

COMUNE DI VICENZA



## PARCO DELLA PACE PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

### RGGS.2

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA  
INDAGINI GEOGNOSTICHE

GIUGNO 2017

Rev.00 26.06.2017 EMISSIONE

redatto	ITS-GL
verificato	ITS-GL
approvato	PAN-GS/BS

ATI - registrata a Milano l'11-12-2015 n°44454 serie IT • Capogruppo : PAN ASSOCIATI srl



PAN ASSOCIATI srl • c.f./p.IVA 13352030152  
Milano: via don Carlo Porro 6 Cap. 20128 • tel. 022578982 • fax 022579836 • studio@panassociati.it  
*progettisti:* dott. for. Benedetto Selleri, arch. Gaetano Selleri



ITS SRL • c.f./p.IVA 02146140260  
Pieve di Soligo (TV): via Corte delle Caneve n. 11  
Cap. 31053 • tel. 043882082 • fax 0438980622  
info@its-engineering.com  
*progettisti:* ing. Giustino Moro



FRANCO ZAGARI • p.IVA 07044480585  
Roma: via Giuseppe Andreoli n. 2 Cap. 00195  
tel. 0668801702 • fax 0668808073  
info@francozagari.it  
*progettisti:* arch. Franco Zagari



ESTUDI MARTI FRANCH ARQUITECTURA DEL  
PAISATGE SL • c.f./p.IVA ESB55218754  
Girona (Spagna): C/Joaquim Vayreda, 63 13-Cap.17001  
tel. +34 972214846 • fax +34 972214846 • emf@emf.cat  
*progettisti:* dott. Martí Franch

GINO LUCCHETTA • p.IVA 02005760265  
Pieve di Soligo (TV): via Rivette n. 9/2 Cap. 31053  
tel. 0438842312 • fax 0438842312  
ginolucchetta@libero.it  
*progettisti:* dott. Gino Lucchetta

consulenti



ASPROSTUDIO  
Contrà S.Ambrogio 19 , 36100 (Vicenza)  
tel: +390444545786 • info@asprostudio.it  
*responsabile del servizio:*  
Claudio Bertorelli, arch. Francesco Dal Toso

Victor Tenez,  
Riccardo Gini,  
Miriam Garcia,  
Massimo Venturi Ferriolo.

## SOMMARIO

---

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINI ESEGUITE</b>	<b>3</b>
2.1	Prove penetrometriche.....	4
2.2	Prove sismiche.....	7

---

<b>3</b>	<b>ASPETTI GEOTECNICI</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>ASPETTI SISMICI</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>11</b>

## INTRODUZIONE

Il progetto del Parco della Pace di Vicenza, oltre alla realizzazione del Parco propriamente detto prevede anche la ristrutturazione degli hangar.

La presente relazione integra e completa la relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica, datata Agosto 2016, con gli approfondimenti di indagine eseguiti al contorno dei tre fabbricati esistenti, adibiti ad hangar aeroportuali, per i quali il progetto prevede l'adeguamento statico e sismico. I tre fabbricati sono evidenziati nella foto aerea a lato.

Tutti i contenuti e le valutazioni della relazione geologica datata agosto 2016 sono confermati ed a essi si rimanda per gli inquadramenti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici.



## INDAGINI ESEGUITE

Le informazioni sul sottosuolo a disposizione, descritte nella relazione geologica dell'Agosto 2016, risultavano sufficienti per l'area del campo di volo dell'ex aeroporto ma piuttosto carenti per la zona dei tre hangar: l'indagine più vicina, a circa 50 m a W del terzo hangar (quello più a Sud) è una delle verticali indagate da Geothecna srl nel 2006.

Ai fini della caratterizzazione del sito dei tre hangar si è quindi deciso di eseguire alcune prove penetrometriche per valutare stratigrafia e caratteristiche geotecniche del sottosuolo oltre ad una stesa sismica attiva/passiva per definire il profilo di velocità del sottosuolo e misure HVSR per ricavare la frequenza propria del terreno in sito.

### Prove penetrometriche

Ai fini della caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sito sono state eseguite cinque prove penetrometriche in corrispondenza di punti significativi al contorno dei fabbricati.

In allegato sono riportati i rapporti di prova con la loro localizzazione.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche e le modalità di esecuzione delle prove penetrometriche.



Sono state eseguite 4 prove statiche CPT e 1 prova penetrometrica dinamica DPSH; le prove sono state condotte fino a rifiuto ovvero fino alla massima capacità di penetrazione dello strumento utilizzato.

Per la localizzazione si veda la planimetria riportata a lato.

Lo strumento utilizzato, della ditta GEOPROVE S.a.s. di Vicenza, ha le seguenti caratteristiche:

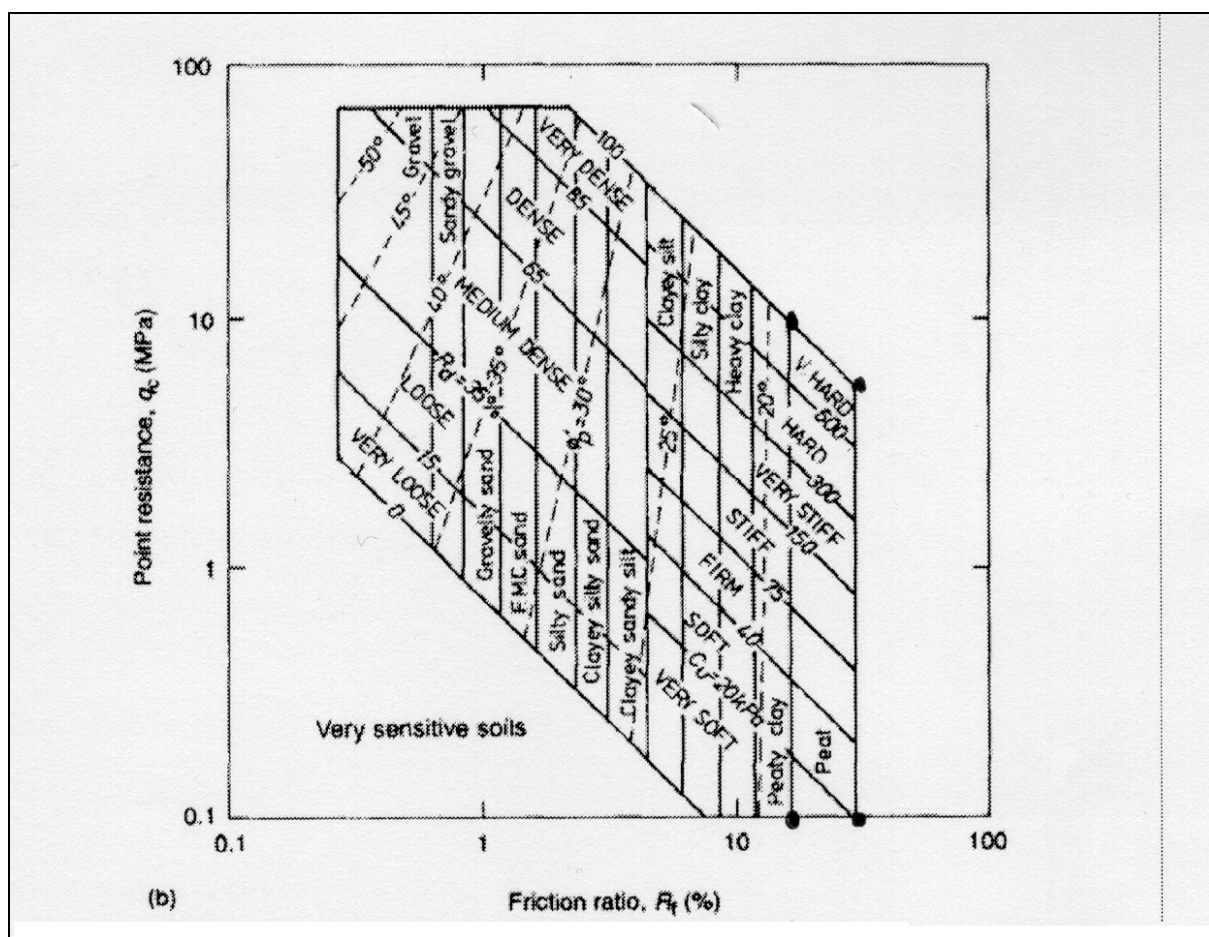
Penetrometro statico, tipo Pagani da 20 tonnellate di spinta, autocarrato e ancorabile al suolo con due vitoni. La punta conica ha sezione di  $10 \text{ cm}^2$  ed angolo di apertura di  $60^\circ$  ed è dotata di manicotto cilindrico con area di  $150 \text{ cm}^2$  (punta Begemann). L'infissione avviene attraverso un sistema idraulico alla velocità di  $2 \text{ cm/s}$ ; lo sforzo necessario per l'avanzamento viene determinato a mezzo di un opportuno sistema



di misura collegato al martinetto idraulico. Vengono misurate la  $R_p$  (resistenza alla punta) e la  $R_l$  (resistenza laterale locale) ad intervalli di 20 cm.

Dal rapporto  $R_p/R_l$  si ricava la natura granulometrica dei terreni attraversati (valori alti = terreni incoerenti, valori bassi = terreni coesivi) secondo le modalità suggerite dalle raccomandazioni AGI oppure da altri autori: nel nostro caso sono state scelte le correlazioni proposte da Searle 1979.

Il metodo di Searle considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto di frizione  $R_t$  (con  $R_t\% = 100 f_s/q_c$ ), secondo il grafico seguente.



Penetrometro dinamico con massa battente da 73,5 kg, altezza di caduta 75 cm, aste da 5,3 kg/m, punta conica con apertura di 60° e sezione di 20,27 cm<sup>2</sup> (diametro 5,08 cm). Sono riportati i diagrammi di resistenza alla punta  $R_p$  in funzione della profondità e del numero di colpi per ottenere l'infissione di 30 cm. Per le prove dinamiche non esiste una correlazione tra il numero di colpi e la litologia degli strati attraversati: per la ricostruzione stratigrafica nel nostro caso ci si è avvalsi di "sensazioni" ricavate durante l'esecuzione della prova e nella procedura di estrazione delle aste.

Per il penetrometro dinamico DPSH sono stati correlati i dati del numero di colpi per l'infissione di 30 cm  $N$  con la resistenza alla punta  $R_p$  secondo il rapporto:  $R_p = n N$

con  $n$  compreso tra 8 e 4 con valori decrescenti all'aumentare del numero delle aste; il risultato è calcolato in automatico insieme con altri parametri geotecnici.

Poiché esistono molti tipi di penetrometri dinamici con diverse caratteristiche, per poter utilizzare i metodi di interpretazione calibrati per la SPT (prova di penetrazione standard) è necessario apportare delle correzioni ai risultati ottenuti. Muromachi e Kobayashi (1981) hanno presentato una correlazione fra N30 (colpi per 30 cm di penetrazione) ed Nspt. Il penetrometro usato è l'RTRI-HEAVY, giapponese, con maglio di 63,5 kg, caduta 75 cm, dpunta = 5,08 cm, il quale è simile al penetrometro italiano tipo EMILIA-DPSH. I due autori trovano che i dati, rilevati in materiali compresi in un'ampia gamma granulometrica e senza tenere conto dell'attrito laterale lungo la batteria delle aste, consentono la seguente relazione :  $N30 / Nspt = 1,15$

Per quanto riguarda la scelta del tipo di prova da effettuare , fondamentale è stata la condizione superficiale di ciascun sito: il fatto che gran parte delle pertinenze fosse pavimentato con soletta in calcestruzzo e con una serie di sottoservizi (vasche, condotte, plinti di ancoraggio, ecc.) ha fortemente condizionato l'esecuzione delle prove.

La prima prova è stata condotta con il penetrometro dinamico dovendo superare la pavimentazione asfaltata; inoltre, avendo trovato materiali di riporto con anche blocchi di notevoli dimensioni (che hanno in parte deviato il percorso delle aste) si è deciso di completare questa prova con modalità dinamiche.

Per la seconda prova, vista la presenza in superficie di vari frammenti e blocchi di calcestruzzo è stata condotta con penetrometro dinamico fino a 1,2 m di profondità e poi si è proseguito con il penetrometro statico. Le altre tre prove sono state fatte direttamente con il penetrometro statico.

Di seguito vengono sintetizzate le stratigrafie delle 5 prove penetrometriche; le definizioni litologiche non coincidono con quelle riportate in automatico nei diagrammi in allegato in quanto quelle sono il risultato del solo calcolo matematico di rapporti tra le resistenze, mentre queste tengono conto anche delle sensazioni raccolte nel corso dell'indagine.

DPSH n. 1		CPT n. 2	
0.00-0.50	Asfalto e sottofondo	0.00-1.20	PREFORO
0.50-2.70	Sabbie, ghiaie e blocchi RIPORTO	1.20-2.00	Sabbia limosa ed argillosa
2.70-4.50	Sabbie compatte	2.00-5.00	Sabbia mediamente addensata
4.50-7.50	Sabbia limosa sciolta	5.00-5.80	Limi sabbiosi
7.50-10.50	Sabbia argillosa compatta	5.80-12.2	Sabbia limosa sciolta
		12.2-13.0	Sabbie compatte
		13.0-15.4	Limi sabbiosi e argillosi
		15.4-16.0	Sabbie ghiaiose compatte
	Falda = -1,80 m		Falda = -1,55 m

CPT n. 3		CPT n. 4	
0.00-0.80	Sabbia limosa sciolta	0.00-0.60	pavimentazione e sottofondo
0.80-5.40	Sabbia ghiaiosa med. addensata	0.60-3.40	Sabbia limosa ed argillosa
5.40-6.20	Sabbia limosa sciolta	3.40-5.00	Sabbia med. addensata
6.20-6.80	Sabbia med. addensata	5.00-5.60	Sabbie e limi
6.80-10.0	Sabbia limosa argillosa sciolta	5.60-6.60	Sabbia med. addensata
		6.60-10.0	Sabbia limosa argillosa sciolta
	Falda = -1,60 m		Falda = -1,65 m

CPT n. 5	
0.00-1.40	Limo sabbioso argilloso sciolto
1.40-2.40	Sabbia limosa sciolta
2.40-3.20	Limo sabbioso
3.20-5.20	Sabbia med. addensata
5.20-5.80	Limo sabbioso sciolto
5.80-6.60	Sabbia med. addensata
6.60-10.0	Sabbia limosa argillosa sciolta
Falda = -1,50 m	

Nei fori penetrometrici è stata misurata la profondità della falda che è risultata dappertutto compresa tra 1,8 e 1,5 m dal piano di campagna. Si consideri che le misure sono state fatte giusto prima del periodo piovoso di inizio febbraio: in pratica dal 26 novembre al 31 gennaio non ci sono state precipitazioni se non una quindicina di

mm il 13 gennaio. Pertanto si può considerare che i livelli misurati corrispondano a condizioni di magra della falda.

In condizioni normali la falda dovrebbe risalire di circa mezzo metro per attestarsi a poco più di un metro di profondità come già descritto nella relazione geologica di agosto 2016.

Nei fori penetrometrici n. 1, 2 e 3 sono stati posizionati dei piezometri a tubo aperto per futuri controlli della posizione della falda.

Per quanto riguarda la parametrizzazione delle caratteristiche dei terreni, per ciascuna prova penetrometrica sono state ricavate le principali caratteristiche geotecniche utilizzando metodi di correlazione empirici o semiempirici largamente riconosciuti in letteratura. I metodi usati per la prova dinamica sono riportati in fondo alla stessa mentre i metodi utilizzati per tutte le prove statiche sono riportati in fondo alla prova CPT5.

A puro titolo di esercizio dimostrativo, per ogni prova è stata fatta anche una valutazione della portanza del terreno e dei possibili cedimenti nell'ipotesi di una fondazione continua a trave rovescia larga un metro e profonda un metro.

## Prove sismiche

Ai fini della caratterizzazione del sito sono state eseguite una serie di prove sismiche ad integrazione delle informazioni già riportate nella relazione geologica di agosto 2016.

In allegato è riportato il rapporto di indagine con la localizzazione dei punti di prova. Di seguito vengono descritti i risultati salienti delle indagini sismiche.

È stato eseguito un sondaggio sismico a rifrazione, con anche acquisizione in modalità passiva, interpretato poi anche con tecnica MASW e ReMi oltre che due sondaggi HVSR (prova Nakamura).

Si evidenzia che l'interpretazione e la coordinazione tra le diverse prove è molto buona con l'individuazione di una prima discontinuità attorno a 4-5 m di profondità e una seconda discontinuità attorno a 9-11 m di profondità. La rifrazione vede anche un sismostrato superficiale con spessore variabile tra 0,7 e 1,7 m che rappresenta probabilmente lo strato di riporto. Si hanno sintomi di progressivo aumento delle caratteristiche di rigidità con la profondità da cui risulta una  $V_{s30}$  attorno a 340 m/s. A parte il primo sismostrato, che arriva a 4-5 m di profondità, le velocità sono sempre superiori a 250 m/s.



Oltre gli 11 m di profondità non appaiono discontinuità significative il che fa intendere un progressivo aumento di velocità senza “salti” o contrasti di rigidità particolari.



Per quanto riguarda le prove HVSR, sono state fatte due diverse misure, a pochi metri una dall'altra. La prova 1 è quella che effettivamente è stata utilizzata e mostra un picco netto di risonanza (con H/V maggiore di 5) a 0,88 Hz che corrisponde ad un significativo contrasto di rigidità a circa 100 m di profondità. Al di sotto si ha il bedrock geologico e sismico con Vs superiore a 800 m/s. Nella elaborazione sembrano esserci altri due picchi di modesta amplificazione a 3,5 e 32 Hz ma si tratta di evidenti artefatti dovuti a disturbi antropici, accentuati dal fatto che nell'intervallo di frequenza tra 5 e 20 Hz il tracciato della H/V è al di

sotto dell'unità. Tali picchi pertanto non vanno considerati.

Nella prova 2, che è stata scartata, si aveva il medesimo picco a 0,88 Hz ma il tracciato H/V a frequenze superiori a 2 Hz si poneva interamente al di sotto dell'unità a conferma di un importante disturbo ambientale, in questo caso una inversione di velocità, dovuto al fatto che la misura è stata effettuata sopra alla soletta in calcestruzzo del piazzale.

Per confronto, i dati ricavati dalla Microzonazione Sismica del comune di Vicenza e già riportati nella Relazione geologica dell'Agosto 2016:

- in via dei Laghi vi è una MASW con Vs30= 267 m/s ed una HVSR con  $f_0 = 1,01$  Hz
- Presso Ponte Marchese vi è una HVSR con  $f_0$  non determinata
- In viale Ferrarin vi è una HVSR con  $f_0 = 1,22$  Hz
- All'incrocio Dal Verme-Sant'Antonino vi è una HVSR con  $f_0 = 1,25$  Hz

Dalla indagine per il bacino di laminazione di viale Diaz:



- N. 3 sondaggi MASW lungo il Bachiglione con Vs30= 207-255 m/s

Da questi dati traspare una sequenza di sedimenti costituiti da materiali a basso grado di addensamento nei primi 7÷12m caratterizzati da terreni limo-sabbiosi; a tale profondità si riscontra quasi sempre un lieve contrasto di impedenza corrispondente al passaggio tra terreni limo-argilloso-sabbiosi molto poco addensati e terreni sabbiosi-limosi leggermente più addensati; dalla profondità di 25-27m le prove sismiche hanno evidenziato un contrasto di impedenza imputabile al passaggio da terreni limo sabbiosi e terreni spiccatamente più ghiaiosi.

A parte l'ultima transizione, gli altri dati appaiono in linea con le indagini odierne.

## ASPETTI GEOTECNICI

Le indagini penetrometriche eseguite consentono di confermare le assunzioni già illustrate nella relazione geologica dell'Agosto 2016.

Si conferma che le strutture esistenti degli hangar hanno fondazioni a plinto isolato oppure a trave rovescia. La quota di imposta è in genere tra 1 e 1,5 m di profondità. I vari edifici non evidenziano particolari lesioni o cedimenti.

