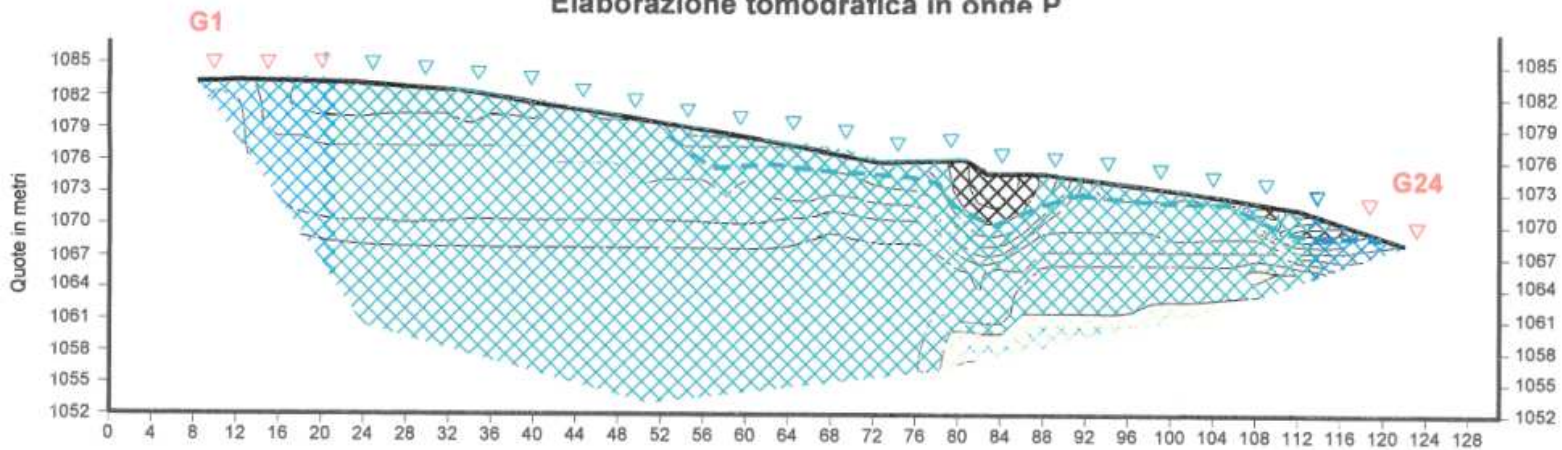
Per ciascuna sezione sismica, il valore V_{s30} è stato calcolato lungo due punti ritenuti rappresentativi per valutare ed escludere la presenza di grosse variazioni laterali di tale parametro. In realtà le velocità sono risultate tutte abbastanza omogenee; le variazioni possono essere imputate al diverso grado di consolidazione del deposito ma, in generale non mutano il significato del parametro V_{s30} calcolato. Infatti, in tutte le sezioni sismiche, il parametro V_{s30} si è sempre mostrato compreso nella categoria B dei suoli di fondazione (valori di velocità inferiori a 800 m/s ma superiori a 360 m/s).

secondo la distinzione indicata dal O.P.C.M. 3274/03 (tipiche di sabbie e ghiaie molto addensate o limi e argille molto consistenti) con i valori di V_{s30} misurati che variano da 390 a circa 562 m/s.

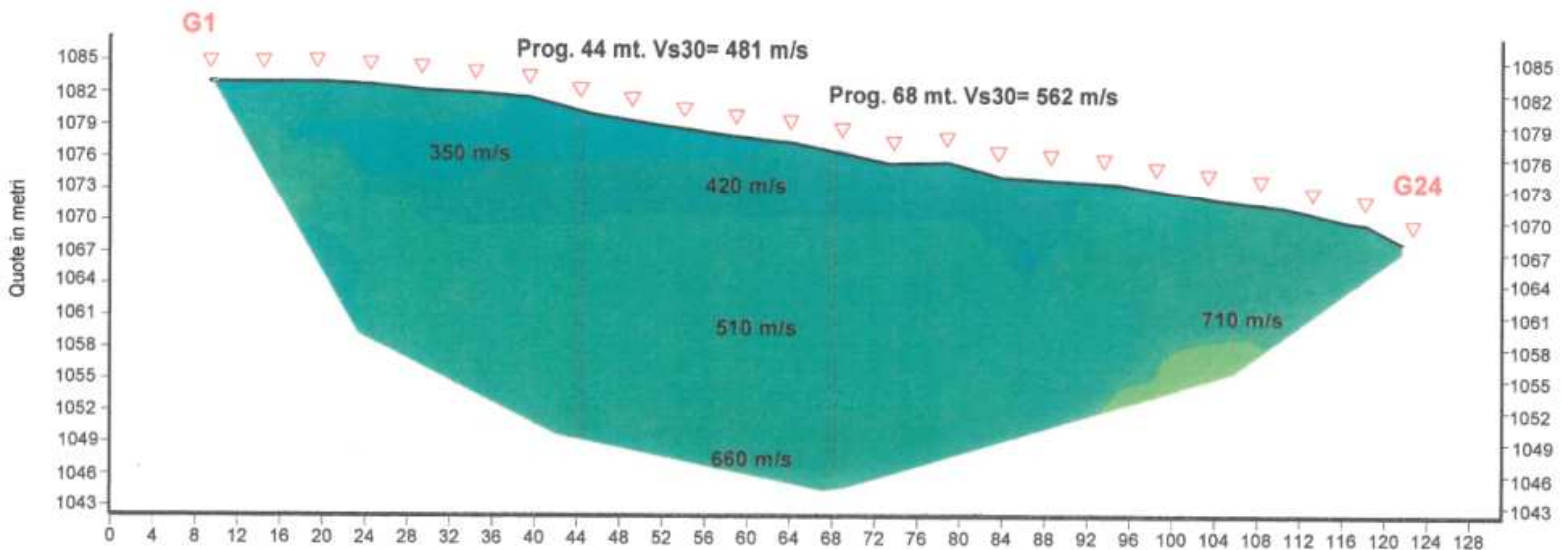
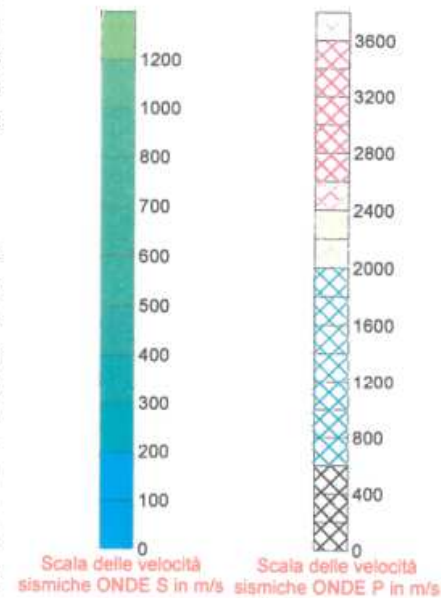
Nelle rappresentazioni grafiche sono stati indicati solo alcuni dei valori numerici delle velocità VSH utilizzate per determinare il parametro V_{s30} . Le velocità indicate, insieme all'incremento grafico di tonalità dei retini, servono a dare un'idea di come la velocità VSH vari sia lateralmente che in profondità lungo le sezioni indagate.

