

Provincia di Cuneo
Comune di Moretta

Progetto di costruzione di montalettighe
a servizio di Casa di Riposo "Villa Loreto"

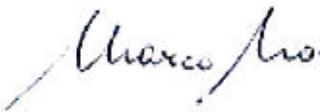
**RELAZIONE GEOLOGICA E DI
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA**

ADEMPIMENTI NORMATIVI: D.M. 14 gennaio 2008 – NTA PRG

Committente: Comune di Moretta

ALLEGATA TAVOLA FUORI TESTO:
Planimetria di ubicazione delle indagini e
sezioni geologico-tecniche

Dott. Geol. Marco NOVO




8 Luglio 2011

**Studio
PR GEA**

di Marco Novo Geologo
Via Carducci 15, 13044 CRESCENTINO (VC)
Tel. 01 61-842055/348-2443334

e-mail: marco.novo@geologi.piemonte.it
marco.novo@studioprogea.com
www.studioprogea.com

Domicilio Fiscale: via Piazzone 19 - 10020 BROZOLO (To)
PIVA 07633500017 CF NVOMRC62B13L 219H

1 PREMESSA

Su incarico della committenza, in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni) ed alle NTA del PRG comunale, viene redatta una relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica a supporto del progetto di costruzione di montalettighe a servizio della Casa di Riposo "Villa Loreto", in comune di Moretta.

Sul sito di intervento sono state eseguite le seguenti indagini dirette:

a) n. 1 prova penetrometrica dinamica standard, prodotta con penetrometro superpesante Pagani TG 63-100 sino a profondità di 16,20 m;

b) n. 1 sondaggio a carotaggio continuo con metodologia Geoprobe Direct-push fino a circa 8 metri di profondità, con installazione di tubo piezometrico sul quale produrre la misura di soggiacenza della prima falda;

c) n. 1 sondaggio a rotazione a carotaggio continuo con installazione di tubo per l'esecuzione della prova sismica Dow n-hole.

Anche in considerazione del fatto che con D.G.R. Regione Piemonte 19/01/2010 n. 11-13058, il comune di Moretta è stato riclassificato da zona 4 a Zona 3, per la struttura in progetto, rientrante ai sensi del punto 2.4.2 del D.M. 14/01/2008, tra gli edifici di classe d'uso IV (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti...), è stata predisposta una specifica modellazione sismica che ha previsto l'acquisizione in sito del parametro V_{s30} tramite la realizzazione di n. 1 prova MASW e di una prova Dow n-hole e la successiva definizione della categoria di sottosuolo, ai sensi punto 3.2.3 del suddetto Decreto.

Inoltre, per definire il rischio di liquefazione, sono stati prelevati n. 2 campioni rimaneggiati e sottoposti in laboratorio geotecnico ad analisi granulometrica tramite vagliatura e sedimentazione.

Il modello geologico ed il modello geotecnico del sito sono stati rappresentati attraverso la ricostruzione di due sezioni geologico-tecniche di dettaglio.