Vengono quindi convalidate le caratteristiche geotecniche dei terreni al fine del calcolo della capacità portante del terreno; vengono assunti cautelativamente i seguenti parametri geotecnici per le sabbie e limi argillosi attorno a 1,0 m di profondità:

angolo di attrito interno	$\phi$	31°	peso di volume secco	$\gamma_d$	1,8 t/m <sup>3</sup>
angolo di attrito ridotto	$\phi$	26°	peso di volume saturo	$\gamma_s$	2,0 t/m <sup>3</sup>
Coesione	Cu	0-1 t/m <sup>2</sup>	peso di volume immerso	$\gamma'$	1,0 t/m <sup>3</sup>

Il carico unitario di rottura del terreno viene determinato utilizzando le formule del Terzaghi (fattori di capacità portante secondo Vesic 1975) trascurando per cautela l'apporto della coesione:

$$q_r = 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma + D \cdot \gamma \cdot N_q + C_u \cdot N_c =$$

$$= 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,8 \cdot 12,5 + 1,0 \cdot 1,8 \cdot 11,8 + 0 = 30,2 \text{ t/m}^2$$

Applicando un fattore di sicurezza pari a 3 si ricava il carico unitario di sicurezza:

$$q_s = q_r / 3 = 30,2 / 3 = 10 \text{ t/m}^2 = 1,0 \text{ kg/cm}^2 \approx 98 \text{ kPa}$$

Utilizzando invece le NTC2008 seguendo l'approccio 2 combinazione (A1+M1+R3) il carico unitario di sicurezza agli SLU risulta:

$$q_s = 30,2 / 2,3 = 13,1 \text{ t/m}^2 = 1,31 \text{ kg/cm}^2 \approx 129 \text{ kPa}$$

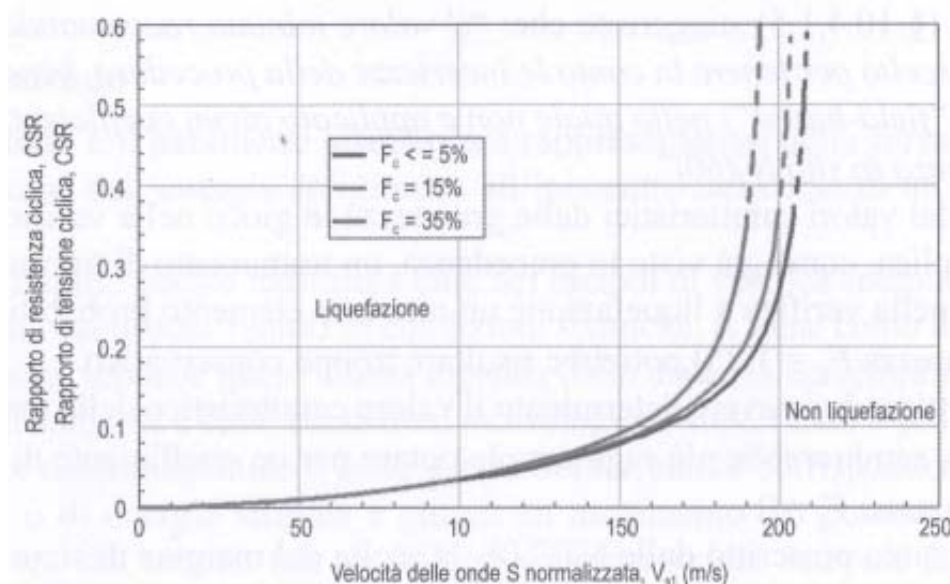
Per quanto riguarda i cedimenti, va considerato che i fabbricati sono esistenti da decenni e pertanto hanno già esaurito da tempo tutti quegli assestamenti conseguenti alla loro costruzione. Il progetto di riutilizzo prevede sì delle opere di adeguamento strutturale e sismico ma non tali da aumentare in maniera significativa il carico indotto dalle fondazioni sul terreno. Pertanto non sono da attendersi cedimenti significativi.

## ASPETTI SISMICI

Le indagini eseguite confermano l'attribuzione del sottosuolo alla categoria di terreno C del D.M. 14/01/2008 ovvero terreni con  $V_{s30}$  compresa tra 180 e 360 m/s.

Si ricorda che nella Relazione dell'Agosto 2016 erano anche stati determinati i fattori locali di amplificazione stratigrafica secondo le modalità previste dalle Linee Guida della Protezione Civile Nazionale ottenendo  $F_a = 1,22$  e  $F_v = 1,54$ .

In merito al rischio di liquefazione del suolo si conferma che l'avere, già a partire dai 4-5 m di profondità, le  $V_s$  superiori a 220 m/s porta a un giudizio di suscettibilità alla liquefazione molto remota (vedi figura seguente).



Infine si ribadisce una considerazione in merito alla faglia Schio-Vicenza. Tale struttura tettonica è indicata come "faglia attiva e capace" – FAC – nello studio di microzonazione sismica di livello 1 dettando anche una fascia di attenzione di 400 m di larghezza. La eventuale determinazione di fasce di rispetto ZR e di suscettibilità ZS è demandata al livello 3 che, al momento, non risulta disponibile.

Al di là del fatto che nelle varie documentazioni disponibili la posizione della faglia non è mai ben definita, con spostamenti di alcune centinaia di metri, si fa presente che le Linee Guida FAC forniscono anche indicazioni in merito alla disciplina degli usi del suolo e delle previsioni di trasformazione nelle zone di faglia attiva e capace, sia per gli aspetti urbanistici che per quelli edilizi.

Nel nostro caso, dal punto di vista urbanistico, ci collochiamo nella fattispecie delle "aree edificate (recenti o consolidate)". Le Linee Guida FAC, per le ZS e ZR, prevedono che nelle "Aree edificate (recenti o consolidate)", le amministrazioni locali, *"nell'ambito dei propri strumenti di pianificazione urbanistica e secondo le prescrizioni e gli indirizzi dei soggetti sovraordinati, individuino e perseguano uno o più obiettivi per il Programma Zone Instabili (PZI), assumendone i contenuti nelle forme opportune, al fine di mitigare le condizioni di rischio"*. Il PZI rappresenta un programma

Parco della Pace (Vicenza) – ATI PAN ASSOCIATI srl, ITS srl, arch.Franco Zagari,EMF, dott.Gino Lucchetta

d'intervento complesso in cui vengono definiti obiettivi e ambiti di intervento, fattibilità e modalità attuative. Il PZI riguarda più in generale tutte le aree suscettibili di instabilità, fra cui anche quelle interessate da FAC.

L'assenza di un PZI, come nel nostro caso, determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Limitato	Con esclusione degli interventi di manutenzione ordinaria, qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere interventi di miglioramento e/o di adeguamento e/o di rafforzamento locale (in conformità alla normativa vigente).
Nuova costruzione	Inibito	Non è consentita la nuova edificazione.

Pertanto, per i fabbricati esistenti e ricadenti all'interno della Zona di Attenzione ZA (per la quale non è stata ancora individuata la ZR e/o la ZS), gli interventi edilizi dovranno sottostare a tale indicazione.

## CONCLUSIONI

A completamento della relazione geologica dell'agosto 2016, sono state eseguite una serie di prove penetrometriche e delle indagini sismiche volte a caratterizzare il sito dei tre fabbricati hangar all'interno dell'area del futuro Parco della Pace.

Entrambe le tipologie di indagine hanno sostanzialmente confermato quanto già illustrato nella precedente relazione geologica.

In particolare viene confermata la successione stratigrafica che vede la presenza di un primo strato di spessore variabile di terreno di riporto a cui seguono alternanze di terreni sabbiosi e terreni limoso-argillosi. La falda è stata rinvenuta tra 1,5 e 1,8 m di profondità del piano di campagna ma va considerato che le misure si riferiscono ad un prolungato periodo di siccità: è quindi probabile che con le piogge primaverili la quota si innalzi fino a circa un metro o poco più dal piano di campagna come riportato nella relazione di Agosto 2016.

La capacità portante del terreno di fondazione, con riferimento alle NTC2008 seguendo l'approccio 2 combinazione (A1+M1+R3) e utilizzando il carico unitario di sicurezza agli SLU può essere stimata in  $q_s = 30,2/2,3 = 13,1 \text{ t/m}^2 = 1,31 \text{ kg/cm}^2 \approx 129 \text{ kPa}$

Per gli aspetti sismici si conferma la classificazione di terreno di categoria C con una topografia T1. Per quanto riguarda la frequenza propria del suolo vi è un solo picco di risonanza, piuttosto marcato, a circa 0,88 Hz.

Pieve di Soligo, 10 febbraio 2017

dott. geol. Gino Lucchetta  
Ordine Geologi del Veneto n. 242





**Committente:** Comune di Vicenza VI

**INDAGINE:** Parco della Pace prove ex-hangars

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**



Pieve di Soligo, 31 gennaio 2017

dott. geol. Gino Lucchetta





# POSIZIONE PROVE PENETROMETRICHE

▲ DPSH

● CPT



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani DPSH

Note: prove ex-hangars

Quota(m):

Prova: \1

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento</i>
0,3	61		70	
0,6	25		29	
0,9	9		10	
1,2	10		11	
1,5	8		9	
1,8	10		11	
2,1	15		17	
2,4	22		25	
2,7	17		20	
3	9		10	
3,3	13		15	
3,6	15		17	
3,9	15		17	
4,2	15		17	
4,5	13		15	
4,8	4		5	
5,1	4		5	
5,4	3		3	
5,7	4		5	
6	4		5	
6,3	7		8	
6,6	6		7	
6,9	5		6	
7,2	6		7	
7,5	8		9	
7,8	10		11	
8,1	12		14	
8,4	12		14	
8,7	13		15	
9	14		16	
9,3	16		18	
9,6	17		20	
9,9	19		22	
10,2	18		21	
10,5	18		21	

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani DPSH

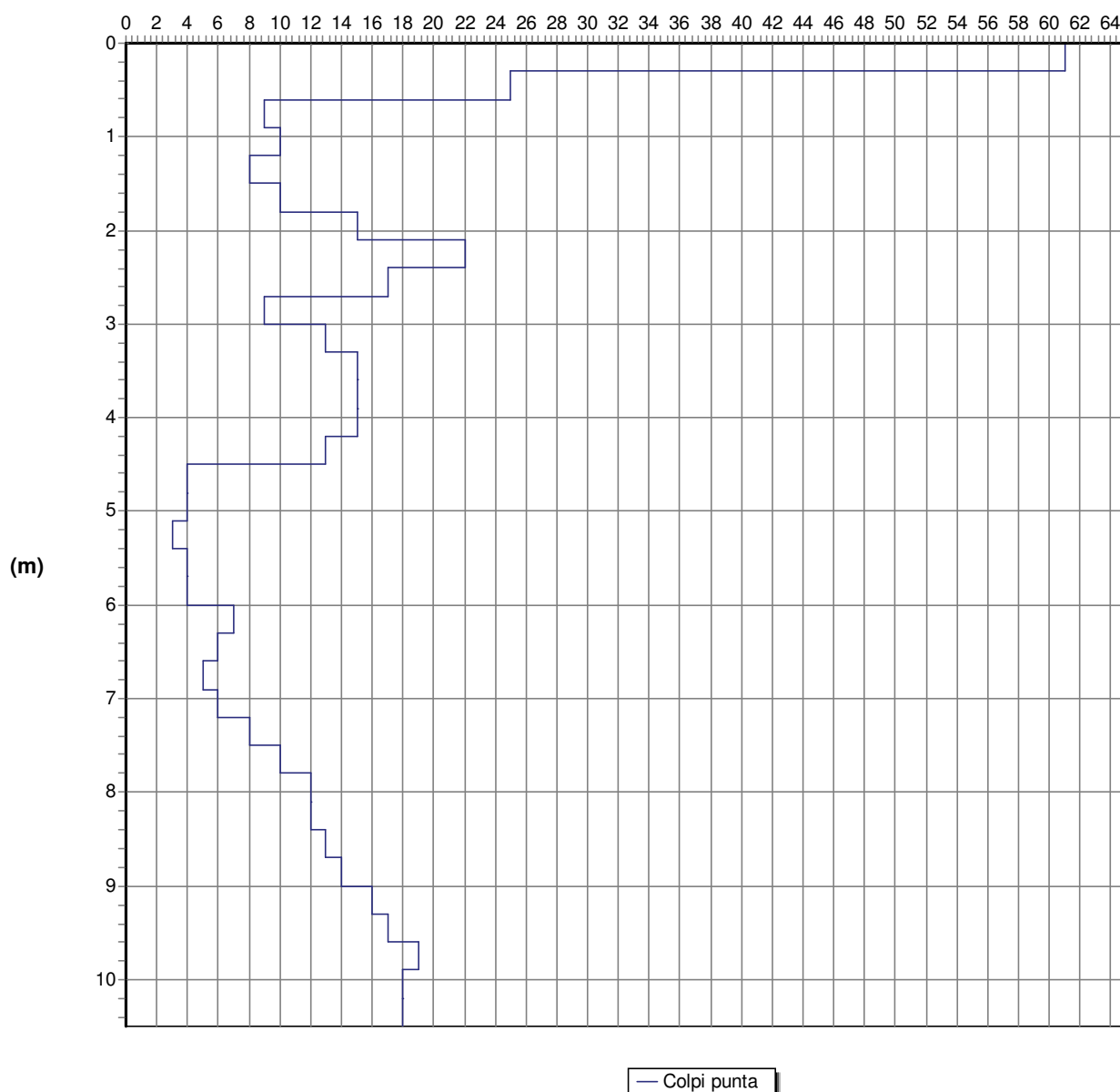
Note: prove ex-hangars

Quota(m):

Prova: \1

## Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): 4,4





Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

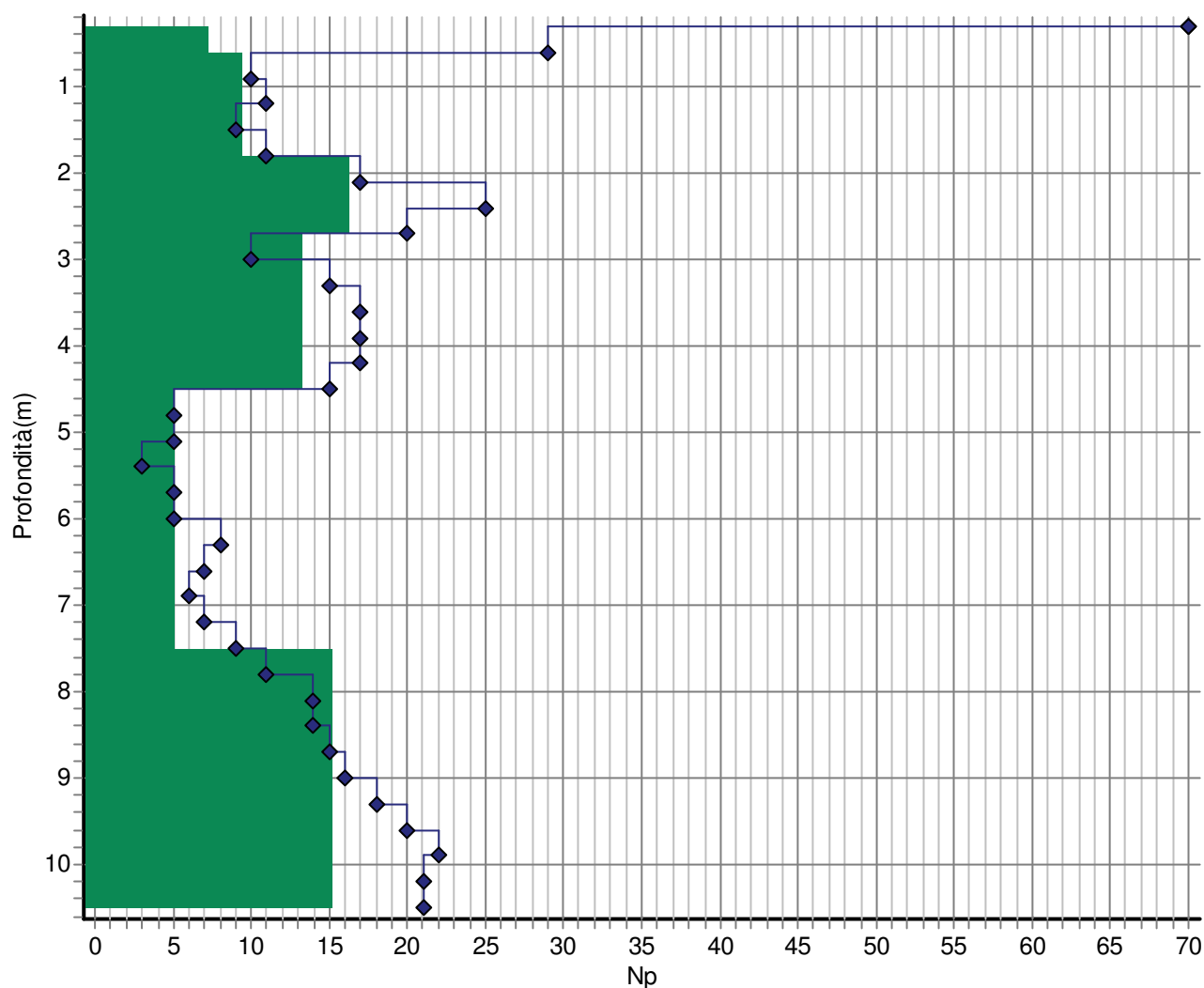
Attrezzatura: Pagani DPSH

Note: prove ex-hangars

Quota(m):

Prova: \1

## Andamento dei livelli stratigrafici



☒ Intervalli stratigrafici ☒ Grafico prova

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Attrezzatura: Pagani DPSH

Sigla: \P1

## Stratigrafia della prova

Profondità (m)	Nspt medio equiv.	Resist.dinam. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.dinam.SPT (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica	Comport. meccanico	Correzione litologica
0,6	7	53,78	36,42	Sabbia densa	0	1
1,8	9	64,89	44,18	Sabbia compatta	0	1
2,7	16	106,07	72,47	Sabbia compatta	0	1
4,5	13	78,09	53,68	Sabbia compatta	0	1
7,5	5	25,66	17,78	Sabbia sciolta	0	1
10,5	15	67,74	47,22	Sabbia compatta	0	1

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio Profondità della falda (m): 1,8

Peso del maglio (kg): 73,5

Passo di lettura (cm): 30

Volata del maglio (cm): 75

Profondità di partenza (m): 0,3

Peso delle aste (kg): 5,3

Lunghezza della prova (m): 10,5

Diametro della punta (cm): 5,08

Fattore di correzione strumentale: 1,15

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Attrezzatura: Pagani DPSH

Sigla: \P1

## Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa % (kg/cm <sup>3</sup> )	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod.edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	O. C. R. dinamico di taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod. Pres. eff. a metà strato (kg/cm <sup>2</sup> )
0,6	7	Sabbia densa	80	0,2	25	2,05	69	165	50			261	0,06
1,8	9	Sabbia compatta	110	0,18	27	1,95	55	233	64			304	0,24
2,7	16	Sabbia compatta	138	0,27	30	1,99	65	534	114			432	0,4
4,5	13	Sabbia compatta	146	0,19	29	2,08	54	394	92			381	0,54
7,5	5	Sabbia sciolta	137	0,06	24	1,99	31	106	36			212	0,78
10,5	15	Sabbia compatta	180	0,16	30	2,06	49	486	107			416	1,09

Profondità della falda (m): 1,8

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Note: prove ex-hangars

Quota(m):

Attrezzatura: Pagani DPSH

Prova: \1

## Metodi di calcolo dei parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Mod. edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	Densità relativa (%)	Modulo di Young (kg/cmq)	Mod.dinamico di taglio incoerenti (kg/cmq)	Mod.dinamico di taglio coesivi (kg/cmq)	Rapporto di sovra consolidazione
0,6	Road Bridge Specification	Farrent			Skempton 1986	Stroud	Crespellani e Vannucchi		
1,8	Road Bridge Specification	Farrent			Skempton 1986	Stroud	Crespellani e Vannucchi		
2,7	Road Bridge Specification	Farrent			Skempton 1986	Stroud	Crespellani e Vannucchi		
4,5	Road Bridge Specification	Farrent			Skempton 1986	Stroud	Crespellani e Vannucchi		
7,5	Road Bridge Specification	Farrent			Skempton 1986	Stroud	Crespellani e Vannucchi		
10,5	Road Bridge Specification	Farrent			Skempton 1986	Stroud	Crespellani e Vannucchi		



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani DPSH

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P1

## Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

Profondità (m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica	Portanza ammissibile (kg/cm <sup>2</sup> )
0,6	7	Sabbia densa	0
1,8	9	Sabbia compatta	1
2,7	16	Sabbia compatta	1,77
4,5	13	Sabbia compatta	1,44
7,5	5	Sabbia sciolta	0,55
10,5	15	Sabbia compatta	1,66

Larghezza della fondazione (m): 1,0

Profondità di posa della fondazione (m): 1,0

Lunghezza della fondazione (m): 10,0

Coefficiente di sicurezza strati coesivi: 3,0

Metodo di calcolo: Meyerhof

Coefficiente di sicurezza strati incoerenti: 3,0

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P2

## Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	fs/qc%
0,2	0		0			
0,4	0		0			
0,6	0		0			
0,8	0		0			
1	0		0			
1,2	0		0	0,27		
1,4	12	16	12	0,33		2,75
1,6	13	18	13	0,27		2,08
1,8	11	15	11	0,33		3
2	15	20	15	0,6		4
2,2	67	76	67	1,93		2,88
2,4	121	150	121	0,73		0,6
2,6	71	82	71	1		1,41
2,8	74	89	74	1,53		2,07
3	98	121	98	1,27		1,3
3,2	87	106	87	0,47		0,54
3,4	29	36	29	0,6		2,07
3,6	44	53	44	0,47		1,07
3,8	31	38	31	0,47		1,52
4	40	47	40	0,47		1,17
4,2	39	46	39	0,73		1,87
4,4	55	66	55	0,6		1,09
4,6	49	58	49	0,73		1,49
4,8	56	67	56	0,73		1,3
5	43	54	43	0,27		0,63
5,2	12	16	12	0,2		1,67
5,4	10	13	10	0,2		2
5,6	7	10	7	0,13		1,86
5,8	6	8	6	0,6		10
6	34	43	34	0,47		1,38
6,2	16	23	16	0,47		2,94
6,4	38	45	38	0,47		1,24
6,6	15	22	15	0,13		0,87
6,8	5	7	5	0,2		4
7	8	11	8	0,13		1,62
7,2	4	6	4	0,13		3,25
7,4	5	7	5	0,13		2,6
7,6	8	10	8	0,13		1,62
7,8	7	9	7	0,2		2,86
8	9	12	9	0,2		2,22
8,2	9	12	9	0,2		2,22
8,4	8	11	8	0,13		1,62
8,6	7	9	7	0,13		1,86
8,8	8	10	8	0,13		1,62