Merita essere ricordato che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

Elaborazione tomografica in onde P



Velocità sismiche misurate



Elaborazione tomografica in onde S



INDAGINE GEOFISICA

Comune di Limone Piemonte

Microzonazione sismica

Committente: Tecnopal S.r.l.

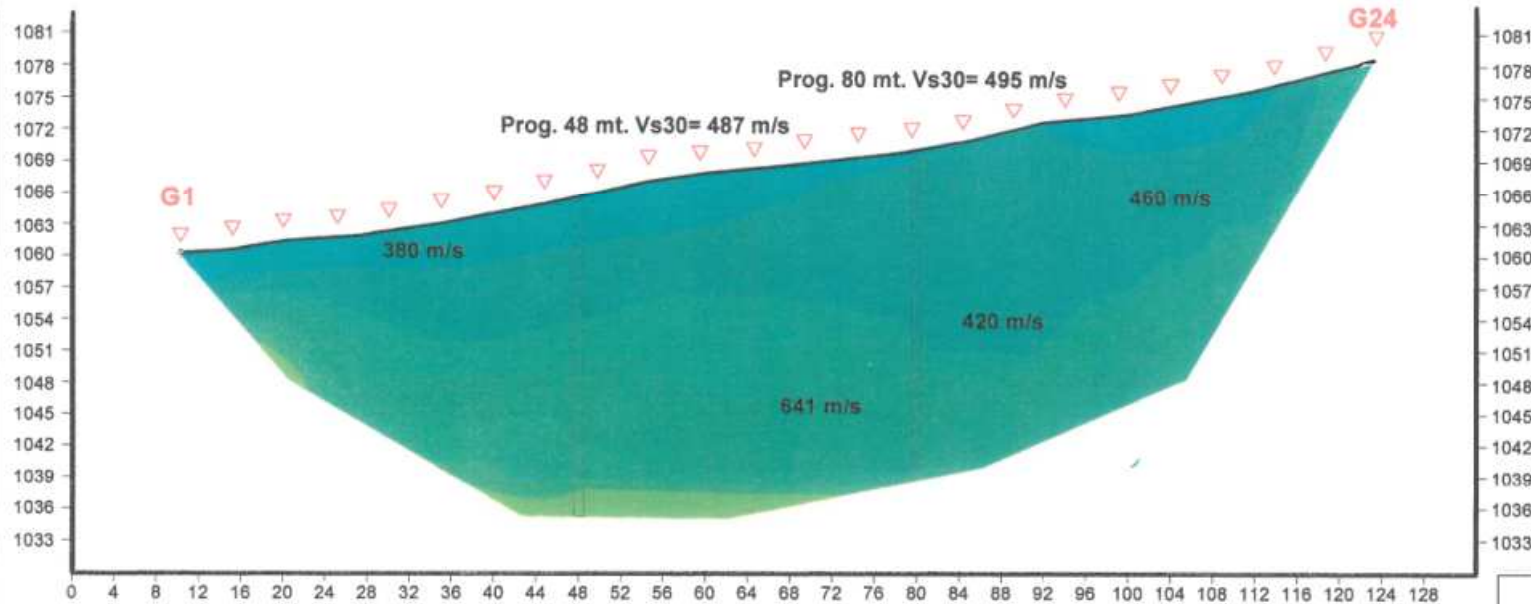
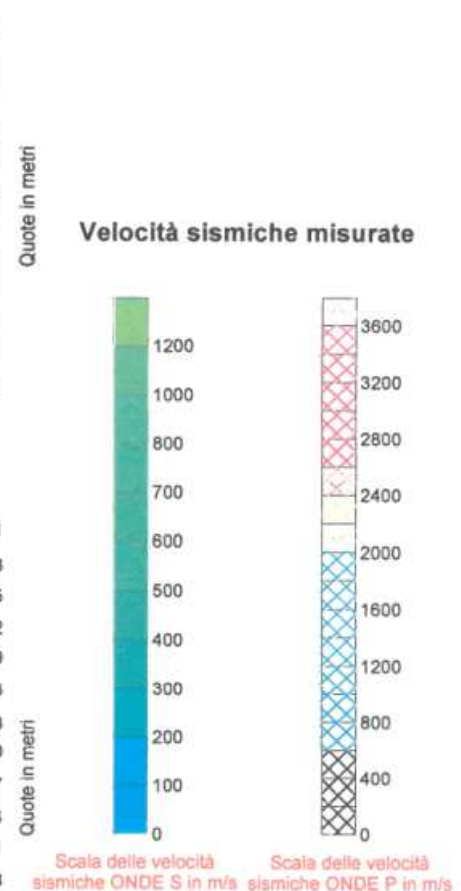
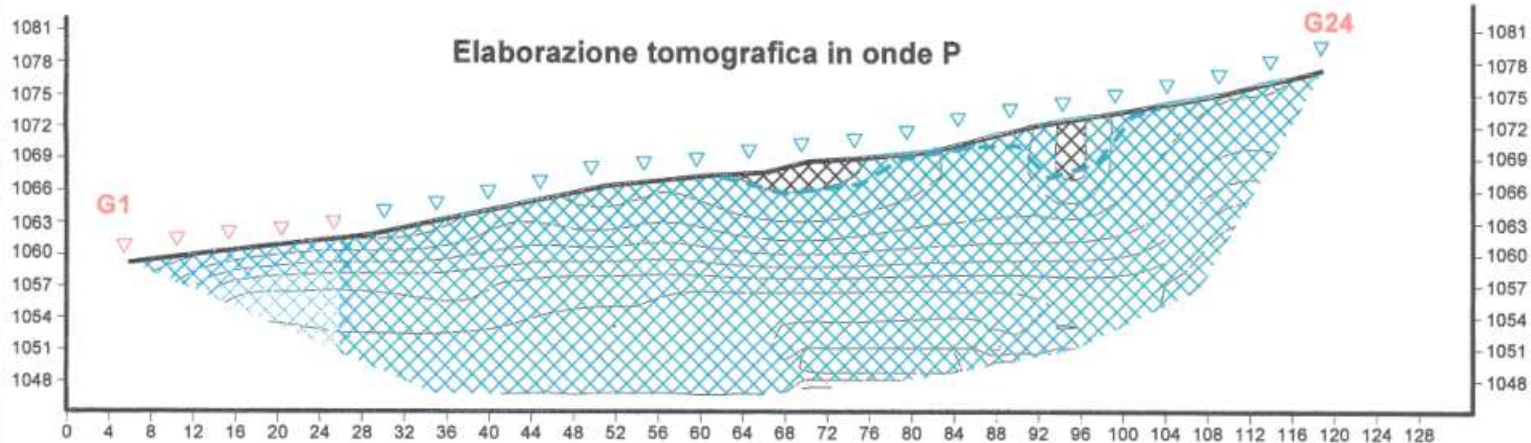
Interpretazione sismica base 1