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Ri (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	fs/qc%
9	6	8	6	0,13		2,17
9,2	4	6	4	0,2		5
9,4	9	12	9	0,13		1,44
9,6	7	9	7	0,2		2,86
9,8	8	11	8	0,47		5,87
10	15	22	15	0,13		0,87
10,2	6	8	6	0,13		2,17
10,4	7	9	7	0,27		3,86
10,6	13	17	13	0,2		1,54
10,8	10	13	10	0,13		1,3
11	7	9	7	0,13		1,86
11,2	3	5	3	0,07		2,33
11,4	3	4	3	0,07		2,33
11,6	3	4	3	0,13		4,33
11,8	3	5	3	0,13		4,33
12	3	5	3	0,13		4,33
12,2	6	8	6	0,47		7,83
12,4	27	34	27	0,73		2,7
12,6	67	78	67	1		1,49
12,8	96	111	96	0,73		0,76
13	69	80	69	0,2		0,29
13,2	7	10	7	0,13		1,86
13,4	4	6	4	0,13		3,25
13,6	5	7	5	0,13		2,6
13,8	8	10	8	0,13		1,62
14	7	9	7	0,13		1,86
14,2	6	8	6	0,2		3,33
14,4	10	13	10	0,47		4,7
14,6	55	62	55	0,47		0,85
14,8	26	33	26	0,33		1,27
15	16	21	16	0,2		1,25
15,2	8	11	8	0,47		5,87
15,4	24	31	24	0,87		3,63
15,6	47	60	47	0,87		1,85
15,8	61	74	61	0,93		1,52
16	87	101	87	0,93		1,07

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

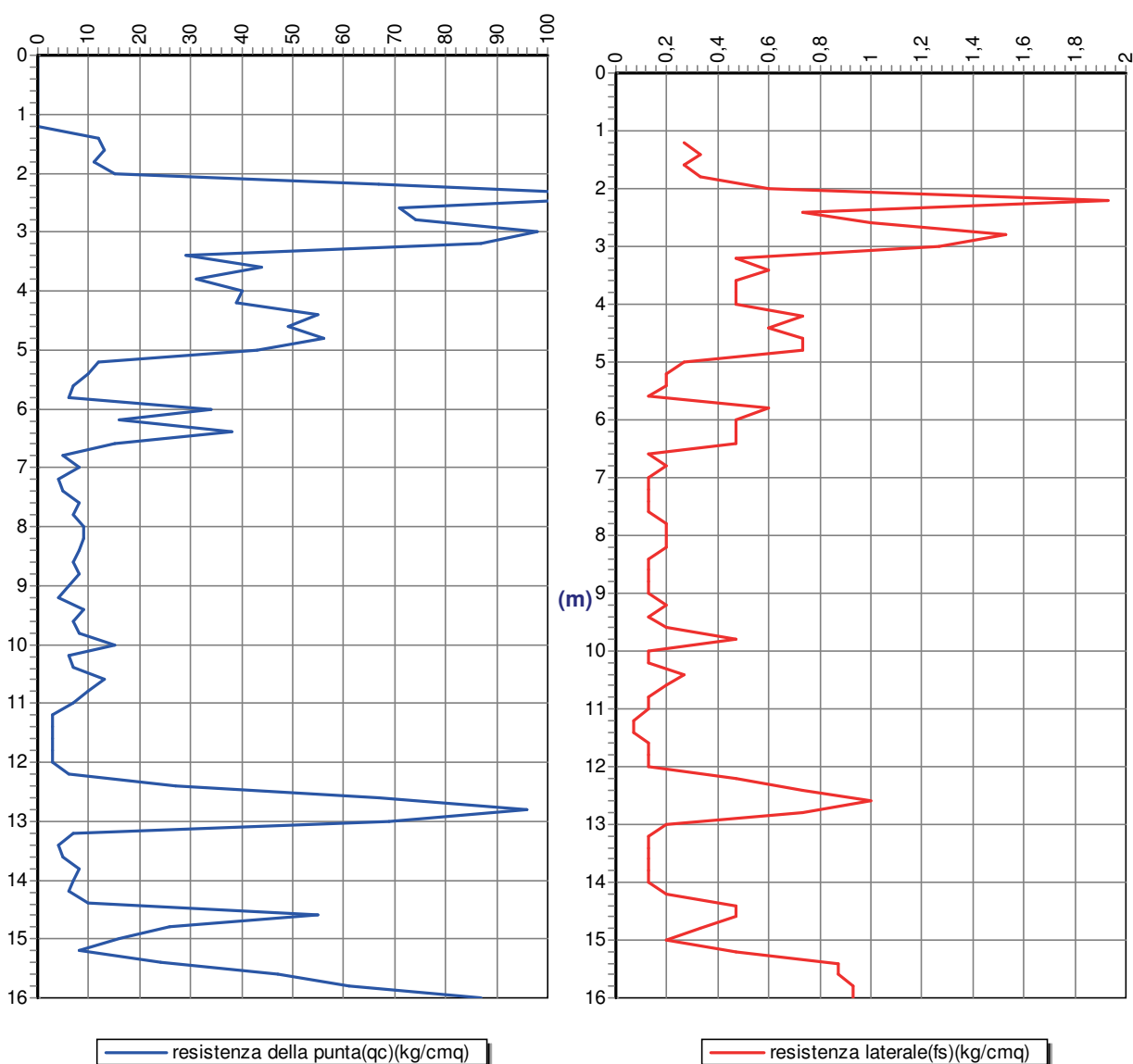
Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

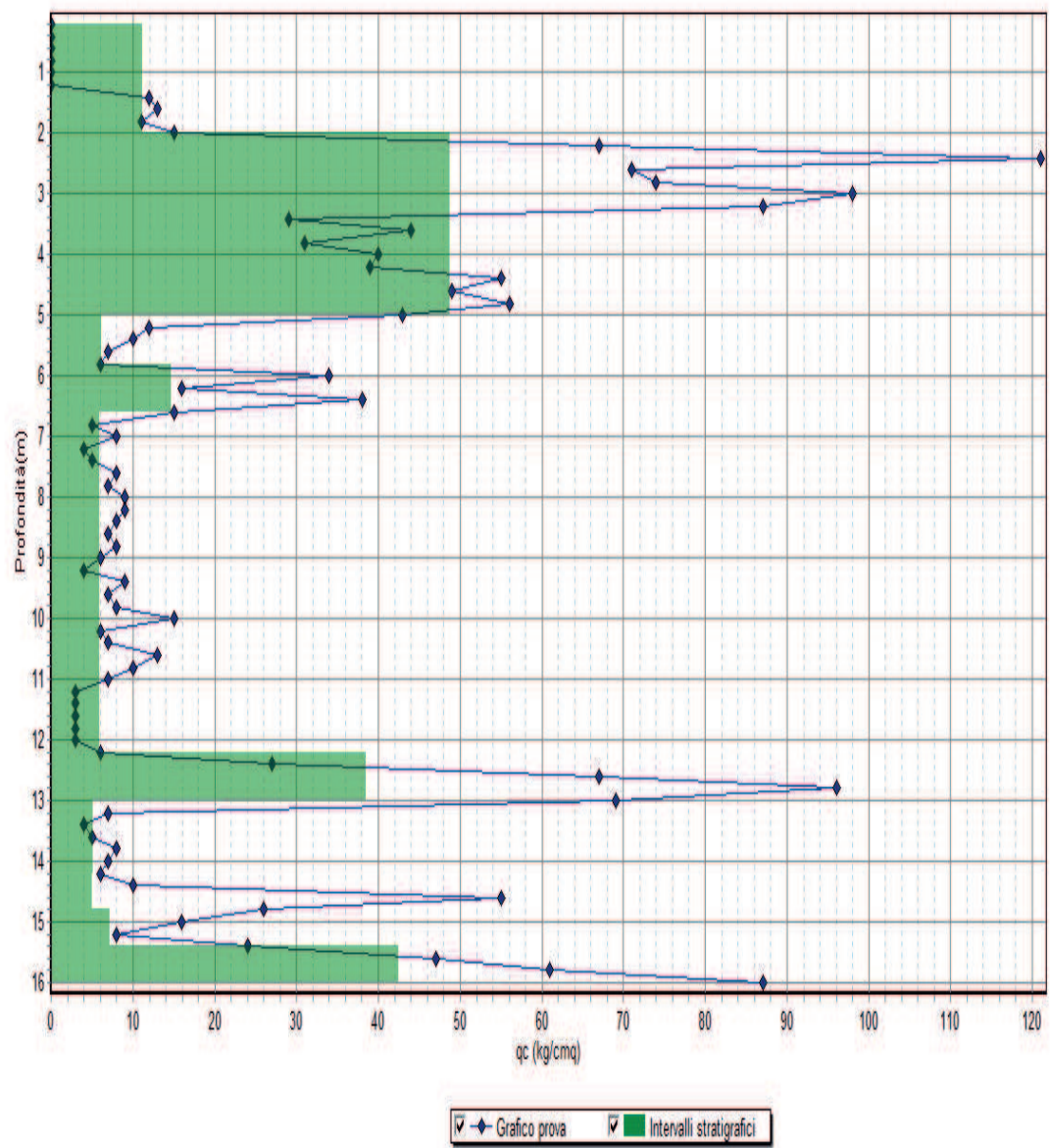
Sigla: \P2

## Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): 1,55





Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P2

### Stratigrafia - metodo: Searle (1979)

Profondità (m)	qc(kg/cm <sup>2</sup> )	fs(kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica	Comport. meccanico
2	11,17	0,25	Sabbia limosa argillosa sciolta	0
5	48,81	0,6	Sabbia med.addensata	0
5,8	6,21	0,08	Limo sabbioso argilloso sciolto	0
6,6	14,71	0,23	Sabbia sciolta	0
12,2	5,89	0,14	Sabbia limosa argillosa sciolta	0
13	38,5	0,36	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0
14,2	5,1	0,12	Sabbia limosa molto sciolta	0
14,8	5,03	0,33	Sabbia sciolta	0
15,4	7,13	0,14	Limo sabbioso argilloso sciolto	0
16	42,49	0,87	Sabbia med.addensata	0

qc = resistenza alla punta fs = attrito laterale specifico

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio

Lunghezza della prova (m):	16	Profondità di partenza (m):	0,2
Profondità della falda (m):	1,55	Passo di lettura (cm):	20
Area della punta (cm <sup>2</sup> ):	10	Area del manicotto (cm <sup>2</sup> ):	150
Costante strumentale:	10	Tipo di penetrometro:	a punta meccanica
Fattore a (piezocono):	0,5	Fattore b (piezocono):	0,00726

Committente: Comune di Vicenza

Data: gennaio 2017

Note: prove ex-hangars

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Località: Parco della Pace

Quota(m): p.c.

Sigla: \P2

### Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/m <sup>3</sup> )	Densità % relativa (kg/cm <sup>3</sup> )	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres.eff. a metà strato (kg/cm <sup>2</sup> )
2	11	Sabbia limosa argillosa sciolta	1,77E-6		28	1,98	35	28				121	30	0,2
5	49	Sabbia med.addensata	9,51E-5		34	2,15	63	123				302	58	0,54
5,8	6	Limo sabbioso argilloso sciolto	6,31E-5		25	1,94	15	15				84	21	0,75
6,6	15	Sabbia sciolta	2,94E-5		29	1,94	15	38				146	22	0,82
12,2	6	Sabbia limosa argillosa sciolta	1,41E-6		25	1,94	15	15				84	25	1,12
13	38	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0,000273		33	2	30	95				258	42	1,42
14,2	5	Sabbia limosa molto sciolta	1,09E-6		24	1,94	15	13				75	30	1,51
14,8	5	Sabbia sciolta	1,12E-13		24	1,94	15	13				75	31	1,6
15,4	7	Limo sabbioso argilloso sciolto	5E-6		26	1,94	15	18				92	31	1,65
16	42	Sabbia med.addensata	3,75E-6		34	1,99	29	105				275	44	1,71

Profondità della falda (m): 1,55

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P2

## Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>qc (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cm<sup>2</sup>)</i>
2	11,17	Sabbia limosa argillosa sciolta	0,46
5	48,81	Sabbia med.addensata	2,01
5,8	6,21	Limo sabbioso argilloso sciolto	0,26
6,6	14,71	Sabbia sciolta	0,61
12,2	5,89	Sabbia limosa argillosa sciolta	0,24
13	38,5	Sabbia ghiaiosa med.addensata	1,59
14,2	5,1	Sabbia limosa molto sciolta	0,21
14,8	5,03	Sabbia sciolta	0,21
15,4	7,13	Limo sabbioso argilloso sciolto	0,29
16	42,49	Sabbia med.addensata	1,75

*Larghezza della fondazione (m): 1,0*

*Profondità di posa della fondazione (m): 1,0*

*Lunghezza della fondazione (m): 10,0*

*Coefficiente di sicurezza strati coesivi: 3,0*

*Metodo di calcolo: Terzaghi*

*Coefficiente di sicurezza strati incoerenti: 3,0*



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P2

## Calcolo del cedimento di una fondazione superficiale

Profondità (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica	Cedimento dello strato(cm)	Somma dei cedimenti (cm)
2	11	Sabbia limosa argillosa sciolta	2,13	2,13
5	49	Sabbia med.addensata	0,7	2,83
5,8	6	Limo sabbioso argilloso sciolto	0	2,83
6,6	15	Sabbia sciolta	0	2,83
12,2	6	Sabbia limosa argillosa sciolta	0	2,83
13	38	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0	2,83
14,2	5	Sabbia limosa molto sciolta	0	2,83
14,8	5	Sabbia sciolta	0	2,83
15,4	7	Limo sabbioso argilloso sciolto	0	2,83
16	42	Sabbia med.addensata	0	2,83

Metodi di calcolo: per gli strati incoerenti Schmertmann, per gli strati coesivi Terzaghi

Larghezza della fondazione (m): 1,0

Profondità di posa della fondazione (m): 1,0

Lunghezza della fondazione (m): 10,0

Carico netto applicato (kg/cm<sup>2</sup>) 0,8

k di Winkler(kg/cm<sup>3</sup>):0,38

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P3

## Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	fs/qc%
0,2	0	0	0	0,47		
0,4	44	51	44	0,73		1,66
0,6	33	44	33	0,6		1,82
0,8	26	35	26	1,27		4,88
1	107	126	107	1,27		1,19
1,2	128	147	128	1,53		1,2
1,4	141	164	141	1,4		0,99
1,6	108	129	108	1,4		1,3
1,8	177	198	177	2,07		1,17
2	226	257	226	1,67		0,74
2,2	183	208	183	1,4		0,77
2,4	134	155	134	1,13		0,84
2,6	90	107	90	1,8		2
2,8	170	197	170	0,73		0,43
3	88	99	88	1,27		1,44
3,2	151	170	151	1,53		1,01
3,4	175	198	175	1,67		0,95
3,6	231	256	231	1,27		0,55
3,8	127	146	127	1		0,79
4	142	157	142	1,67		1,18
4,2	174	199	174	1,53		0,88
4,4	221	244	221	1,53		0,69
4,6	134	157	134	0,6		0,45
4,8	88	97	88	0,87		0,99
5	71	84	71	1		1,41
5,2	63	78	63	0,87		1,38
5,4	41	54	41	0,47		1,15
5,6	25	32	25	0,47		1,88
5,8	16	23	16	0,2		1,25
6	12	15	12	0,33		2,75
6,2	14	19	14	0,47		3,36
6,4	28	35	28	0,33		1,18
6,6	37	42	37	0,6		1,62
6,8	41	50	41	0,33		0,8
7	9	14	9	0,13		1,44
7,2	4	6	4	0,13		3,25
7,4	7	9	7	0,2		2,86
7,6	8	11	8	0,2		2,5
7,8	6	9	6	0,13		2,17
8	5	7	5	0,2		4
8,2	7	10	7	0,2		2,86
8,4	9	12	9	0,13		1,44
8,6	6	8	6	0,13		2,17
8,8	5	7	5	0,13		2,6
9	6	8	6	0,13		2,17
9,2	7	9	7	0,2		2,86
9,4	8	11	8	0,2		2,5
9,6	10	13	10	0,2		2
9,8	9	12	9	0,27		3
10	11	15	11	0,27		2,45

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

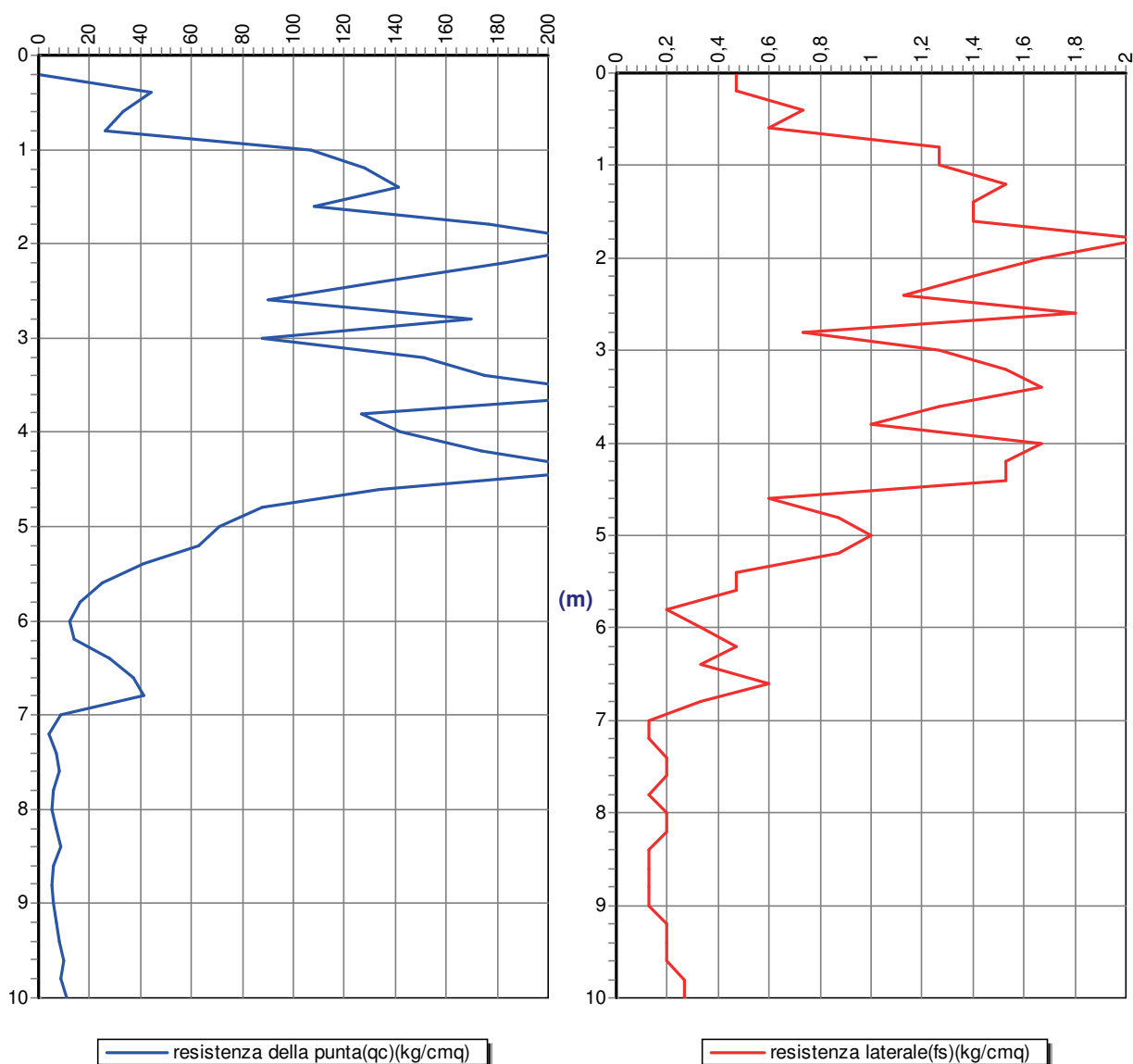
Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