All.2/a

Gennaio 2010



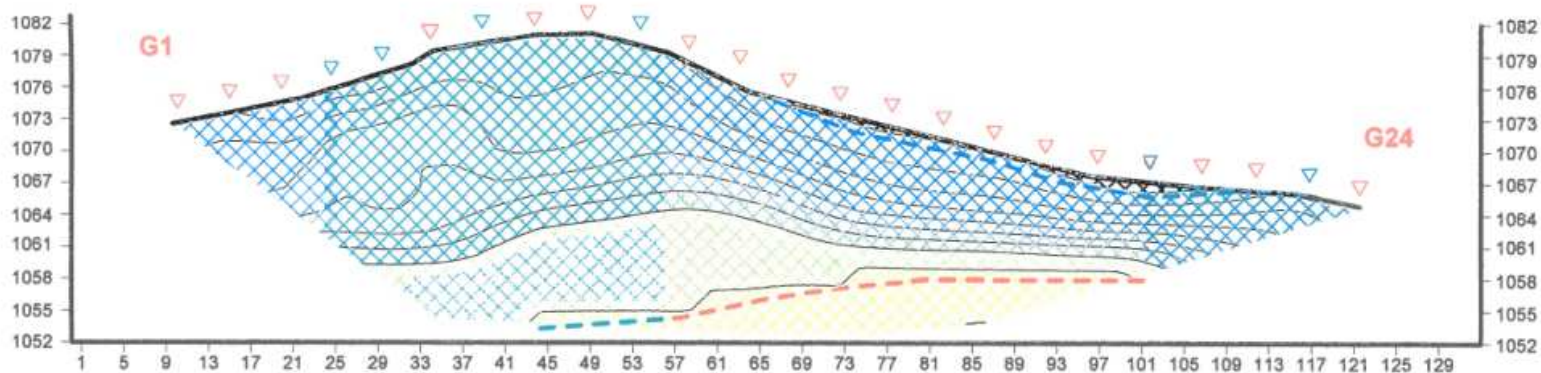
CIS
Geofisica s.r.l.



- #### LEGENDA
- Superficie topografica
 - Velocità sismica associabile alla possibile copertura detritica superficiale non consolidata
 - Velocità sismica associabile alla possibile copertura eterogenea consolidata
 - Velocità sismica associabile ad un possibile deposito sovraconsolidato o al cappelliccio roccioso superficiale alterato e/o fratturato
 - Posizione geofoni

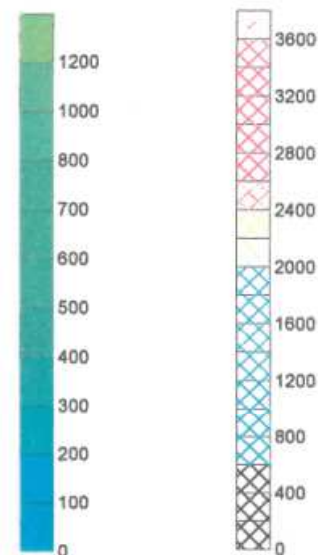
INDAGINE GEOFISICA		
Comune di Limone Piemonte		
Microzonazione sismica		
Committente: Tecnopal S.r.l.		
Interpretazione sismica base 2A		
All.2/b	Gennaio 2010	CIS Geofisica s.r.l.

Elaborazione tomografica in onde P

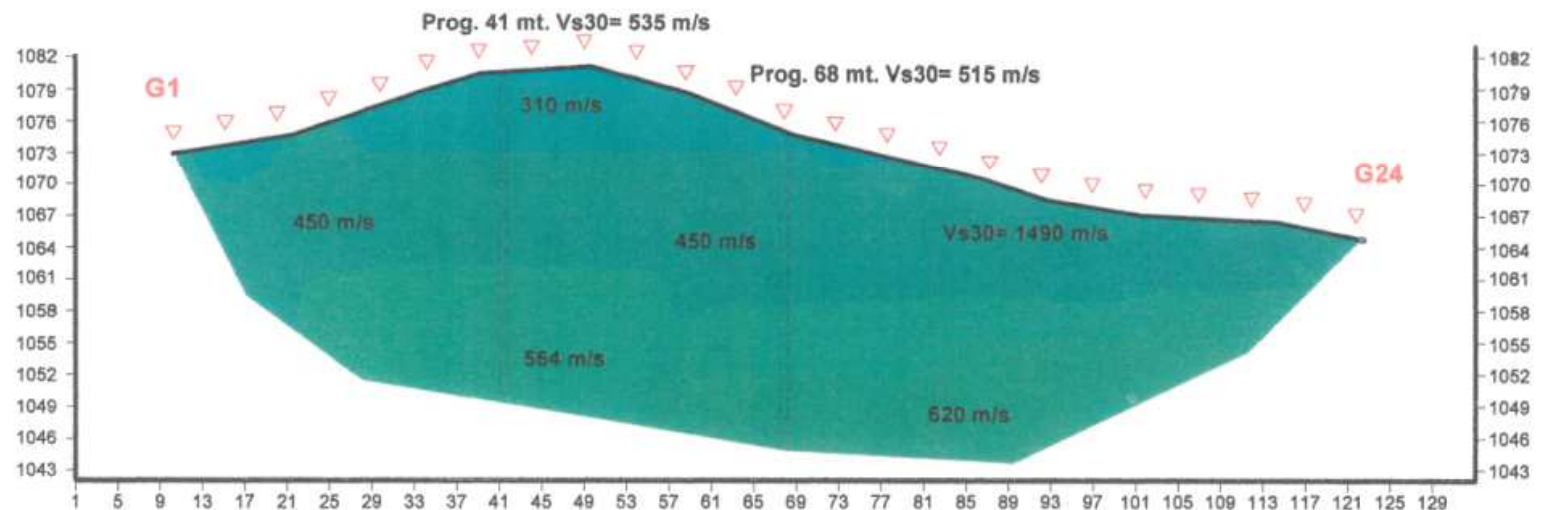


Velocità sismiche misurate

Quote in metri



Scala delle velocità sismiche ONDE S in m/s Scala delle velocità sismiche ONDE P in m/s



Elaborazione tomografica in onde S

LEGENDA

G1 G12 Posizione geofoni

- Superficie topografica
- Velocità sismica associabile alla possibile copertura detritica superficiale non consolidata
- Velocità sismica associabile alla possibile copertura eterogenea consolidata
- Velocità sismica associabile ad un possibile deposito sovraconsolidato o al cappelliccio roccioso superficiale alterato e/o fratturato

INDAGINE GEOFISICA

Comune di Limone Piemonte

Microzonazione sismica

Committente: Tecnopal S.r.l.

Interpretazione sismica base 2B

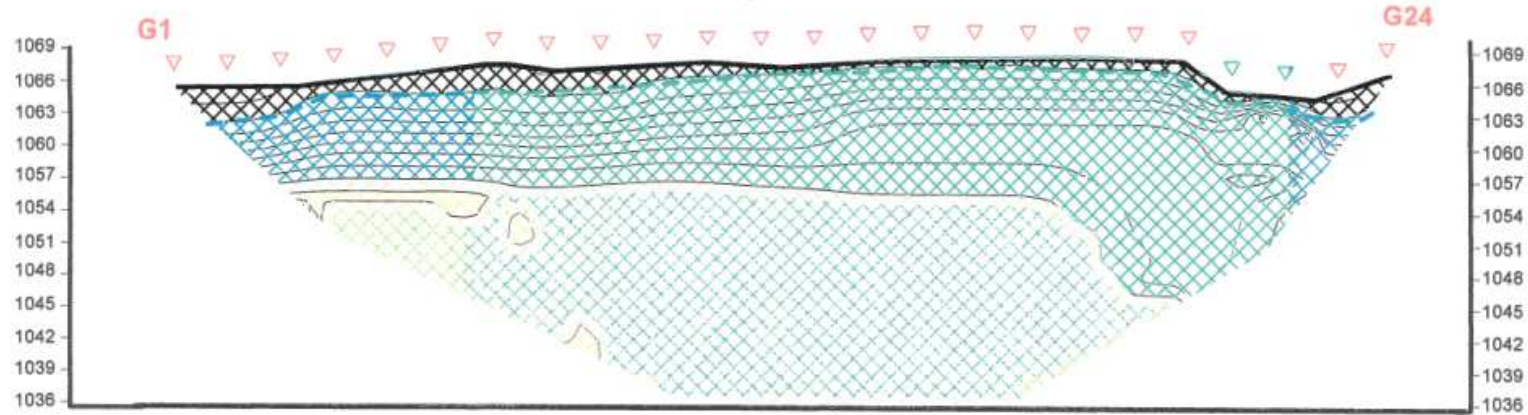
All.2/c

Gennaio 2010

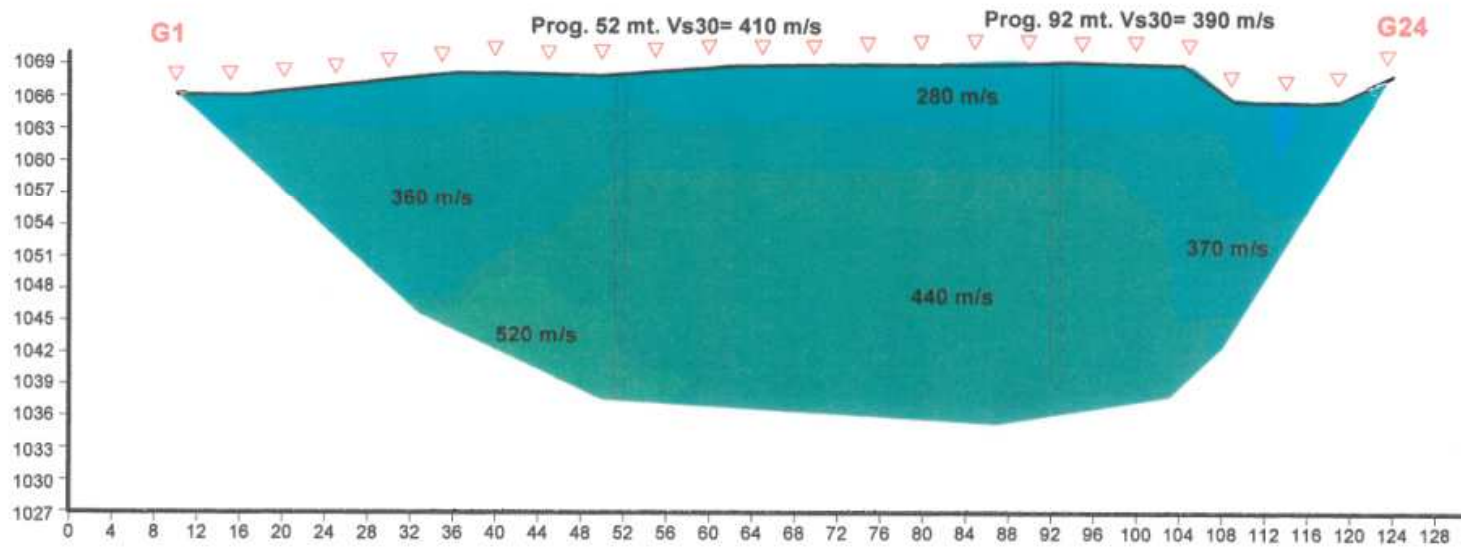
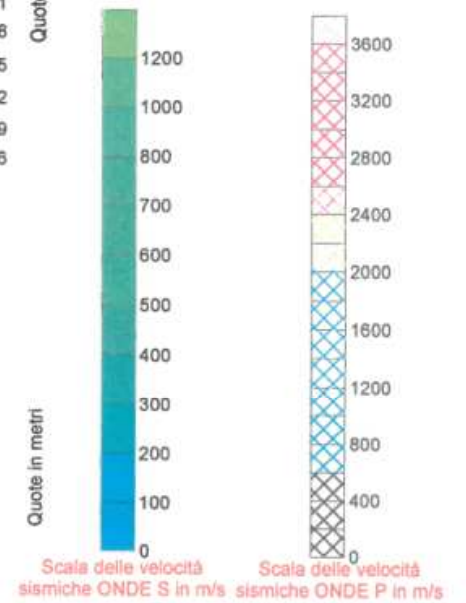


CIS
Geofisica s.r.l.