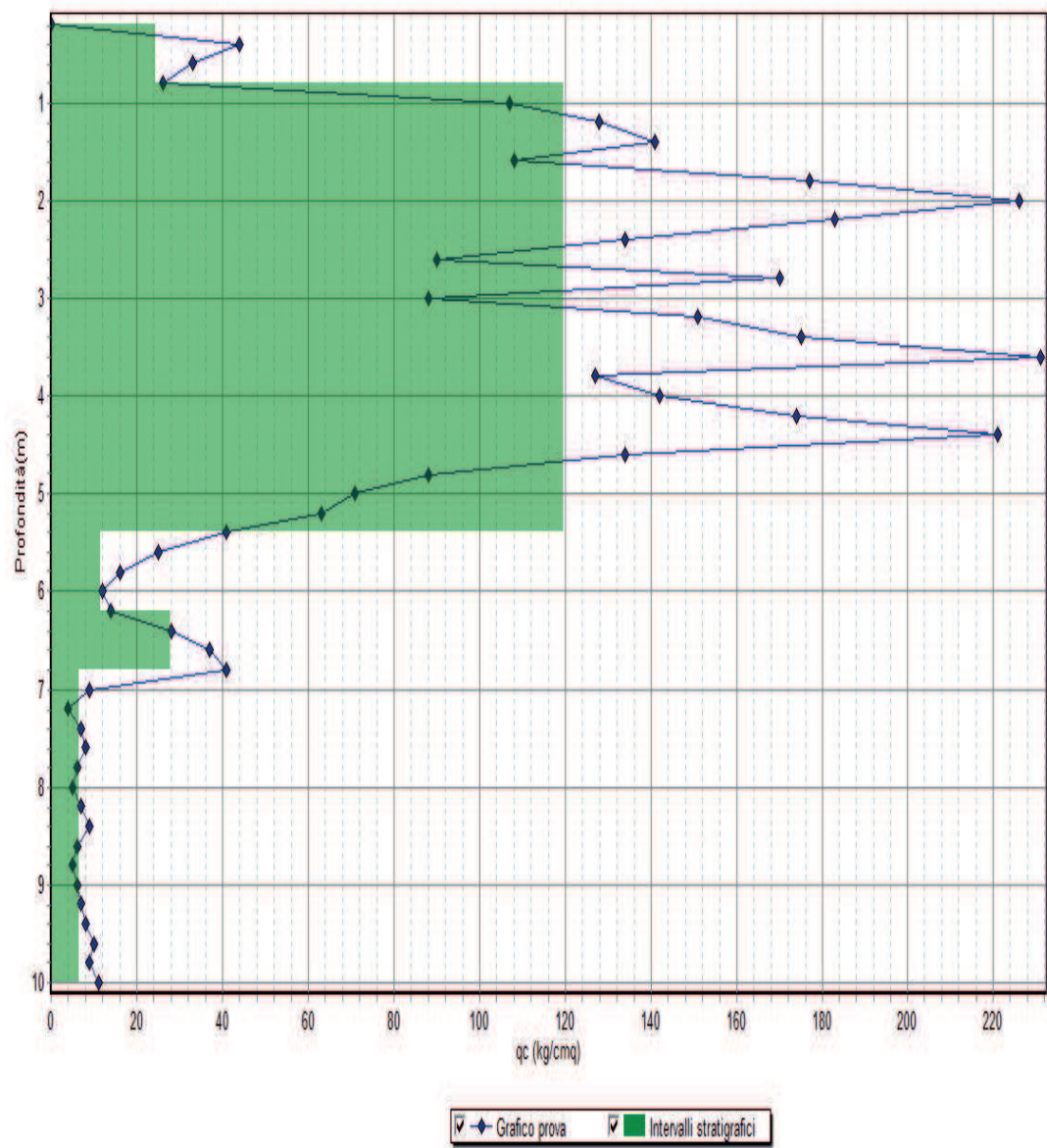
Quota(m): p.c.

Sigla: \P3

## Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): 1,6





Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P3

### Stratigrafia - metodo: Searle (1979)

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Descrizione litologica	Comport. meccanico
0,8	24,27	0,47	Sabbia limosa argillosa med.addensata	0
5,4	119,63	1,15	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0
6,2	11,45	0,25	Sabbia limosa sciolta	0
6,8	27,95	0,25	Sabbia sciolta	0
10	6,49	0,16	Sabbia limosa argillosa sciolta	0

*qc = resistenza alla punta fs = attrito laterale specifico*

*Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio*

<i>Lunghezza della prova (m):</i>	<i>10</i>	<i>Profondità di partenza (m):</i>	<i>0,2</i>
<i>Profondità della falda (m):</i>	<i>1,6</i>	<i>Passo di lettura (cm):</i>	<i>20</i>
<i>Area della punta (cmq):</i>	<i>10</i>	<i>Area del manicotto (cmq):</i>	<i>150</i>
<i>Costante strumentale:</i>	<i>10</i>	<i>Tipo di penetrometro: a punta meccanica</i>	
<i>Fattore a (piezocono):</i>	<i>0,5</i>	<i>Fattore b (piezocono):</i>	<i>0,00726</i>

Committente: Comune di Vicenza Data: gennaio 2017 Note: prove ex-hangars	Attrezzatura: Pagani 20 ton Località: Parco della Pace Quota(m): p.c. Sigla: \P3
--	---

**Parametri geotecnici**

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/m <sup>3</sup> )	Densità % relativa (kg/cm <sup>3</sup> )	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	O. C. R. (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo dinamico di taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres.eff. a metà strato (kg/cm <sup>2</sup> )
0,8	24	Sabbia limosa argillosa med.addensata	5,82E-6		31	2,16	82	60				195	67	0,09
5,4	120	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0,000261		38	2,18	85	300				522	78	0,56
6,2	11	Sabbia limosa sciolta	1,77E-6		28	1,94	15	28				121	23	0,93
6,8	28	Sabbia sciolta	0,000336		32	2	28	70				214	35	0,99
10	6	Sabbia limosa argillosa sciolta	3,95E-7		25	1,94	15	15				84	26	1,17

Profondità della falda (m): 1,6

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P3

## Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>qc (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cm<sup>2</sup>)</i>
0,8	24,27	Sabbia limosa argillosa med.addensata	
5,4	119,63	Sabbia ghiaiosa med.addensata	5,83
6,2	11,45	Sabbia limosa sciolta	0,56
6,8	27,95	Sabbia sciolta	1,36
10	6,49	Sabbia limosa argillosa sciolta	0,32

*Larghezza della fondazione (m):* 1

*Profondità di posa della fondazione (m):* 1

*Lunghezza della fondazione (m):* 10,0

*Coefficiente di sicurezza strati coesivi:* 3

*Metodo di calcolo:* Terzaghi

*Coefficiente di sicurezza strati incoerenti:* 3

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P3

## Calcolo del cedimento di una fondazione superficiale

Profondità (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica	Cedimento dello strato(cm)	Somma dei cedimenti (cm)
0,8	24	Sabbia limosa argillosa med.addensata		
5,4	120	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0,44	0,44
6,2	11	Sabbia limosa sciolta	0	0,44
6,8	28	Sabbia sciolta	0	0,44
10	6	Sabbia limosa argillosa sciolta	0	0,44

Metodi di calcolo: per gli strati incoerenti Schmertmann, per gli strati coesivi Terzaghi

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 1

Lunghezza della fondazione (m): 10,0

Carico netto applicato (kg/cm<sup>2</sup>) 0,8

k di Winkler(kg/cm<sup>3</sup>):0,0



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P4

## Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	fs/qc%
0,2	0	0	0	0,87		
0,4	79	92	79	0,87		1,1
0,6	67	80	67	0,33		0,49
0,8	14	19	14	0,33		2,36
1	13	18	13	0,6		4,62
1,2	29	38	29	0,33		1,14
1,4	13	18	13	0,2		1,54
1,6	7	10	7	0,2		2,86
1,8	9	12	9	0,2		2,22
2	10	13	10	0,47		4,7
2,2	15	22	15	0,47		3,13
2,4	21	28	21	0,33		1,57
2,6	9	14	9	0,13		1,44
2,8	3	5	3	0,13		4,33
3	5	7	5	0,13		2,6
3,2	6	8	6	0,33		5,5
3,4	13	18	13	0,6		4,62
3,6	38	47	38	0,73		1,92
3,8	44	55	44	0,73		1,66
4	48	59	48	0,73		1,52
4,2	50	61	50	0,73		1,46
4,4	53	64	53	0,2		0,38
4,6	57	60	57	0,93		1,63
4,8	62	76	62	0,33		0,53
5	25	30	25	0,2		0,8
5,2	10	13	10	0,2		2
5,4	7	10	7	0,13		1,86
5,6	6	8	6	0,33		5,5
5,8	12	17	12	0,47		3,92
6	18	25	18	0,33		1,83
6,2	16	21	16	0,33		2,06
6,4	18	23	18	0,13		0,72
6,6	10	12	10	0,13		1,3
6,8	7	9	7	0,13		1,86
7	4	6	4	0,13		3,25
7,2	5	7	5	0,13		2,6
7,4	6	8	6	0,13		2,17
7,6	5	7	5	0,13		2,6
7,8	6	8	6	0,13		2,17
8	7	9	7	0,2		2,86
8,2	9	12	9	0,2		2,22
8,4	11	14	11	0,13		1,18
8,6	7	9	7	0,13		1,86
8,8	6	8	6	0,13		2,17
9	7	9	7	0,2		2,86
9,2	7	10	7	0,13		1,86
9,4	8	10	8	0,2		2,5
9,6	9	12	9	0,2		2,22
9,8	11	14	11	0,27		2,45
10	13	17	13	0,27		2,08

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

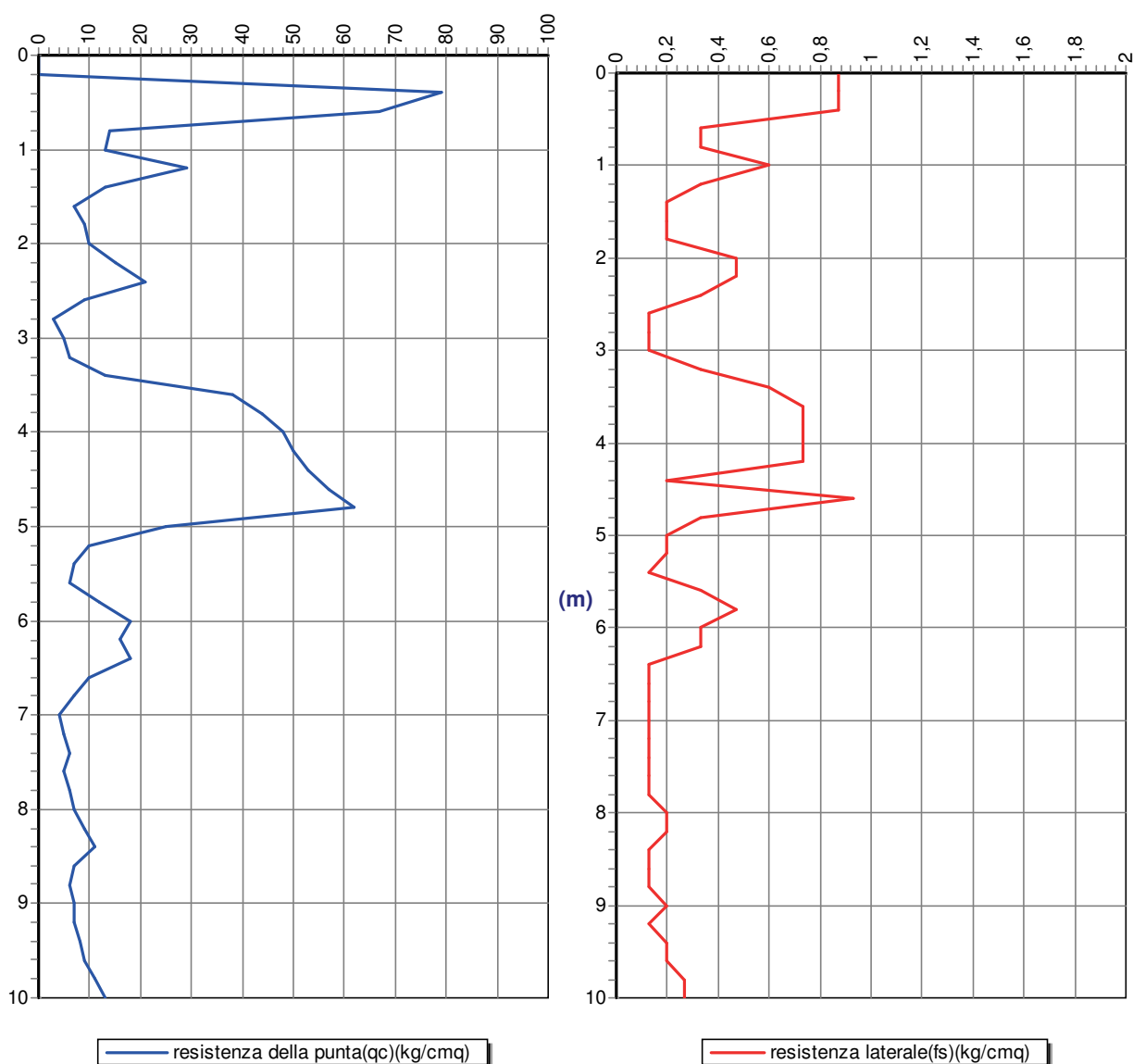
Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

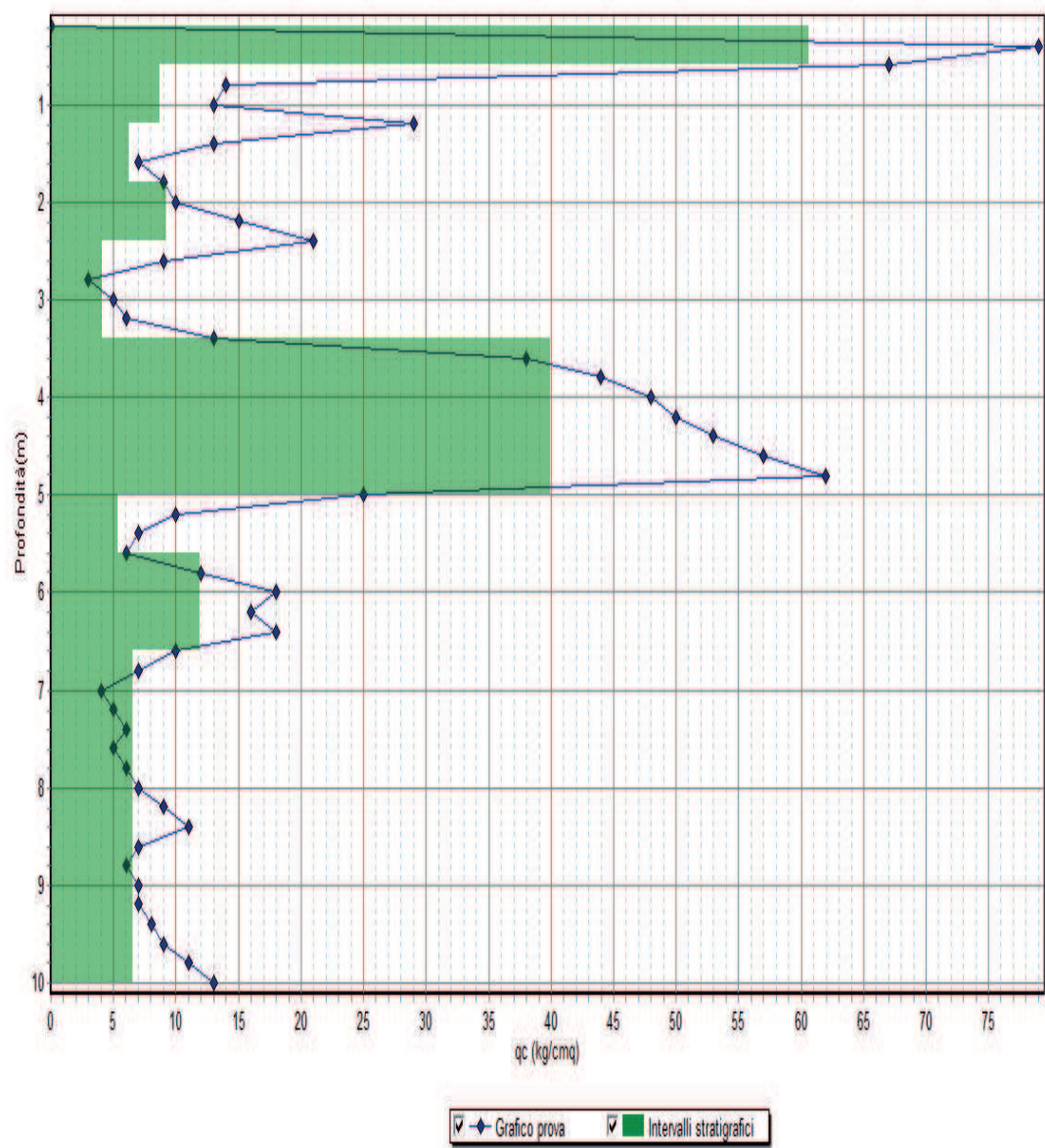
Quota(m): p.c.

Sigla: \P4

## Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): 1,65



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P4

### Stratigrafia - metodo: Searle (1979)

Profondità (m)	qc(kg/cm <sup>2</sup> )	fs(kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica	Comport. meccanico
0,6	60,61	0,04	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0
1,2	8,72	0,25	Sabbia limosa sciolta	0
1,8	6,28	0,2	Sabbia limosa sciolta	0
2,4	9,22	0,33	Sabbia limosa argillosa sciolta	0
3,4	4,06	0,1	Limo sabbioso argilloso sciolto	0
5	39,98	0,4	Sabbia med.addensata	0
5,6	5,36	0,11	Sabbia limosa argillosa sciolta	0
6,6	11,87	0,16	Sabbia limosa sciolta	0
10	6,55	0,15	Sabbia limosa sciolta	0

qc = resistenza alla punta fs = attrito laterale specifico

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio

Lunghezza della prova (m):	10	Profondità di partenza (m):	0,2
Profondità della falda (m):	1,65	Passo di lettura (cm):	20
Area della punta (cm <sup>2</sup> ):	10	Area del manicotto (cm <sup>2</sup> ):	150
Costante strumentale:	10	Tipo di penetrometro:	a punta meccanica
Fattore a (piezocono):	0,5	Fattore b (piezocono):	0,00726

Committente: Comune di Vicenza

Data: gennaio 2017

Note: prove ex-hangars

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Località: Parco della Pace

Quota(m): p.c.