Elaborazione tomografica in onde P



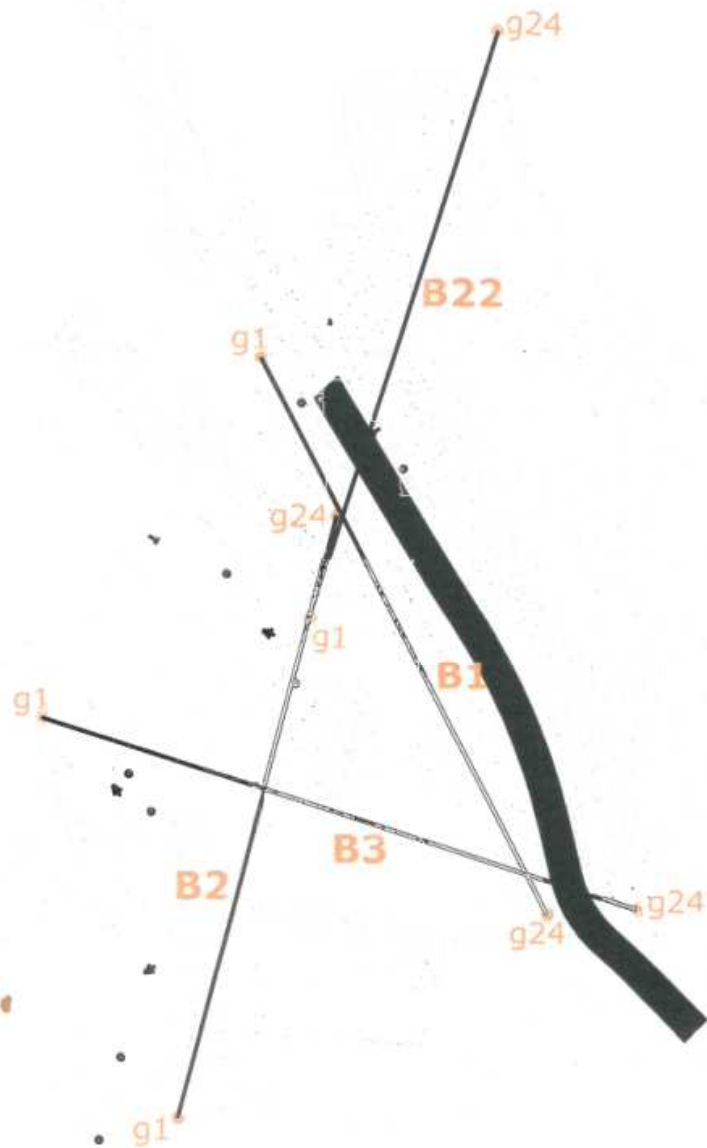
Velocità sismiche misurate



Elaborazione tomografica in onde S

- LEGENDA**
- Superficie topografica
 - Velocità sismica associabile alla possibile copertura detritica superficiale non consolidata
 - Velocità sismica associabile alla possibile copertura eterogenea consolidata
 - Velocità sismica associabile ad un possibile deposito sovriconsolidato o al cappellaccio roccioso superficiale alterato e/o fratturato
 - G1
 - G12
 - Posizione geofoni

INDAGINE GEOFISICA	
Comune di Limone Piemonte	
Microzonazione sismica	
Committente: Tecnopall S.r.l.	
Interpretazione sismica base 3	
All.2/d	Gennaio 2010
	CIS Geofisica S.r.l.



LEGENDA



Ubicazione degli Stendimenti Sismici
Indicazione del nome della base
sismica e posizione dei geofoni estremi

Scala 1:1000

INDAGINE GEOFISICA	
Comune di LIMONE PIEMONTE (CN)	
INDAGINE SISMICA	
UBICAZIONE DELLE INDAGINI	
	Allegato 1
GENNAIO 2010	
CIS GEOFISICA SERVIZI DI GEOFISICA APPLICATA	

ALLEGATO 3
PROSPEZIONE SISMICA MASW COMPARTO A

Arnaudo Osvaldo - "Porta Rossa spa" Via Alessandro Manzoni 45 20121
Milano & Cost Ralph - "Sviluppo Attività Immobiliari srl" Via Galliano 15 Torino

Sito di indagine:

Limone Piemonte - area 3TR2G.2



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

Relazione Tecnica

Relazione n.: 4077/18
Revisione n.: 0
Data: 17/17/2018
Redatto da: Dott. Marco Bacenetti
Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi

1	Introduzione	pag. 1
2	Strumentazione utilizzata	pag. 1
3	Acquisizione ed elaborazione dati	pag. 1
4	Normativa sismica vigente	pag. 2
5	Risultati della prova MASW	pag. 4

ALLEGATO A Certificato esito prova MASW

ALLEGATO B Cenni teorici sulla metodologia MASW

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate presso:

Sito: Limone Piemonte - area 3TR2G.2		Regione: Piemonte			
Norm. regione: D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 e s.m.i.		Zona sismica: 3S			
Progetto: Classificazione sismica					
Coordinate GPS	Datum: WGS84	Proiezione: UTM	Zona: 32T	EST: 386778	NORD: 4894895

Scopo dell'indagine è definire il parametro $V_{s_{eq}}$ per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 17.01.2018 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 IV, 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 Appendice B.

3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come detto nel capitolo introduttivo, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata in Allegato A – pag. 1).

La prova, secondo quanto previsto dagli standard internazionali riportati nella Tabella 1 della pagina seguente, è stata eseguita con un set-up di acquisizione composto da:

Geofoni	Numero 24	Frequenza [Hz] 4.5	Interasse [m] 1.5	Lungh. linea [m] 34.5
Energizzazioni	Mazza [Kg] 10	Punti energ. [n°] 7	Max dist.da G1 [m] 15	Min dist.da G1 [m] 0

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine

Recommended Values in ()														
Depth (Z_{max}) ¹ (m)	Source (S) ² (lb)	Receiver (R) ³ (Hz)	Receiver Spread (RS) (m)				SR Move ⁶ (dx)			Recording ⁸				
			Length ⁴ (D)	Source Offset ⁵ (X ₁)	Receiver Spacing (dx)		Lateral Resolution ⁷			dt ⁹ (ms)	T ¹⁰ (sec)	Vertical Stack ¹¹		
					24-ch*	48-ch	High	Medium	Low			C	N	VN
≤ 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)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
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)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
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)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
10-20	≥ 10 (20)	≤ 10 (4.5)	10-60 (30)	2-60 (10)	0.4-2.5 (1.5)	0.2-1.2 (1.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
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)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
30-50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	30-150 (70)	6-150 (15)	1.2-6.0 (3.0)	0.6-3.0 (2.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-3.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
> 50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	≥ 1.0 (2.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 6.4.1 (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.

4 NORMATIVA SISMICA VIGENTE

La normativa vigente individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) e viene calcolata mediante l'espressione:

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

h_i = spessore dello strato i-esimo (espresso in m)
 $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio dell'i-esimo strato (espressa in m/s)
 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

Nella Tabella 2 riportata nella pagina seguente, si presenta la classificazione sismica prevista dal Decreto Ministeriale del 17.01.2018 (T.U. costruzioni).

Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo la vigente normativa sismica italiana

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	$V_{s,eq}$ [m/s]
A	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	> 800
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.	< 800 > 360
C	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	< 360 > 180
D	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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 a 180 m/s.	< 180 > 100
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, 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 suddette classi di suolo consentono il calcolo semplificato delle azioni sismiche secondo le indicazioni fornite al § 3.2.3 delle NTC 2018; per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

5 RISULTATI DELLA PROVA MASW

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato in Allegato A – pag. 2, evidenzia un assetto sismo-stratigrafico descritto nella tabella seguente.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 2	Livello superficiale costituito da materiali rimaneggiati e depositi sciolti o debolmente addensati. Non si esclude la presenza di blocchi.	151 ÷ 174
2	2 ÷ 9	Secondo sismostrato costituito da depositi ad addensamento crescente con la profondità. Materiali in parte assimilabili a rocce tenere.	174 ÷ 709
3	9 ÷ 12	Terzo sismostrato esteso oltre la massima profondità di indagine, costituito da materiali con velocità delle onde sismiche < 800 m/s.	< 800 m/s

Il valore di $V_{S,eq9}$ calcolato al piano campagna è pari a 398 m/s. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

$V_{S,eq9}$ [m/s]	Classe di suolo	Profilo stratigrafico
398	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.

Techgea S.r.l.

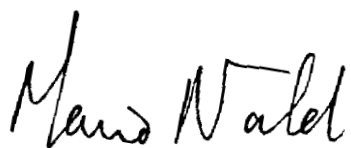
Relazione redatta da:

Dott. Marco Bacenetti



Controllata da:

Dott. Geol. Mario Naldi



ALLEGATO A
Certificato esito prova MASW

COMMITTENTE	0
RELAZIONE	4077/18
LOCALITA'	Limone Piemonte - area 3TR2G.2
DATA	17/17/2018

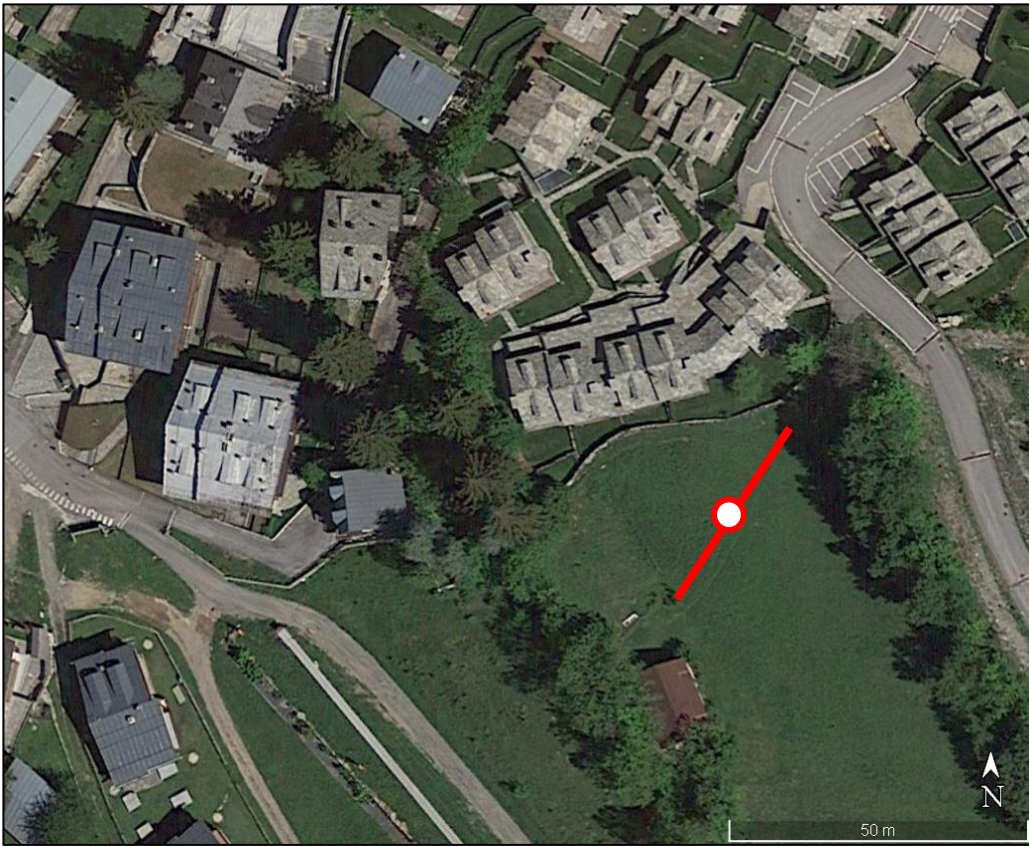
Azienda certificata UNI EN ISO
9001:2008
Certificato n. IT246983
Bureau Veritas Italia S.p.A.