Sigla: \P4

### Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/m <sup>3</sup> )	Densità % relativa (kg/cm <sup>3</sup> )	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres.eff. a metà strato (kg/cm <sup>2</sup> )
0,6	61	Sabbia ghiaiosa med.addensata	0,00779		35	2,27	85	153				345	70	0,07
1,2	9	Sabbia limosa sciolta	2,58E-7		27	2,05	28	23				107	25	0,2
1,8	6	Sabbia limosa sciolta	3,12E-8		25	1,95	15	15				84	16	0,32
2,4	9	Sabbia limosa argillosa sciolta	8,64E-9		27	1,98	15	23				107	17	0,39
3,4	4	Limo sabbioso argilloso sciolto	7,47E-7		23	1,94	15	10				65	17	0,47
5	40	Sabbia med.addensata	0,000224		34	2,14	53	100				267	50	0,6
5,6	5	Sabbia limosa argillosa sciolta	2,34E-6		24	1,94	15	13				75	21	0,72
6,6	12	Sabbia limosa sciolta	6,3E-5		28	1,94	15	30				128	22	0,8
10	7	Sabbia limosa sciolta	2,9E-6		26	1,94	15	18				92	24	1

Profondità della falda (m): 1,65

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P4

## Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>qc (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cm<sup>2</sup>)</i>
0,6	60,61	Sabbia ghiaiosa med.addensata	
1,2	8,72	Sabbia limosa sciolta	0,44
1,8	6,28	Sabbia limosa sciolta	0,32
2,4	9,22	Sabbia limosa argillosa sciolta	0,46
3,4	4,06	Limo sabbioso argilloso sciolto	0,2
5	39,98	Sabbia med.addensata	2,01
5,6	5,36	Sabbia limosa argillosa sciolta	0,27
6,6	11,87	Sabbia limosa sciolta	0,6
10	6,55	Sabbia limosa sciolta	0,33

*Larghezza della fondazione (m):* 1

*Profondità di posa della fondazione (m):* 1

*Lunghezza della fondazione (m):* 10,0

*Coefficiente di sicurezza strati coesivi:* 3

*Metodo di calcolo:* Terzaghi

*Coefficiente di sicurezza strati incoerenti:* 3



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P4

## Calcolo del cedimento di una fondazione superficiale

Profondità (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica	Cedimento dello strato(cm)	Somma dei cedimenti (cm)
0,6	61	Sabbia ghiaiosa med.addensata		
1,2	9	Sabbia limosa sciolta	0,57	0,57
1,8	6	Sabbia limosa sciolta	2,69	3,26
2,4	9	Sabbia limosa argillosa sciolta	1,47	4,73
3,4	4	Limo sabbioso argilloso sciolto	4,09	8,82
5	40	Sabbia med.addensata	0,25	9,07
5,6	5	Sabbia limosa argillosa sciolta	0	9,07
6,6	12	Sabbia limosa sciolta	0	9,07
10	7	Sabbia limosa sciolta	0	9,07

Metodi di calcolo: per gli strati incoerenti Schmertmann, per gli strati coesivi Terzaghi

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 1

Lunghezza della fondazione (m): 10,0

Carico netto applicato (kg/cm<sup>2</sup>) 0,8

k di Winkler(kg/cm<sup>3</sup>):0,09

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P5

## Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	fs/qc%
0,2	0	0	0	0,2		
0,4	12	15	12	0,2		1,67
0,6	7	10	7	0,13		1,86
0,8	4	6	4	0,13		3,25
1	3	5	3	0,07		2,33
1,2	2	3	2	0,13		6,5
1,4	6	8	6	0,4		6,67
1,6	17	23	17	0,47		2,76
1,8	19	26	19	0,47		2,47
2	20	27	20	0,47		2,35
2,2	21	28	21	0,33		1,57
2,4	14	19	14	0,2		1,43
2,6	10	13	10	0,13		1,3
2,8	6	8	6	0,13		2,17
3	5	7	5	0,33		6,6
3,2	11	16	11	0,73		6,64
3,4	34	45	34	0,73		2,15
3,6	39	50	39	0,8		2,05
3,8	44	56	44	0,8		1,82
4	47	59	47	0,73		1,55
4,2	51	62	51	0,73		1,43
4,4	56	67	56	0,87		1,55
4,6	61	74	61	0,87		1,43
4,8	67	80	67	0,6		0,9
5	21	30	21	0,27		1,29
5,2	13	17	13	0,13		1
5,4	4	6	4	0,13		3,25
5,6	5	7	5	0,27		5,4
5,8	9	13	9	0,87		9,67
6	39	52	39	0,6		1,54
6,2	28	37	28	0,47		1,68
6,4	26	33	26	0,2		0,77
6,6	11	14	11	0,13		1,18
6,8	6	8	6	0,13		2,17
7	4	6	4	0,13		3,25
7,2	5	7	5	0,13		2,6
7,4	5	7	5	0,13		2,6
7,6	6	8	6	0,13		2,17
7,8	7	9	7	0,13		1,86
8	6	8	6	0,13		2,17
8,2	7	9	7	0,13		1,86
8,4	6	8	6	0,2		3,33
8,6	8	11	8	0,2		2,5
8,8	7	10	7	0,13		1,86
9	7	9	7	0,2		2,86
9,2	8	11	8	0,2		2,5
9,4	8	11	8	0,27		3,38
9,6	9	13	9	0,27		3
9,8	12	16	12	0,33		2,75
10	14	19	14	0,33		2,36

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

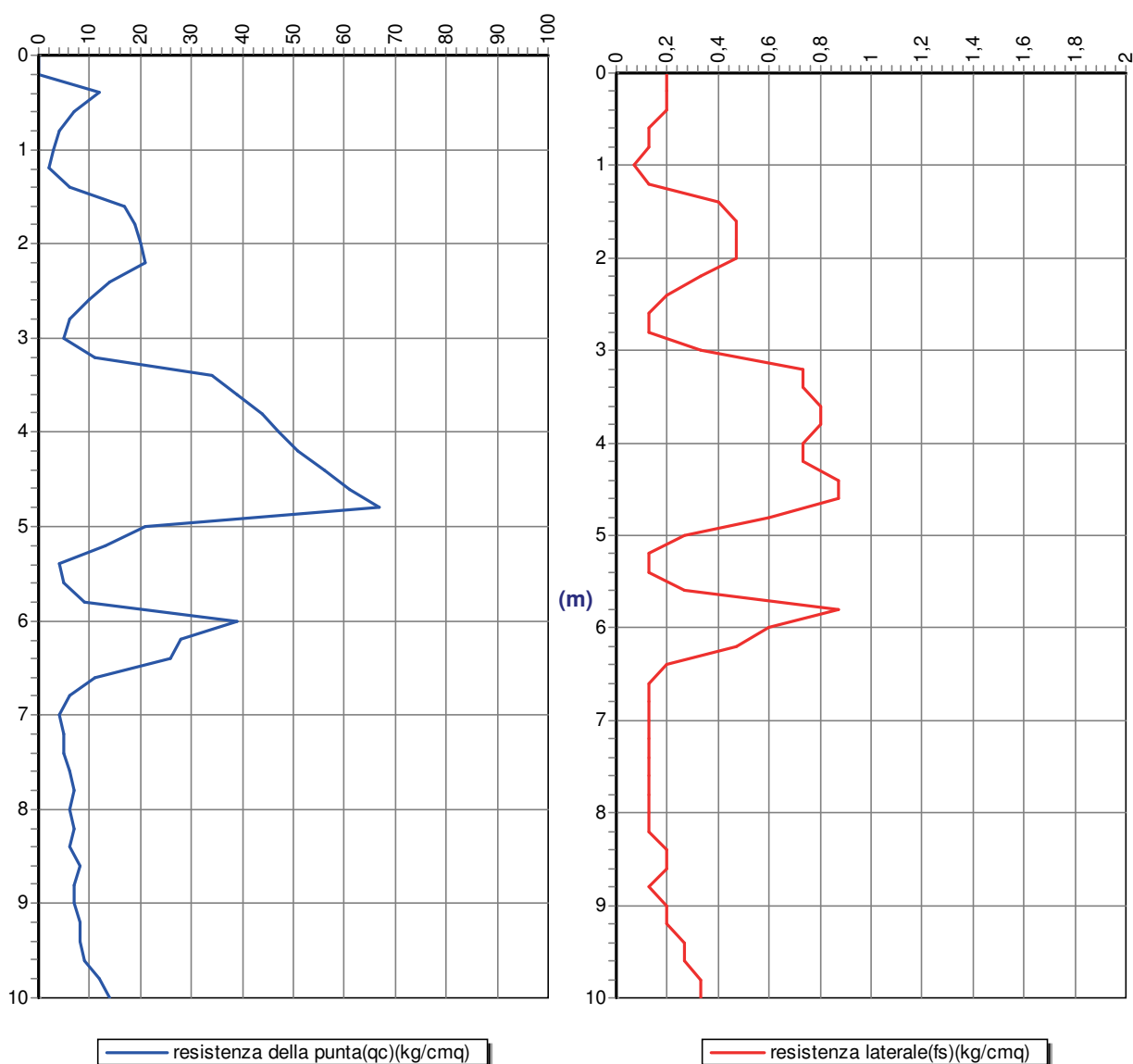
Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

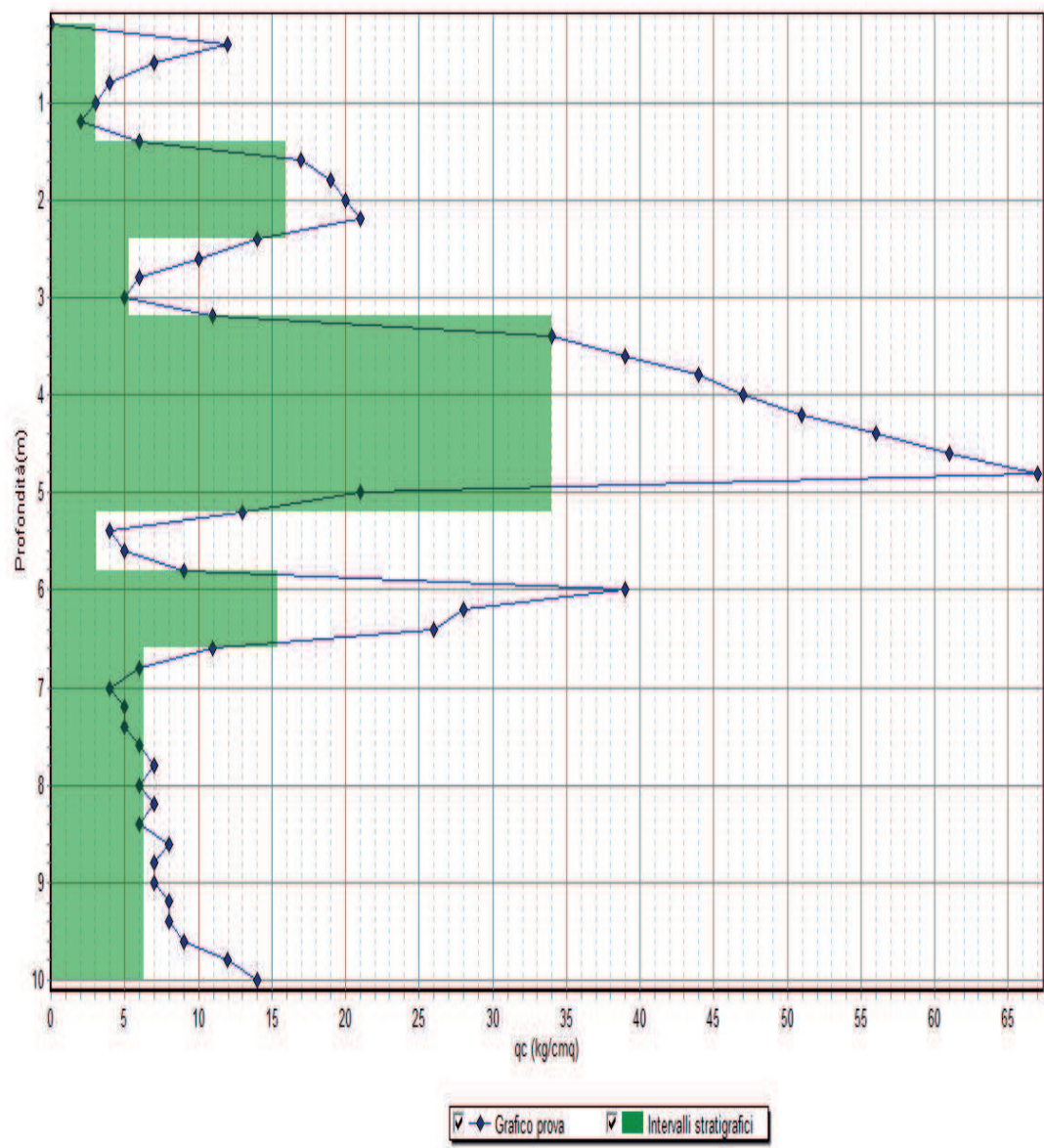
Quota(m): p.c.

Sigla: \P5

## Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): 1,5



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P5

### Stratigrafia - metodo: Searle (1979)

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Descrizione litologica	Comport. meccanico
1,4	3,05	0,09	Limo sabbioso argilloso sciolto	0
2,4	15,96	0,29	Sabbia limosa sciolta	0
3,2	5,28	0,07	Limo sabbioso argilloso sciolto	0
5,2	34,01	0,52	Sabbia med.addensata	0
5,8	3,07	-0,01	Argilla limosa soffice	1
6,6	15,37	0,15	Sabbia sciolta	0
10	6,33	0,16	Sabbia limosa argillosa sciolta	0

qc = resistenza alla punta fs = attrito laterale specifico

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio

Lunghezza della prova (m):	10	Profondità di partenza (m):	0,2
Profondità della falda (m):	1,5	Passo di lettura (cm):	20
Area della punta (cmq):	10	Area del manicotto (cmq):	150
Costante strumentale:	10	Tipo di penetrometro:	a punta meccanica
Fattore a (piezocono):	0,5	Fattore b (piezocono):	0,00726

Committente: Comune di Vicenza

Data: gennaio 2017

Note: prove ex-hangars

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Località: Parco della Pace

Quota(m): p.c.

Sigla: \P5

### Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/m <sup>3</sup> )	Densità % relativa (kg/cm <sup>3</sup> )	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	O. C. R. (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo dinamico di taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres.eff. a metà strato (kg/cm <sup>2</sup> )
1,4	3	Limo sabbioso argilloso sciolto	1,12E-7		22	1,73	15	8				55	13	0,12
2,4	16	Sabbia limosa sciolta	1,02E-5		29	1,86	38	40				152	34	0,3
3,2	5	Limo sabbioso argilloso sciolto	4,89E-5		24	1,94	15	13				75	17	0,39
5,2	34	Sabbia med.addensata	2,98E-5		33	2,08	50	85				241	47	0,54
5,8	3	Argilla limosa soffice		0,11		1,53			0,123	15	0,69	55		0,66
6,6	15	Sabbia sciolta	0,000224		29	1,94	15	38				146	21	0,71
10	6	Sabbia limosa argillosa sciolta	3,95E-7		25	1,94	15	15				84	23	0,91

Profondità della falda (m): 1,5



Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Note: prove ex-hangars

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Quota(m): p.c.

Sigla: \P5

## Metodi di calcolo dei parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Mod. edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod.edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	Densità relativa (%)	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod.dinamico di taglio incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod.dinamico di taglio coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	Rapporto di sovra consolidazione
1,4	Meyerhof	Robertson e Campanella			Harman	Schmertmann	Imai e Tomouchi		
2,4	Meyerhof	Robertson e Campanella			Harman	Schmertmann	Imai e Tomouchi		
3,2	Meyerhof	Robertson e Campanella			Harman	Schmertmann	Imai e Tomouchi		
5,2	Meyerhof	Robertson e Campanella			Harman	Schmertmann	Imai e Tomouchi		
5,8			Lunne e Eide	Mitchell e Gardner - CL				Imai e Tomouchi	Ladd & Foot
6,6	Meyerhof	Robertson e Campanella			Harman	Schmertmann	Imai e Tomouchi		
10	Meyerhof	Robertson e Campanella			Harman	Schmertmann	Imai e Tomouchi		

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P5

## Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>qc (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cm<sup>2</sup>)</i>
1,4	3,05	Limo sabbioso argilloso sciolto	0,08
2,4	15,96	Sabbia limosa sciolta	0,44
3,2	5,28	Limo sabbioso argilloso sciolto	0,15
5,2	34,01	Sabbia med.addensata	0,94
5,8	3,07	Argilla limosa soffice	0,09
6,6	15,37	Sabbia sciolta	0,43
10	6,33	Sabbia limosa argillosa sciolta	0,18

*Larghezza della fondazione (m):* 1

*Profondità di posa della fondazione (m):* 1

*Lunghezza della fondazione (m):* 10,0

*Coefficiente di sicurezza strati coesivi:* 3

*Metodo di calcolo:* Terzaghi

*Coefficiente di sicurezza strati incoerenti:* 3

Committente: Comune di Vicenza

Località: Parco della Pace

Data: gennaio 2017

Attrezzatura: Pagani 20 ton

Note: prove ex-hangars

Quota(m): p.c.

Sigla: \P5

## Calcolo del cedimento di una fondazione superficiale

Profondità (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica	Cedimento dello strato(cm)	Somma dei cedimenti (cm)
1,4	3	Limo sabbioso argilloso sciolto	3,3	3,3
2,4	16	Sabbia limosa sciolta	1,49	4,79
3,2	5	Limo sabbioso argilloso sciolto	2,63	7,42
5,2	34	Sabbia med.addensata	0,37	7,79
5,8	3	Argilla limosa soffice	0,4	8,19
6,6	15	Sabbia sciolta	0	8,19
10	6	Sabbia limosa argillosa sciolta	0	8,19

Metodi di calcolo: per gli strati incoerenti Schmertmann, per gli strati coesivi Terzaghi

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 1

Lunghezza della fondazione (m): 10,0

Carico netto applicato (kg/cm<sup>2</sup>) 0,8

k di Winkler(kg/cm<sup>3</sup>):0,11

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA**

dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)

tel./fax 0438.842312

---

# **Relazione Geofisica**

## **Sismica a Rifrazione - MASW – ReMi - HVSR**

per definizione profilo verticale Vs e parametro  $f_0$

---

### **PARCO DELLA PACE**

#### **ex hangars**

#### **Vicenza**

Coordinate WGS84

Lat. N 45,571184 Long. E 11,535398

Coordinate ED50

Lat. N 45,572094 Long. E 11,536405

---



07 febbraio 2017

il geologo  
dott. Gino Lucchetta



# Introduzione

Al fine di caratterizzare il sito dal punto di vista geofisico, è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) e ReMi (Refraction Microtremor -Louie, 2001) utili a definire il profilo verticale della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) oltre alla tradizionale sismica a rifrazione.

## 1. Interpretazione di stendimenti di sismica a rifrazione

Questo metodo, di semplice applicazione, è utilizzabile nel caso di strati orizzontali o con inclinazione uniforme e in presenza di una superficie topografica, almeno lungo lo stendimento, orizzontale. Si parte inoltre dal presupposto che la velocità dei rifrattori aumenti con la profondità. In pratica si dovrà verificare che la velocità delle onde P nel primo strato sia minore della velocità delle onde P nel secondo, a sua volta inferiore a quella del terzo, ecc. ( $V_1 < V_2 < V_3$ ).

### 1.1 Strati con interfaccia piana

Consideriamo il caso di due strati con profilo orizzontale, caratterizzati dalle velocità  $V_1$  e  $V_2$ .

Se S è la sorgente di energia e G è il geofono ricevitore, il tempo necessario perché il segnale copra la distanza SG (= x) viaggiando nel primo strato (onde dirette) sarà:

$$t = \frac{x}{V_1}$$

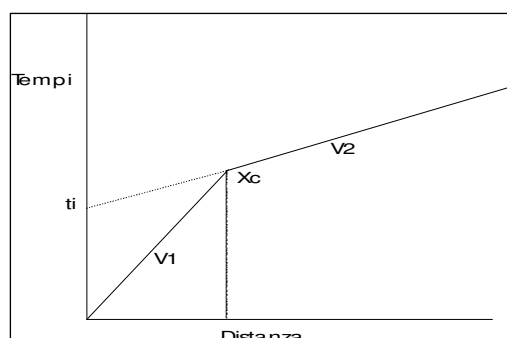
Oltre alle onde dirette, al geofono giungeranno anche le onde rifratte dal secondo strato. In questo caso il tempo necessario perché il segnale rifratto venga ricevuto è:

$$t = \frac{x}{V_2} + \frac{2h}{V_1} \cos \alpha_{12}$$

dove h è lo spessore dello strato e  $\alpha$  è l'angolo limite di incidenza. La quantità

$$\frac{h}{V_1} \cos \alpha_{12}$$

viene detto tempo di ritardo o delay time.



Ponendo su grafico in ascissa la distanza dei geofoni dallo stendimento dalla sorgente e in ordinata i tempi di arrivo del segnale ai singoli ricevitori, si ottengono due segmenti retti (dromocrone), con il secondo tratto meno inclinato del primo. I reciproci dei coefficienti angolari delle due dromocrone corrispondono alle velocità delle onde P nei due strati ( $V_1$  e  $V_2$ ). Il rapporto fra le due fornisce il valore dell'angolo limite:

$$\alpha_{12} = \arcsen\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

La profondità del secondo strato può essere ricavata attraverso la determinazione del tempo intercetto del secondo strato o dell'ascissa del punto ginocchio. Il tempo intercetto si ottiene estrapolando la dromocrona fino ad intercettare l'asse dei tempi. In pratica corrisponde al tempo di arrivo del segnale rifratto per  $x=0$ :

$$t_i = \frac{2h}{V_1} \cos \alpha_{12}$$

e quindi è uguale al doppio del tempo di ritardo. Quindi lo spessore è dato da:

$$h = \frac{t_i V_1}{2 \cos \alpha_{12}}$$

Il punto ginocchio corrisponde alla distanza alla quale arrivano contemporaneamente le onde dirette e le onde rifratte. Nel grafico coincide all'ascissa in cui giace l'intersezione delle due dromocrone. Noto  $x_c$  lo spessore del primo strato si ricava dalla relazione:

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

Nel caso di più di due strati la procedura è analoga. Il tempo di arrivo al geofono G delle onde rifratte dall'interfaccia dello strato n è fornito dalla relazione

$$t_n = \frac{x}{V_n} + \frac{2h_{n-1}}{V_{n-1}} \cos \alpha_{n-1,n} + \dots + \frac{2h_1}{V_1} \cos \alpha_{1,n}$$

Anche in questo caso le velocità dei singoli rifrattori si ottengono, calcolando il reciproco del coefficiente angolare di ogni dromocrona e i valori degli angoli limite dal rapporto delle velocità

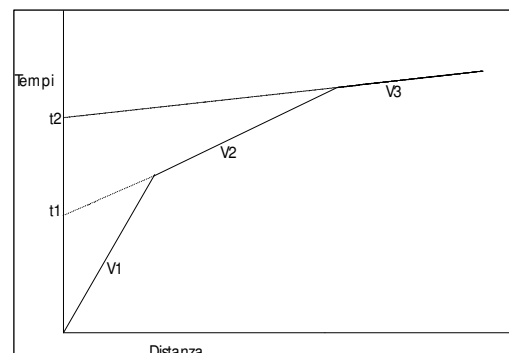
$$\alpha_{n-1,n} = \arcsen\left(\frac{V_{n-1}}{V_n}\right)$$

Per il calcolo degli spessori dei singoli strati si procede come indicato di seguito:

- si stimano i tempi intercetti di ogni dromocrona;
- si calcola lo spessore del primo strato con la relazione:  $h_1 = \frac{t_1 V_1}{2 \cos \alpha_{12}}$ , dove  $t_1$  è il tempo

intercetto della dromocrona relativa al secondo rifrattore;

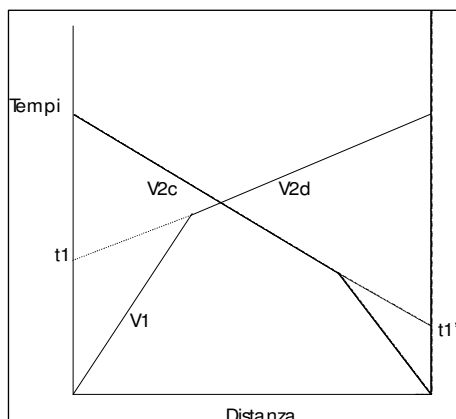
- si calcola lo spessore del secondo strato con la relazione  $h_2 = \frac{t_2 V_2}{2 \cos \alpha_{23}} - \frac{2h_1}{V_1} \cos \alpha_{13}$ , dove  $h_1$  è lo spessore del primo strato, ricavato in precedenza, e  $t_2$  il tempo intercetto del terzo rifrattore;
- si procede analogamente per gli strati rimanenti.