ALLEGATO A

Pagina 1

UBICAZIONE INDAGINE MASW

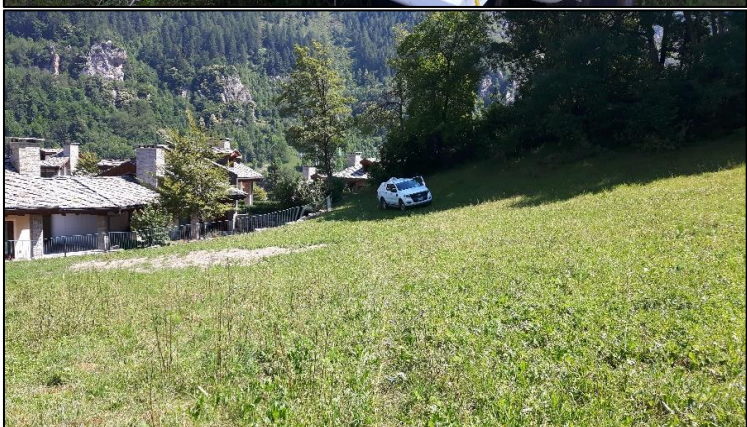


LEGENDA

- Stendimento linea MASW
- Centro linea MASW Ubicaz. profilo Vs9

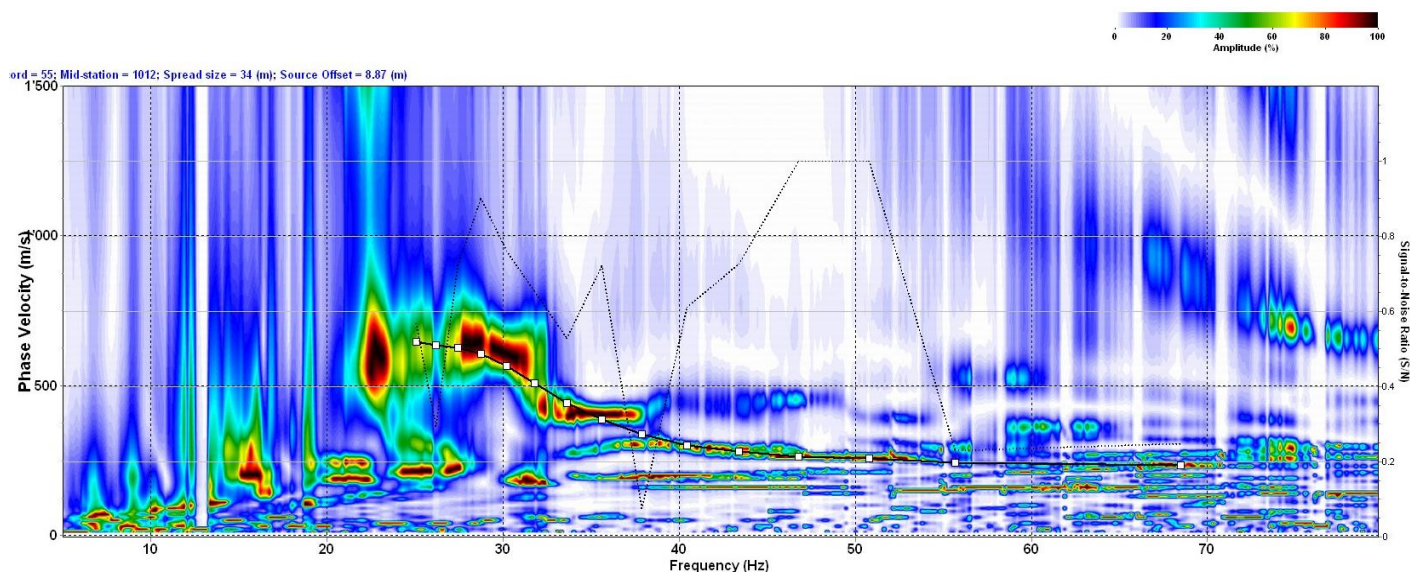
Ubicazione centro MASW	
Coordinate UTM WGS84	
Zona	32T
EST	386778
NORD	4894895