Nel caso il limite fra due strati non sia orizzontale, si introduce nel calcolo una nuova incognita, l'angolo  $\beta$  che il piano di strato forma con l'orizzontale. In questa situazione bisogna operare con due sorgenti (S e S') posizionate agli estremi opposti dello stendimento. Si otterranno quindi, nel



grafico distanza-tempi, due serie di dromocrone: quelle relative alle onde che viaggiano da S verso S' (tiro diretto) e quelle corrispondenti al percorso inverso (da S' a S – tiro coniugato).



Le formula che fornisce il tempo di arrivo delle onde rifratte, viste nel paragrafo precedente, è ancora valida, ma, nel caso di due strati, va riscritta come segue

$$t = \frac{x}{V_2} \cos \beta + \frac{Z + z}{V_1} \cos \alpha_{12}$$

dove Z è la distanza minima fra la sorgente S e la base del primo strato e z, analogamente, la distanza minima fra la sorgente S' e la base del primo strato. Z e z quindi non corrispondono alle profondità del rifratte.

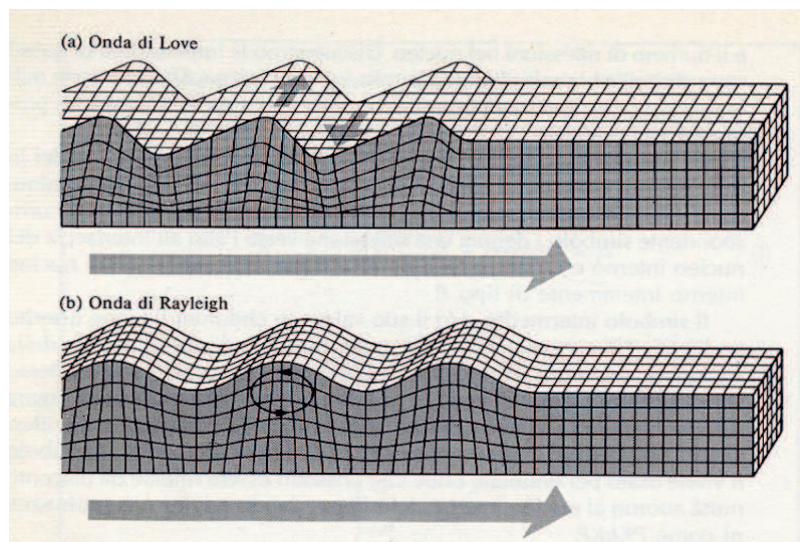
I reciproci dei coefficienti angolari delle dromocrone delle onde rifratte lungo l'interfaccia del secondo strato non forniscono le velocità reali del rifratte ma delle velocità apparenti da cui è però possibile ricavare le grandezze  $\beta$  e  $\alpha$ , essendo  $V_1$  nota. Dai tempi intercetti delle dromocrone relative allo strato 2 possono essere ricavate le grandezze Z e z ed infine, noto  $\beta$ , H e h (spessore del primo strato in corrispondenza di S e S').

### 1.2 Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.)

Nel caso in cui la morfologia del rifratte sia irregolare è possibile utilizzare il metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) (Palmer, 1980). Questa metodologia interpretativa consente di ricostruire l'andamento di strati di forma qualsiasi, anche nel caso di variazioni laterali di velocità. Questa maggiore versatilità però ha come prezzo una superiore complessità operativa, richiedendo un maggior numero di sorgenti di energia, posizionate ai due estremi e internamente allo stendimento. Infatti, per poter ricostruire l'andamento dell'interfaccia di strato lungo tutto lo stendimento, è necessario che i segnali provenienti dal singolo rifratte siano ricevuti da tutti i geofoni messi in opera. Il grafico distanza-tempi che si ottiene è considerevolmente più complesso rispetto al caso del metodo convenzionale. L'interpretazione del grafico distanza-tempi prevede la ricostruzione delle dromocrone relative ai singoli strati e quindi la stima delle velocità e delle profondità di ogni singolo rifratte.

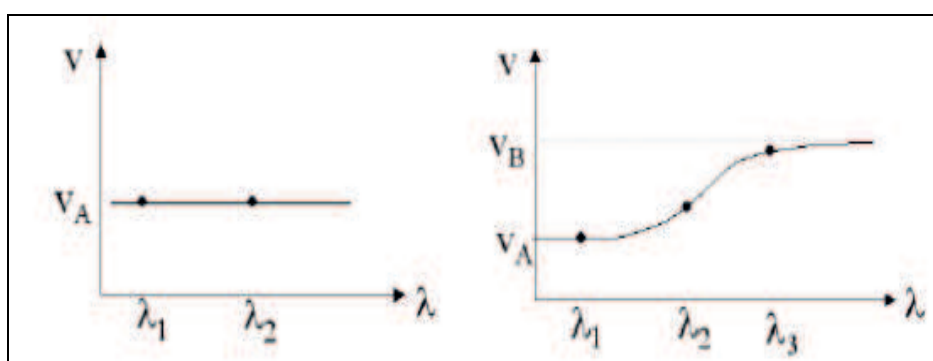
## 2. Tecnica di misurazione e interpretazione MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves - Park et al., 1999) è un metodo d'indagine geofisica, sviluppato e diffusosi negli ultimi 10-15 anni, che sfrutta le modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare delle onde di Rayleigh, generate da sorgenti artificiali (mazza battente o scoppio). Le onde di Rayleigh si muovono lungo l'interfaccia terra-aria e sono generate dalla rifrazione e riflessione multipla di onde di compressione (P) e onde di taglio che si propagano in direzione verticale (SV).



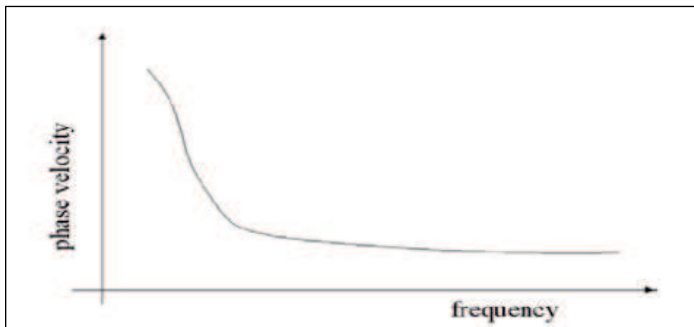
Le tecniche d'indagine geofisica basate sulla registrazione ed elaborazione degli spostamenti indotti nel terreno dal passaggio delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ne sfruttano in generale alcune caratteristiche particolari che le differenziano dalle onde di volume (P e S).

1. Le onde di superficie tendono a subire un'attenuazione del loro contenuto energetico minore rispetto alle onde di volume e quindi si propagano a distanze maggiori.
2. In un mezzo elastico omogeneo la profondità massima in cui il terreno risente del passaggio delle onde di Rayleigh è circa uguale a  $\lambda_R$ . In un mezzo eterogeneo questa profondità è compresa normalmente fra  $0,5\lambda_R$  e  $1,0\lambda_R$ . Questo significa che le lunghezze d'onda maggiori (frequenze minori) trasportano informazioni relative agli strati di terreno più profondi, mentre quelle minori (frequenze maggiori) coinvolgono solo i livelli più superficiali.
3. La velocità con cui si propaga un'onda di superficie di una data frequenza  $f$  (o lunghezza d'onda  $\lambda$ ) viene detta velocità di fase. In un mezzo omogeneo la velocità di fase delle onde di superficie ( $V_A$ ) non cambia al variare della frequenza d'onda. Al contrario in un mezzo stratificato, in presenza cioè di terreni sovrapposti con differenti caratteristiche meccaniche, la velocità di fase ( $V_B$ ) dipende dal valore di  $f$  (o di  $\lambda$ ).



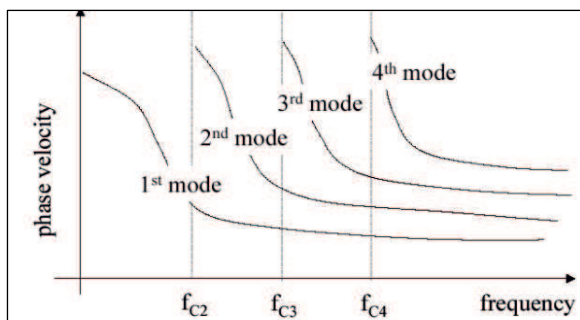
Le tecniche d'indagine MASW sfruttano queste tre caratteristiche delle onde di superficie, e in particolare di quelle di Rayleigh, per ottenere un profilo dell'andamento della velocità di fase in funzione della frequenza, da correlare con la velocità delle onde di taglio S.

La caratteristica (1) consente in pratica l'effettuazione di registrazioni delle onde generate dalla sorgente senza dover subire un disturbo significativo da parte delle onde di volume. La caratteristica (2) permette di associare a ogni frequenza del segnale, o lunghezza d'onda, una profondità d'indagine differente: le frequenze più basse sono collegate alle profondità maggiori e viceversa. La caratteristica (3) consente infine di vincolare ogni frequenza ad una velocità di fase precisa.



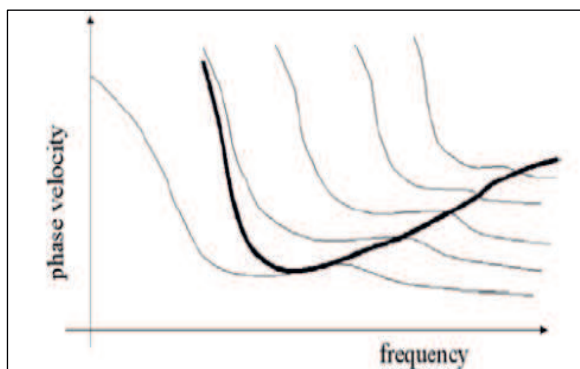
L'obiettivo dell'elaborazione di un segnale acquisito con la tecnica MASW è essenzialmente quello di ricavare la curva

di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh. Il termine 'curva di dispersione' sta a indicare che le velocità di fase tendono a disperdersi, in un mezzo eterogeneo, in funzione della frequenza.



Una complicazione importante nasce dal fatto che, in un mezzo eterogeneo, il terreno può vibrare in modi differenti e a ognuno di questi modi è associabile un curva di dispersione differente.

Anche se solitamente al modo fondamentale (1° modo) è associata l'energia maggiore, in alcuni casi, almeno per determinati intervalli di frequenze, si può avere la predominanza dei modi superiori. Congiungendo, per ogni valore di frequenza, i valori corrispondenti alla massima ampiezza spettrale si ottiene una curva di dispersione apparente, data dalla sovrapposizione di modi di vibrazione differenti.



Il grafico frequenza-velocità di fase si ottiene, partendo dal sismogramma di campagna, attraverso l'applicazione di una doppia trasformata di Fourier alle tracce acquisite, prima nel dominio del tempo (tempo di campionamento-frequenza  $f$ ) e quindi in

quello dello spazio (spaziatura dei geofoni-numero d'onda  $k$ ). Si ottiene così un diagramma, detto spettro f-k, in cui è evidenziato il modo in cui si distribuisce la densità di energia associata al segnale. Poiché già a una piccola distanza dalla sorgente superficiale il contributo delle onde di volume all'energia totale diventa trascurabile, lo spettro f-k consente di far emergere la curva di dispersione delle onde di superficie.

Il passaggio dallo spettro f-k al grafico frequenza-velocità di fase si ottiene trasformando i valori di  $k$  in valori di  $v$  con la relazione:

$$v = 2 \pi f / k$$

Una volta generato il profilo dell'andamento delle Vs in profondità, è possibile calcolare la funzione di trasferimento, evidenziando in tal modo le frequenze di risonanza del terreno; si precisa

che tale dato ricavato dalla MASW viene riportato solo in caso di congruenza con il responso della specifica indagine HVSR.

Per quanto riguarda la finestra di frequenze utili per l'interpretazione, di solito si fa riferimento a un intervallo compreso fra 3-4 Hz fino a 50-60 Hz. Il limite inferiore è legato alla frequenza di risonanza dei geofoni normalmente usati nella tecnica MASW che è solitamente di 4,5 Hz. Il limite superiore deriva dalla considerazione che onde di superficie con frequenza superiore a 50-60 Hz di solito interessano solo i primi centimetri di terreno sotto il piano campagna e quindi hanno scarsa utilità pratica.

L'interpretazione della curva di dispersione avviene attraverso un procedimento detto di inversione. Poiché nel caso di un terreno stratificato non è possibile applicare una procedura di soluzione diretta, cioè dalla curva di dispersione al modello stratigrafico, a causa della non univocità del problema (alla stessa curva di dispersione sono associabili più profili di  $V_s$ ), si opera con un procedimento inverso. In pratica, fissato il modello stratigrafico iniziale, l'inversione avviene con il metodo dei minimi quadrati, modificando a tentativi, con un procedimento iterativo, i parametri velocità delle onde S, peso di volume, spessore e coefficiente di Poisson di ogni strato e ricalcolando quindi, a ogni iterazione, la deviazione standard del nuovo modello rispetto al precedente. Per tener conto di un comportamento debolmente dissipativo del terreno, i valori di velocità delle onde P e S inseriti nel modello vengono corretti inserendo un fattore di smorzamento. Nel programma GeoMASW viene preimpostato un fattore di smorzamento uguale a 0,05 per le onde S e uguale a 0,017 per le onde P.

### **3. Tecnica di misurazione e interpretazione ReMi**

La tecnica ReMi (Refraction Microtremor) è un metodo d'indagine geofisica che sfrutta invece le modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare delle onde di Rayleigh, generate però da sorgenti ambientali (tecnica passiva).

A differenza di quanto avviene nell'indagine eseguita con la tecnica MASW, dove la posizione delle sorgenti è nota ed è allineata allo stendimento, nel caso del ReMi i punti di origine dei microtremori sono spesso non identificabili. Quindi la registrazione viene protratta per tempi più lunghi. Essendo la potenza associata al segnale utile comparabile con quella del rumore di fondo è necessario rilevare un numero di tremori molto elevato, questo sarà ottenibile semplicemente andando a allungare i tempi di registrazione del segnale. A differenza dei pochi secondi necessari per acquisizioni MASW sono qui necessari da alcuni a molti minuti di acquisizione (in genere 10 - 20 minuti sono sufficienti).

I principi teorici e gli aspetti di acquisizione ed elaborazione dei dati sono sostanzialmente gli stessi della tecnica MASW con la differenza che con ReMi si ha una maggior definizione degli strati profondi.

#### **1. Tecnica di misure ed interpretazione HVSR (tramite TROMINO)**

Tale prospezione sismica si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause antropiche che naturali. Questa tipologia di tecniche (definite metodi sismici passivi) non ha bisogno di alcuna energizzazione esterna poiché utilizza come sorgente il traffico veicolare, la produzione industriale,

il vento, la pioggia e tutto ciò che è in grado di produrre una minima vibrazione sulla superficie del suolo.

In particolar modo con la tecnica a “ Stazione Singola” viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero “Horizontal to Vertical Spectral Ratios) (Nakamura, Y. [1989]). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale ( $f_0$ ) di questa vibrazione a partire dagli spettri di rumore sismico registrati in sito.

Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra  $f$ , lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed-rock) e la velocità media ( $V_s$ ) delle onde simiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato a partire dalla relazione:  $1/f = T = 2\pi/\omega = 4H/V_s$ .

Si possono inoltre effettuare delle considerazioni di tipo “qualitativo” molto utili in merito a possibili interferenze tra le frequenze risonanti del suolo e degli edifici sovrastanti.

La misura di rumore sismico della durata di 20 minuti per ogni punto di misura è eseguita con una frequenza di campionamento a 128 Hz.

## **2. Integrazione dei dati**

Per esperienza la prova MASW fornisce una migliore definizione dei sismostrati nei primi metri, fino a 10-15 m in genere; la ReMi consente di avere l'intera stratigrafia fino ai 30 m e oltre mentre la rifrazione consente di visualizzare le superfici di discontinuità/passaggio tra litologie diverse, generalmente fino ai 20 m di profondità. I risultati ricavati da tali indagini possono poi essere associati alle frequenze dei picchi dell'HV e ricavare anche da questa prova una stratigrafia di  $V_s$ .

## **3. Strumentazione impiegata**

### Hardware

L'acquisizione dati per l'elaborazione MASW, ReMi e sismica a rifrazione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali (mod. Dolang Geophysical DBS280B 24 bit 24 canali) collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz. Per l'energizzazione è utilizzato un piattello metallico di battuta ed una mazza da 10 kg.

Per HV è utilizzato un tromografo digitale modello “Tromino” (Moho srl) avente un intervallo di acquisizione sulle frequenze da 0.1 a 256 Hz, dotato di sistema di acquisizione digitale ad alta risoluzione (24 bit) e primo processamento interno. La livellazione micrometrica dello strumento è stata assicurata per ogni misura tramite bolla di precisione agendo sui tre punti di appoggio (punte) ed orientando uno dei 3 sensori di acquisizione (ortogonali tra loro) verso il N magnetico.

### Software

Per le analisi dei dati acquisiti si sono adottati i software GeoMASW , GeoReMi, SismaCon di ProgramGeo (Brescia) e il software Grilla (Moho srl).



# Sito Stendimento Sismico St

L'immagine a seguire mostra l'ubicazione (.....) dello stendimento sismico effettuato ai fini della ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo (A= tiro diretto; R= tiro coniugato)

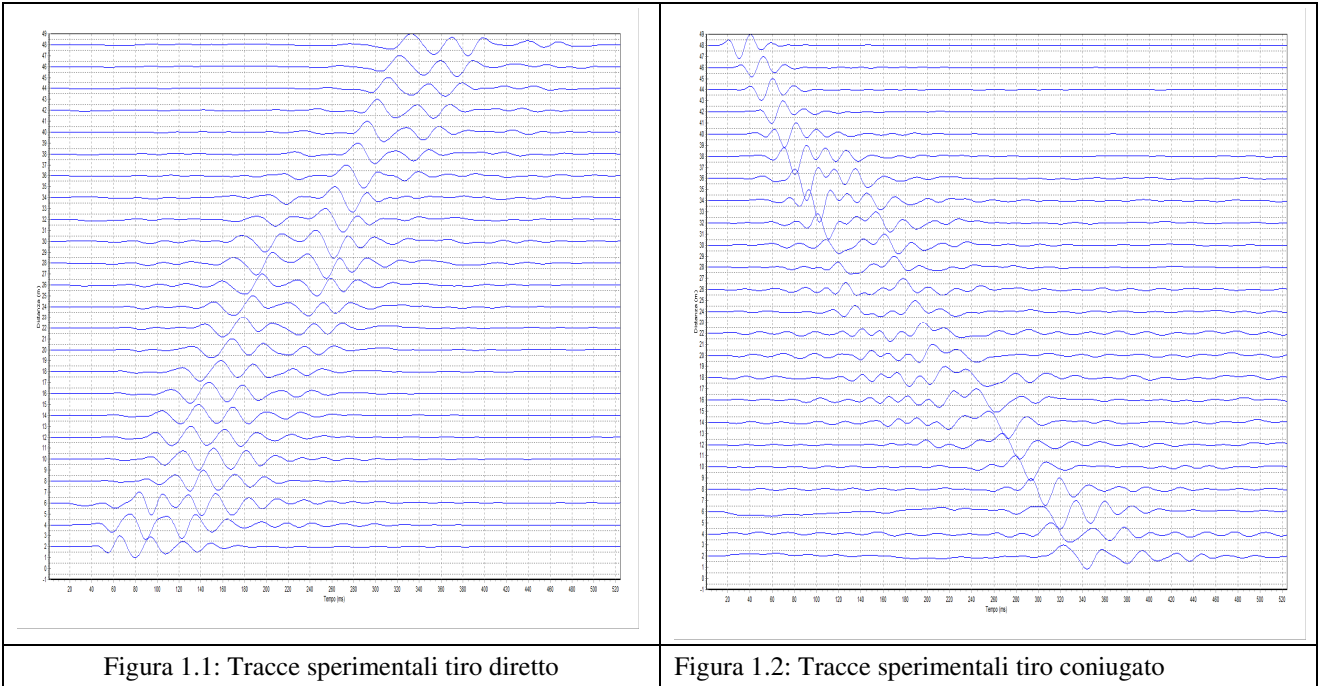




Lo stendimento sismico geofonico lineare multicanale con geofoni verticali (4.5 Hz) è stato posizionato e utilizzato per le prospezioni sismiche tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), ReMi (Refraction Microtremor) e Sismica a Rifrazione, analizzano le onde di superficie.