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

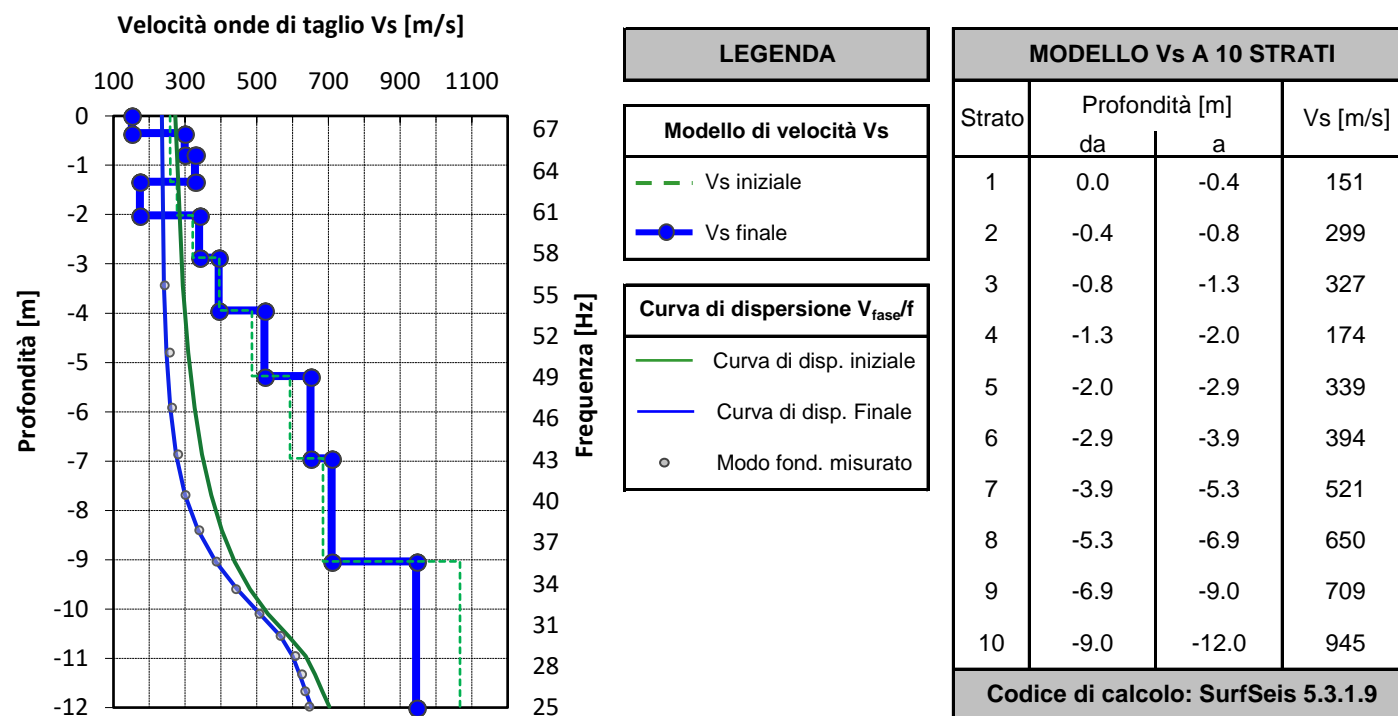


COMMITTENTE	0	SISMOGRAFO	DAQ LINK IV	
RELAZIONE	4077/18	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Limone Piemonte - area 3TR2G.2	ACQUISITION TIME	1.0 s	ALLEGATO A
DATA	17/17/2018	SAMPLE INTERVAL	0.50 ms	Pagina 2

PROVA MASW - CURVA DI DISPERSIONE DELLE ONDE DI RAYLEIGH



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs eq9 [m/s]
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.	398 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)

ALLEGATO B
Cenni sulla metodologia MASW

CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multimodale: 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 nelle Figure 1, 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

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

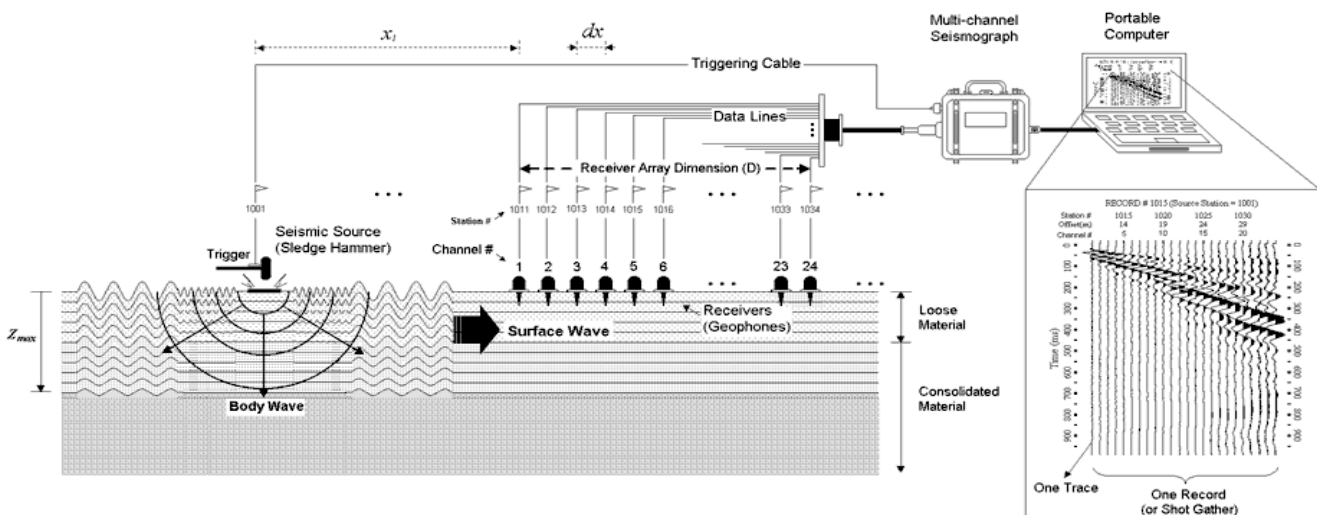


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

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 4.0.2, 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 la curva di dispersione delle 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 che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali, nonché 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).

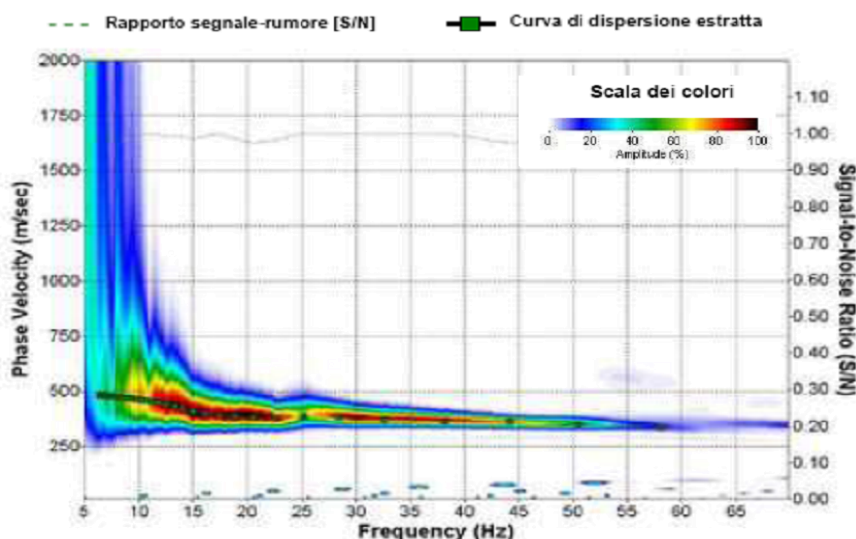


Figura 2 - Curva di dispersione della velocità V_s in funzione della frequenza e della velocità di fase

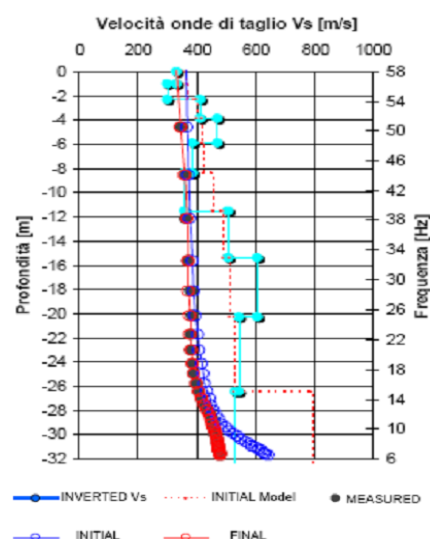


Figura 3 - Modello di propagazione delle velocità delle onde V_s