### Dati strumentali stendimento (St)

Numero di geofoni.....	24
Distanza tra i geofoni: .....	2 m
Numero di campioni temporali.....	2048
Passo temporale di acquisizione.....	0.6 ms
Numero di ricevitori usati per l’analisi.....	24



L’interpretazione è stata effettuata sulla base di due sorgenti (mazza su piattello di battuta) poste rispettivamente 1 metro prima del primo geofono e 1 m oltre l’ultimo geofono.

Il metodo utilizzato è il Metodo convenzionale (metodo del tempo di ritardo - delay time); tale metodo è utilizzabile nel caso di strati orizzontali o con inclinazione uniforme e in presenza di una superficie topografica, almeno lungo lo stendimento, orizzontale. Si parte inoltre dal presupposto che la velocità dei rifrattori aumenti con la profondità. In pratica si dovrà verificare che la velocità delle onde P nel primo strato sia minore della velocità delle onde P nel secondo, a sua volta inferiore a quella del terzo, ecc. ( $V_1 < V_2 < V_3$ ), così come nel caso in esame.

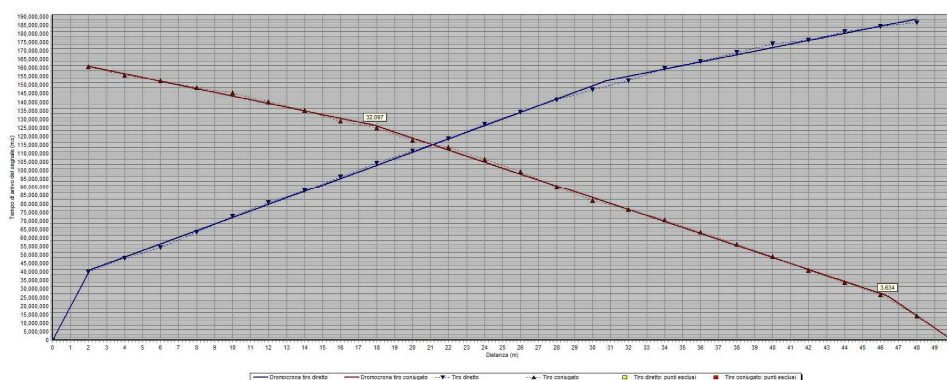


Figura 1.3: grafico generale curva distanza-tempo

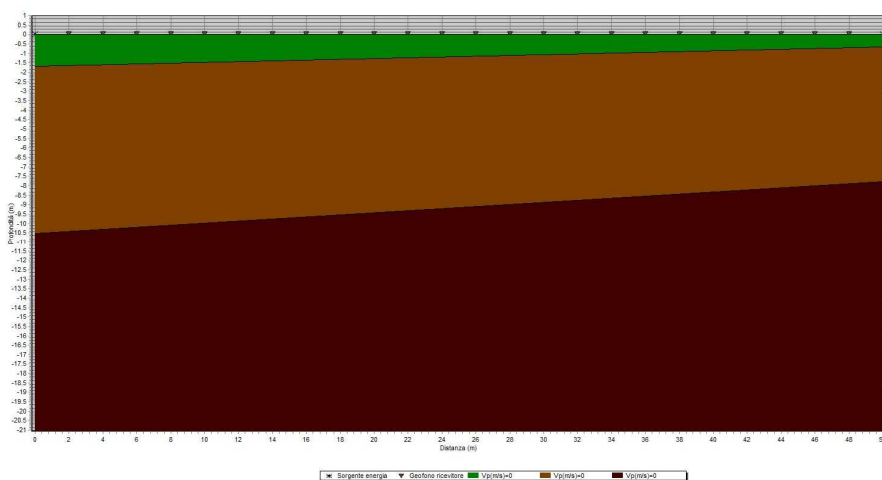


Figura 1.4: Sezione stratigrafica interpretata A=sinistra R= destra

La sezione stratigrafica è stata interpretata sulla base dei valori delle velocità delle onde P considerando il profilo topografico orizzontale e gli strati inclinati in maniera pseudo-uniforme.

Strato n.	Vp (m/s)	Hs(m)	Hd(m)	rd	ri
1	525	1.68	0.669	1	1
2	746	10.53	7.794	0.999	0.999
3	1148			0.991	0.995

**LEGENDA:**  
Hs = spessore strato lato sinistro;  
Hd = spessore strato lato destro;  
Vp = velocità delle onde P.  
Vs = velocità delle onde S.  
rd = coefficiente correlazione tiro diretto  
ri = coefficiente correlazione tiro inverso

La sezione sismostratigrafica è giudicata attendibile fino a circa 15 m di profondità, in coerenza con gli altri tipi di analisi descritte in seguito; in realtà la profondità indagata arriva a circa 25 m.

## Conclusioni (rifrazione)

L'indagine ha evidenziato 3 sismostrati significativi coi rispettivi valori:

	Vp m/s	Profondità A m	Profondità R m	Profondità media m
primo sismostrato	525	1,7	0,7	1,0
secondo sismostrato	746	10,5	7,8	9,0
terzo sismostrato	1148	non definito	non definito	non definito

## Analisi MASW

Frequenza minima .....5Hz

Frequenza massima .....48Hz

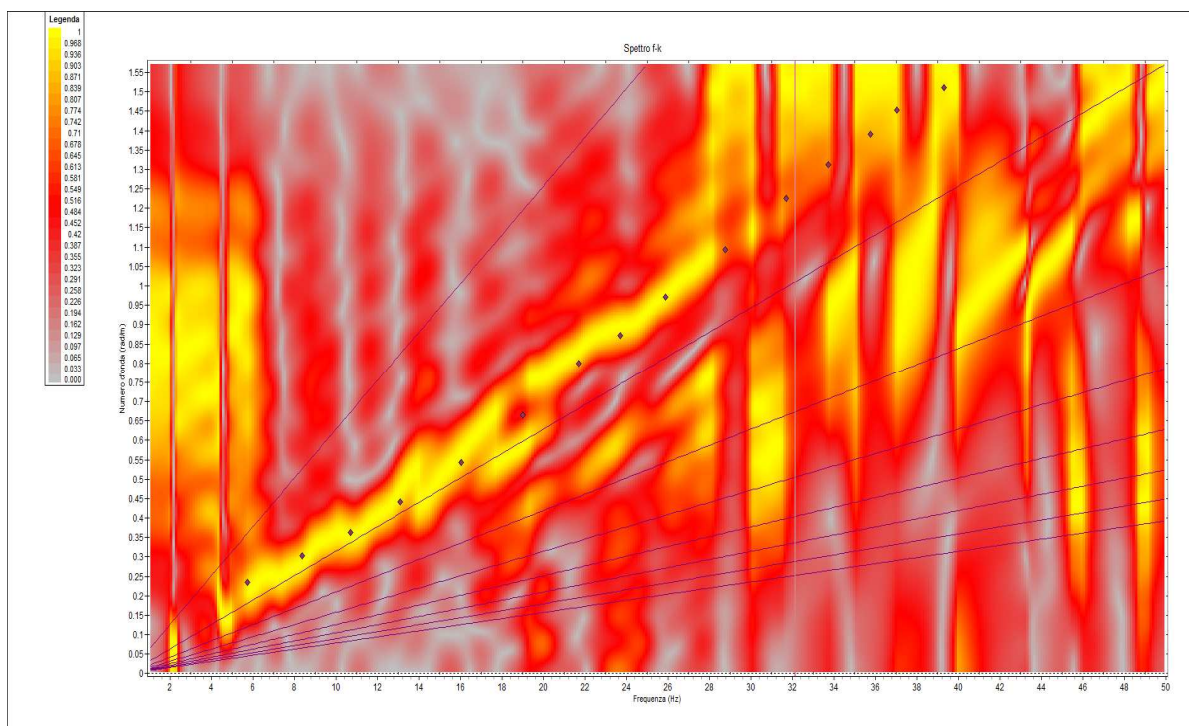


Figura 1.5: Spettro f – k

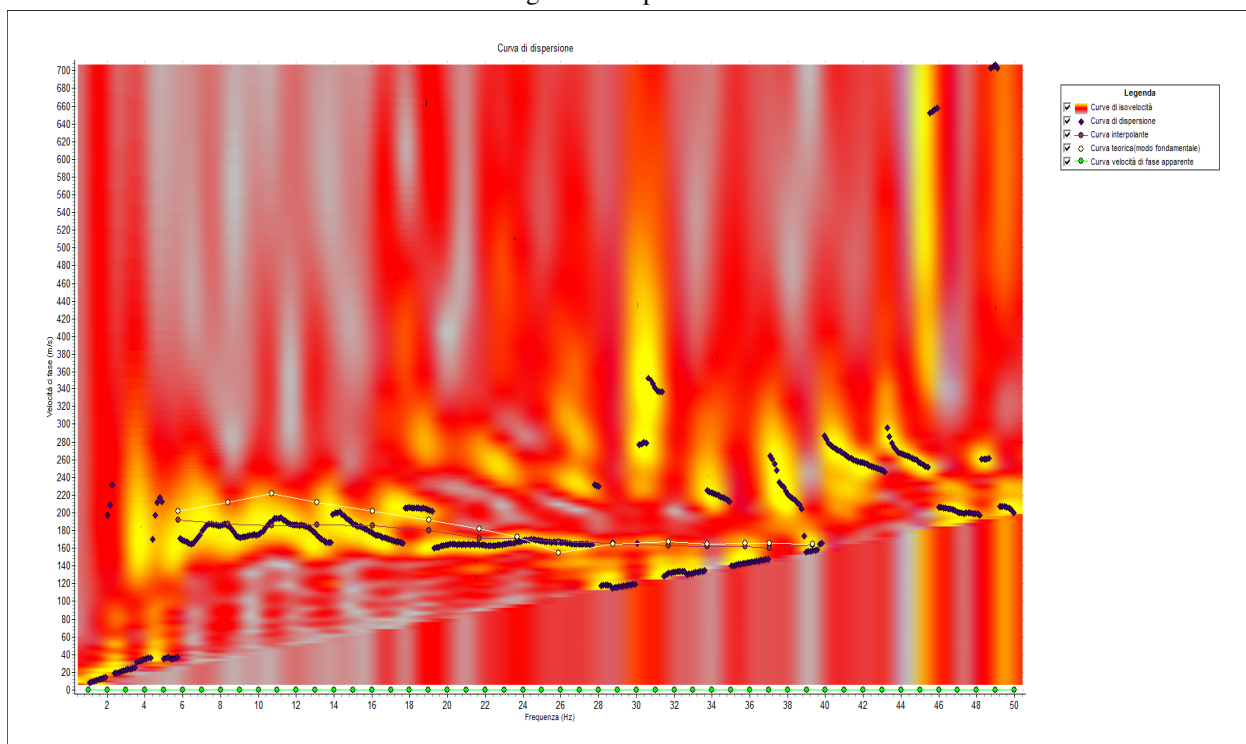


Figura 1.6: Curva di dispersione

L'interpretazione utilizza un algoritmo di inversione che consente di generare una curva di dispersione teorica una volta inserito un modello stratigrafico iniziale del terreno fino alla profondità desiderata e le caratteristiche del semispazio elastico di riferimento.

Procedendo per tentativi, secondo la procedura di Dunkin (1965) modificata da Watson (1970), il programma modifica in automatico il modello iniziale fino a quando lo scarto quadratico medio calcolato fra curva sperimentale e teorica non scende sotto un valore di soglia impostato e modificabile dall'operatore.

Poiché generalmente il metodo empirico genera in automatico un numero elevato di strati, si semplifica il modello iniziale generando mediando i livelli con valori di Vs simili.

Numero di strati (escluso semispazio)..... 4  
 Spaziatura ricevitori [m]..... 2 m  
 Numero ricevitori ..... 24

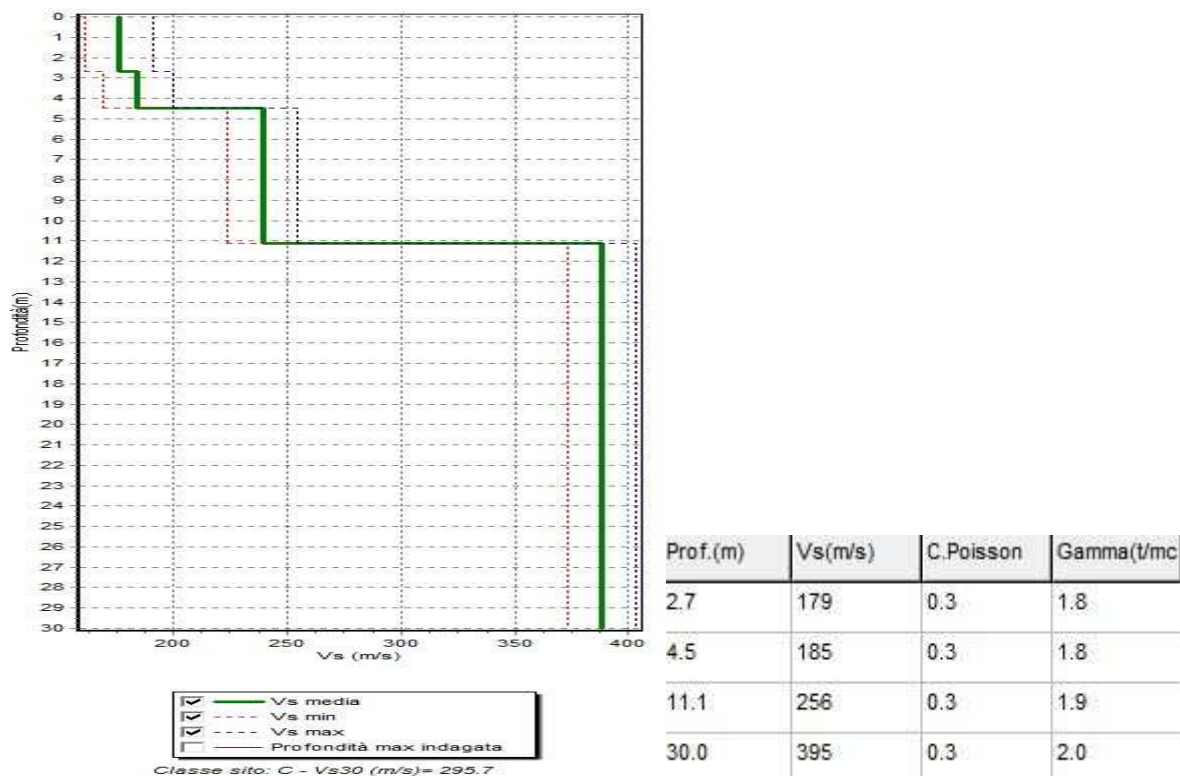


Figura 1.7: Profilo Vs numerico

L'indagine ha fornito dati affidabili MASW sino ad una profondità di circa 11-12 m.

### **Conclusioni (MASW)**

L'indagine ha evidenziato 4 sismostrati significativi coi rispettivi valori:

	Vs m/s	Profondità m
primo sismostrato	179	0-2,7
secondo sismostrato	185	2,7-4,5
terzo sismostrato	256	4,5-11
quarto sismostrato	395	11-
quinto sismostrato		



## Analisi ReMi

Numero di ricevitori ..... 24  
Distanza tra i sensori: ..... 2 m  
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....24

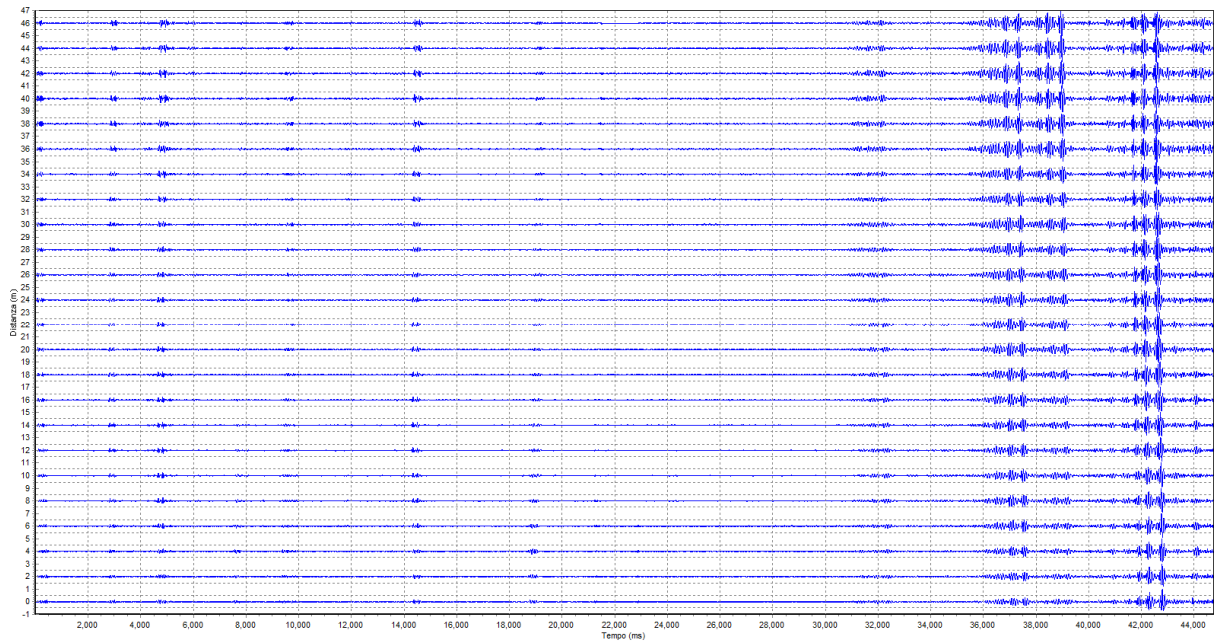


Figura 2.1: Tracce sperimentali

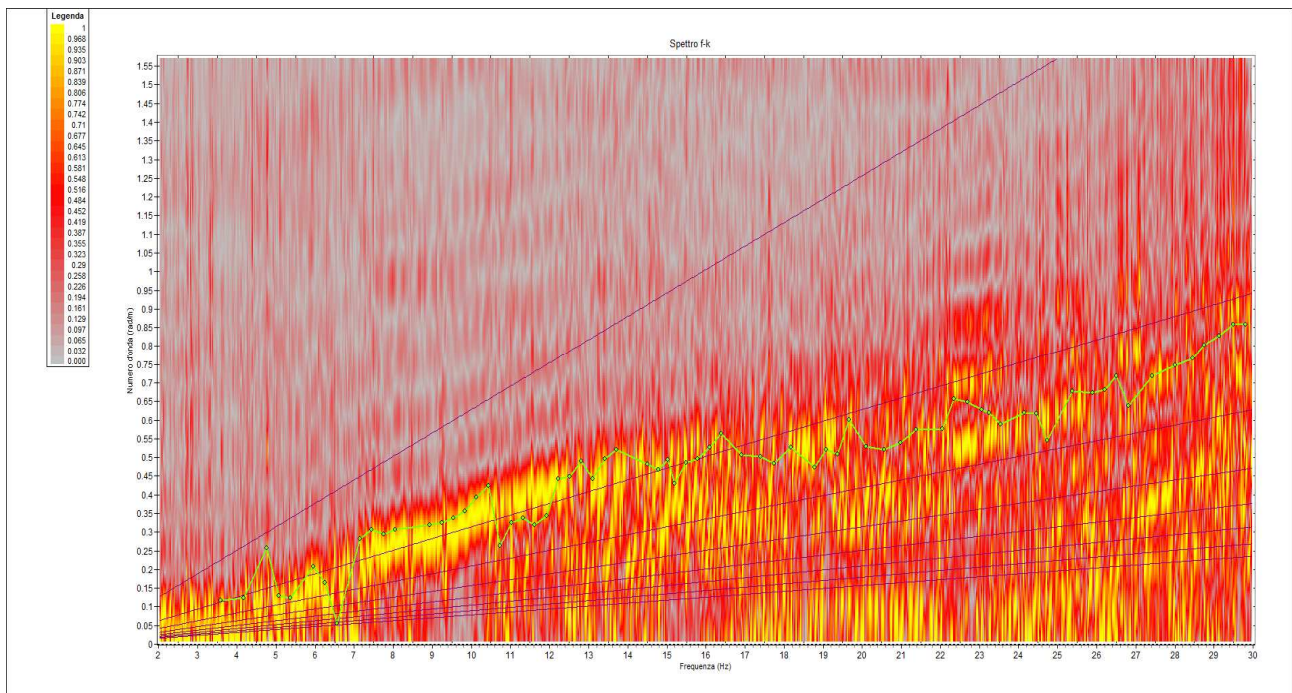


Figura 2.2: Spettro f - k

L'interpretazione utilizza un algoritmo di inversione che consente di generare una curva di dispersione teorica una volta inserito un modello stratigrafico iniziale del terreno fino alla profondità desiderata e le caratteristiche del semispazio elastico di riferimento.

Procedendo per tentativi, il programma modifica in automatico il modello iniziale fino a quando lo scarto quadratico medio calcolato fra curva sperimentale e teorica non scende sotto un valore di soglia impostato e modificabile dall'operatore.

Poiché generalmente il metodo empirico genera in automatico un numero elevato di strati, si semplifica il modello iniziale generato mediando i livelli con valori di Vs simili.

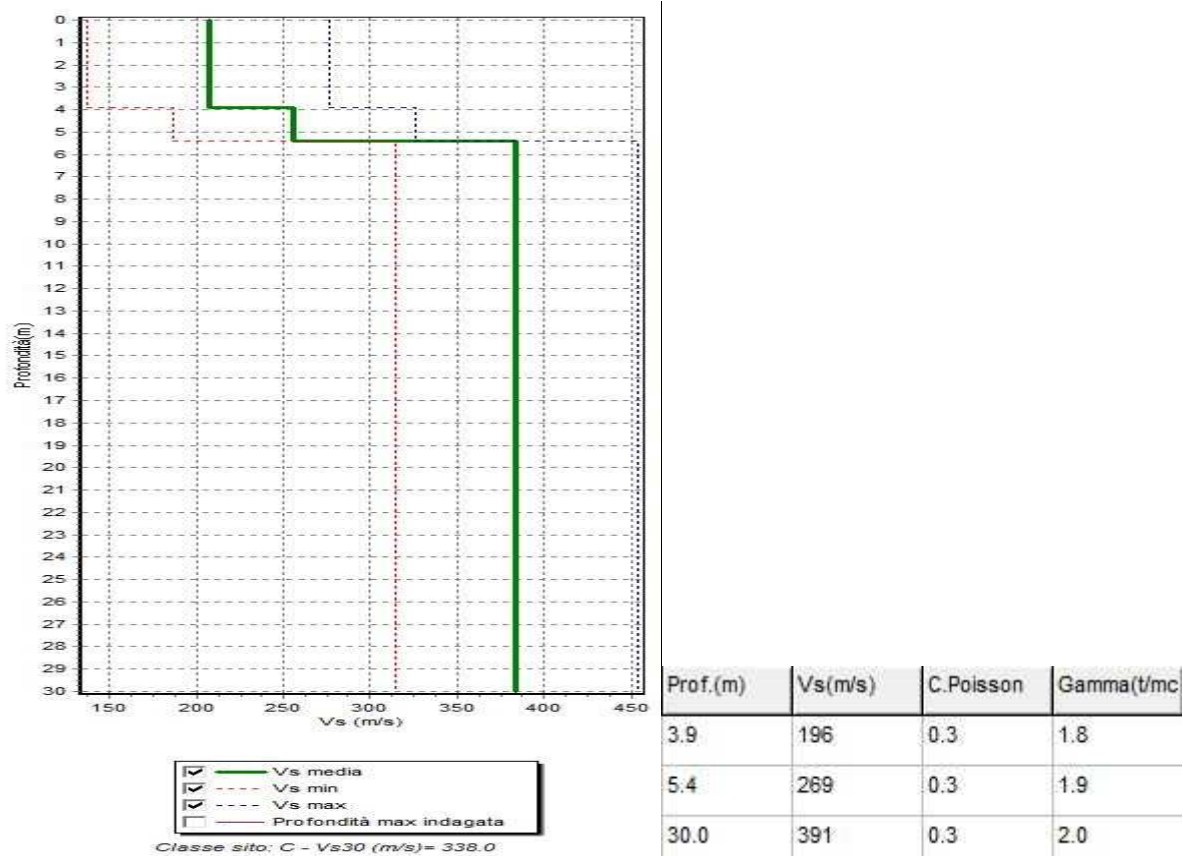


Figura 2.3: Profilo ReMi Vs numerico

L'indagine ha fornito dati affidabili ReMi sino ad una profondità di circa 30 m.


## Conclusioni (ReMi)

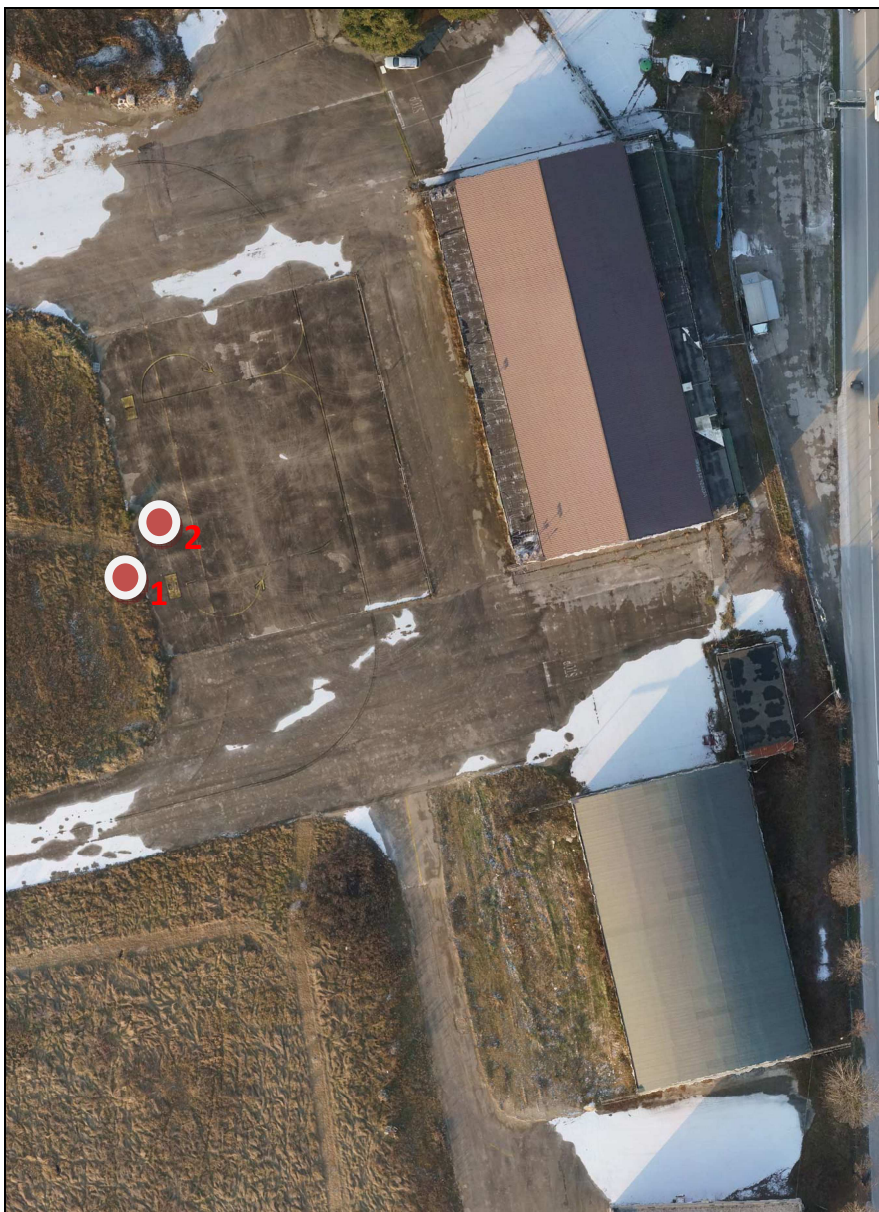
Secondo la misura sperimentale effettuata, la modellazione del sottosuolo è la seguente:

	Vs m/s	Profondità m
primo sismostrato	196	0-3,9
secondo sismostrato	269	3,9-5,4
terzo sismostrato	391	5,4-30
quarto sismostrato		
quinto sismostrato		



## Periodo proprio di risonanza del suolo (HV)

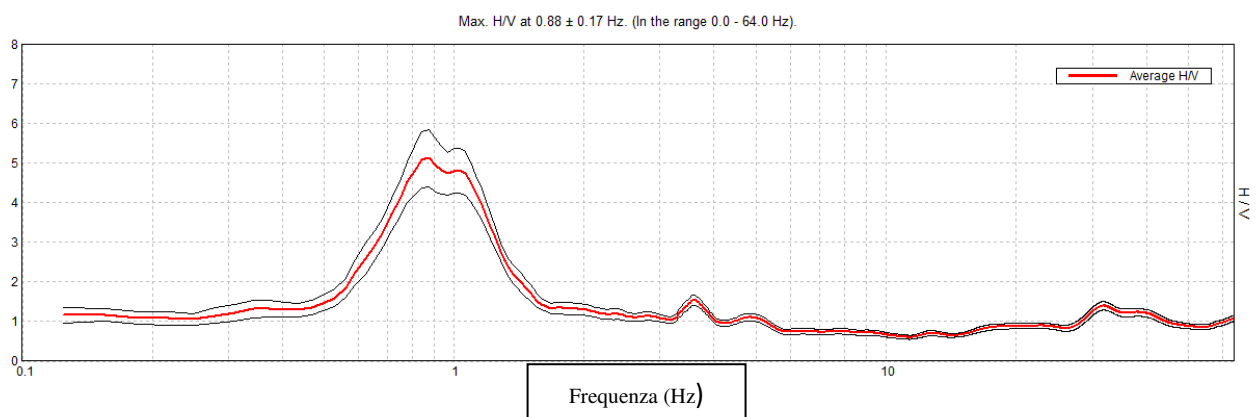
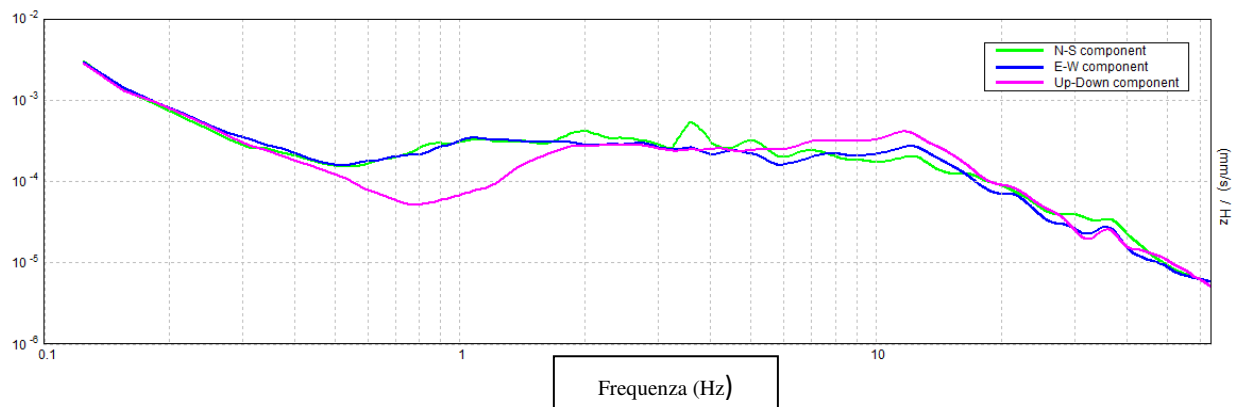
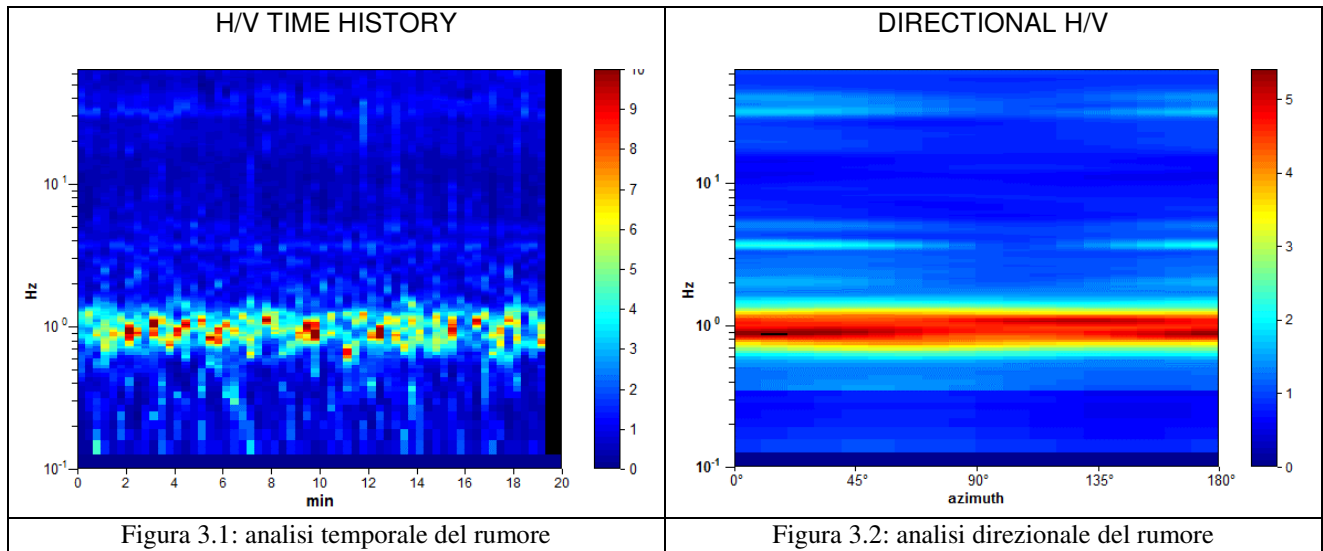
La foto aerea mostra l'ubicazione delle indagini denominate HV (  ) con indicati i punti di acquisizione di rumore sismico ambientale finalizzate alla definizione del periodo proprio di vibrazione del suolo.



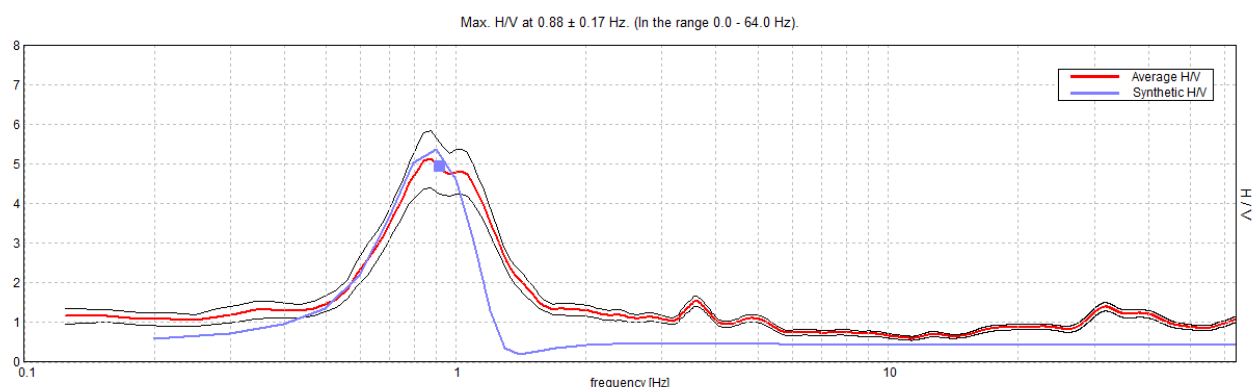
Nello studio specifico degli effetti di sito, la frequenza di campionamento utilizzata è di 128 Hz, con tempi di misura dell'ordine di 20 minuti.

Sono stati eseguite due acquisizioni ma quella indicata con 2 è risultata troppo disturbata e con evidenti segni di inversione di velocità per la presenza della soletta di calcestruzzo per cui non è stata utilizzata.

# Analisi HV1



# INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
100.00	100.00	329	0.40
inf.	inf.	805	0.40

Vs(0.0-30.0)=329 m/s

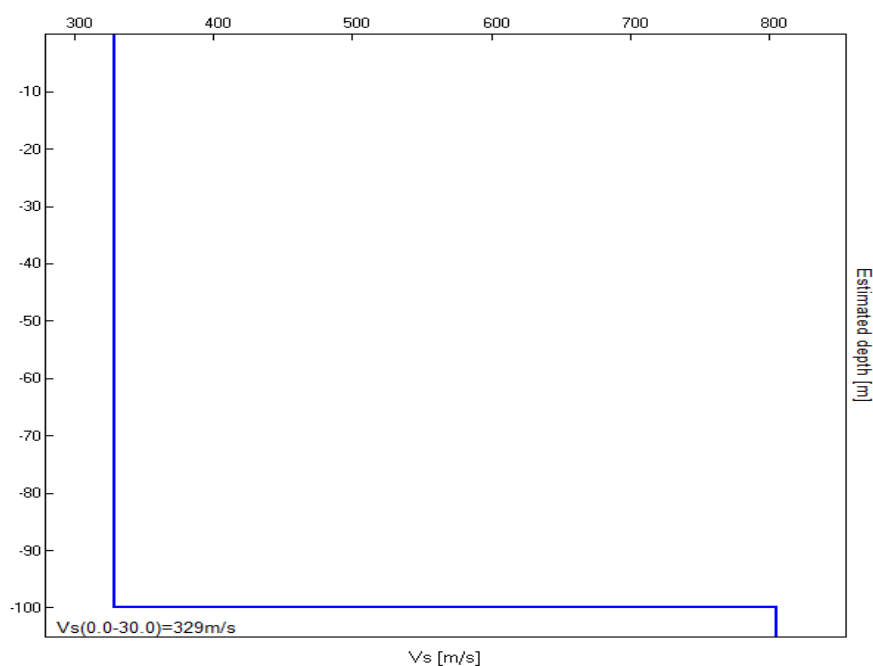


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

	Frequenza H/V	Rapporto H/V	Considerazioni
<b>picco principale</b>	<b>0,88 Hz</b>	<b>5,12</b>	Dato registrato in condizioni di moderato rumore antropico soprattutto tra 2 e 30 Hz
<b>f<sub>0</sub></b> (se diverso da picco principale)			
altri picchi			

Tutte le misurazioni sono state testate per validarne l'efficacia tramite i parametri suggeriti dal Progetto Europeo SESAME:

**Max. H/V at  $0.88 \pm 0.17$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1050.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 43 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.12 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19627  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.17173 < 0.13125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7137 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	$< 0.2$	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	$> 2.0$
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

In merito ai criteri Sesame, per la completa affidabilità della curva HVSR devono avere positivi i primi tre parametri; in caso contrario la prova risulterà meno affidabile ed è cura dell'operatore scartarla o mantenerla. Gli altri sei criteri invece si riferiscono ad un chiaro e pulito segnale del picco massimo; in questo caso devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi; se così non è, significa che il segnale è sporco e potrebbero esserci altri picchi o nessun picco.

Nel nostro caso gli esiti negativi sono dovuti al disturbo derivante dalle prove penetrometriche in corso e dal traffico.

## SINTESI dei risultati finali

I profili di velocità, elaborati con le tre tecniche di indagine, hanno consentito di riconoscere, sulle verticali di restituzione delle informazioni sismostratigrafiche, orizzonti con caratteristiche elastiche e velocità delle onde S variabili entro i primi 30 m di sottosuolo. Tutte le indagini hanno evidenziato un incremento delle velocità con la profondità, significativo di volumi di materiale con discreto grado di addensamento e/o maturazione. Non è stato intercettato il bedrock sismico entro i primi 30 m di profondità. Anche le prove HV confermano sostanzialmente quanto ricavato dalle altre prove lineari. In sintesi:

	Prof. m	litologia	Vs m/s	Rifrazione Vp	MASW Vs	ReMi Vs	HVSR Vs
1	Da 0 a 4-5	Limi sabbiosi e sabbie	220	0-1 m	0-4,5 m	0-5,4 m	m
				525 m/s	180 m/s	240 m/s	m/s
2	Da 4-5 a 9-11	Limi argillosi	260	1-9 m	4,5-11 m	m	m
				746 m/s	256 m/s	m/s	m/s
3	Da 9-11 a 30	Sabbie	390	>9 m	> 11 m	> 5,4 m	0-30 m
				1148 m/s	395 m/s	390 m/s	329 m/s
4	Da 30 a 100			m	m	m	30-100 m
				m/s	m/s	m/s	329 m/s
5	Oltre 100			m	m	m	>100 m
				m/s	m/s	m/s	805 m/s
PARAMETRO Vs da MASW		Vs 30 = 338 m/s					
PARAMETRO Vs da ReMi							
FREQUENZA del TERRENO		0,88 Hz		Rapporto H/V		5	

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella **categoria C**

### **Suolo di tipo C**

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30, compresi fra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt}, 30 < 50$  nei terreni a grana grossa o  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Naturalmente il vero dato di velocità va considerato in un ragionevole intorno del dato proveniente dalle elaborazioni sperimentali ( $\pm 10\%$ ), per cui i terreni con velocità borderline vengono cautelativamente attribuiti alla categoria inferiore.

Una elaborazione più spinta dei dati con l'introduzione di filtri particolari avrebbe portato a risultati opinabili. Le conclusioni riguardano quindi solo le elaborazioni dei dati ritenuti attendibili.

Pieve di Soligo, 07/02/2017

il Geologo



dott. Gino Lucchetta