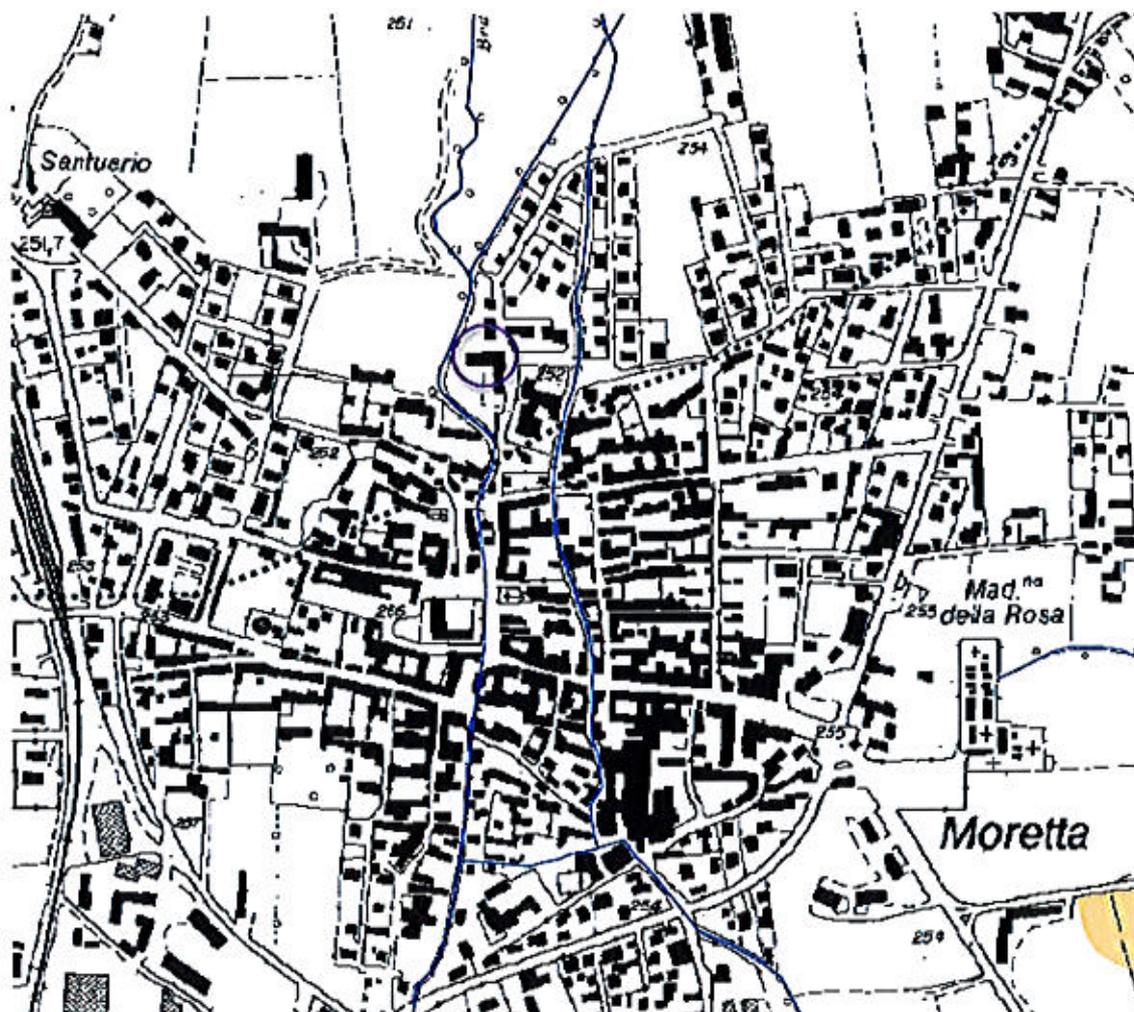


Figura 1 – ubicazione del sito di intervento su Carta Tecnica Regionale (scala originale 1:10.000)

2 IL QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il comune di Moretta è caratterizzato dal punto di vista geologico dalla presenza dei depositi di origine prevalentemente alluvionale o fluvio-torrentizia di età quaternaria del settore centro-settentrionale della Pianura Cuneese-Torinese. Il sito di intervento ricade sul relitto di un terrazzo fluvio-glaciale antico (rissiano), che costituisce una stretta fascia ad andamento nord-sud e si riconosce morfologicamente come un blando crinale leggermente sopraelevato sulla piana circostante.

Le formazioni geologiche presenti in superficie, nell'ordine dalla più recente alla più antica, sono le seguenti.

Alluvioni Attuali (a³)

Sabbie più o meno ghiaiose e limi fluviali; affiorano lungo il corso del fiume Po e del Varaita.

Alluvioni Medio-Recenti (a²)

Alluvioni sabbioso-argillose di poco sospese sugli alvei attuali di età olocenica; occupano gran parte del territorio comunale.

Alluvioni Antiche-Fluviale Wurm (a¹)

Affiorano in fasce a bordo dei terrazzi rissiani in comune di Villafranca e Torre San Giorgio. Sono formate da limi e sabbie limose.

Fluviale e Fluvio-glaciale Riss (Fl^R)

Depositi di origine torrentizia presenti in tutto il settore della piana cuneese-torinese, ma per larghe estensioni ricoperto da coltri poco potenti di depositi alluvionali medio-recenti. Litologicamente risultano costituiti da ghiaie, sabbie e sabbie argillose, con disposizione lenticolare. Il paleosuolo rissiano, raramente affiorante, presenta uno spessore che può raggiungere i 2-3 metri ed è di colore rosso-arancio; il suo scheletro, talvolta con ciottoli di grandi dimensioni di rocce metamorfiche, si presenta notevolmente argillificato, indicando un avanzato grado di alterazione.

Le alluvioni rissiane sono localmente ricoperte da un potente strato di loess giallastro.

Per quanto riguarda, in maggior dettaglio, l'assetto litostratigrafico del sottosuolo dell'area di intervento è possibile fare riferimento ad una stratigrafia di un sondaggio a carotaggio continuo realizzata per il piezometro della Rete di Monitoraggio regionale presso il campo sportivo, collocato a circa 670 verso ovest.

Il sito limitrofo è caratterizzato da un'alternanza di livelli sabbioso-ghiaiosi e limoso-argillosi sino alla profondità di 22 metri, dove è presente uno strato di ghiaie e ciottoli dello spessore di circa 3,50 m; seguono nuovamente sabbie limose fino alla massima profondità indagata (30 m).

Si precisa che, in considerazione della forte eterogeneità e discontinuità laterale in corrispondenza di depositi fluvio-glaciali, con variazioni consistenti a breve distanza, tale assetto potrebbe non essere rappresentativo di quello presente nel sito di intervento.

Dal punto di vista delle acque sotterranee, l'alternanza di depositi a media granulometria con setti impermeabili, genera un acquifero multifalda, il cui comportamento generale è riconducibile ad un modello a falda libera, ma dove localmente possono generarsi situazioni di confinamento idrogeologico, con presenza di falde in pressione.

L'interfaccia tra acquifero superficiale e profondo è stata posta, in un recente studio dell'Università di Scienze della Terra di Torino ("Identificazione del modello idrogeologico concettuale degli acquiferi di pianura e loro caratterizzazione", 2002), ad una profondità di circa 45-50 m.

La soggiacenza della prima falda si colloca a profondità comprese tra i 1,50 e i 3,00 m con fluttuazioni connesse agli emungimenti per l'attività industriale e all'attività irrigua, che si sovrappongono alle variazioni stagionali naturali.

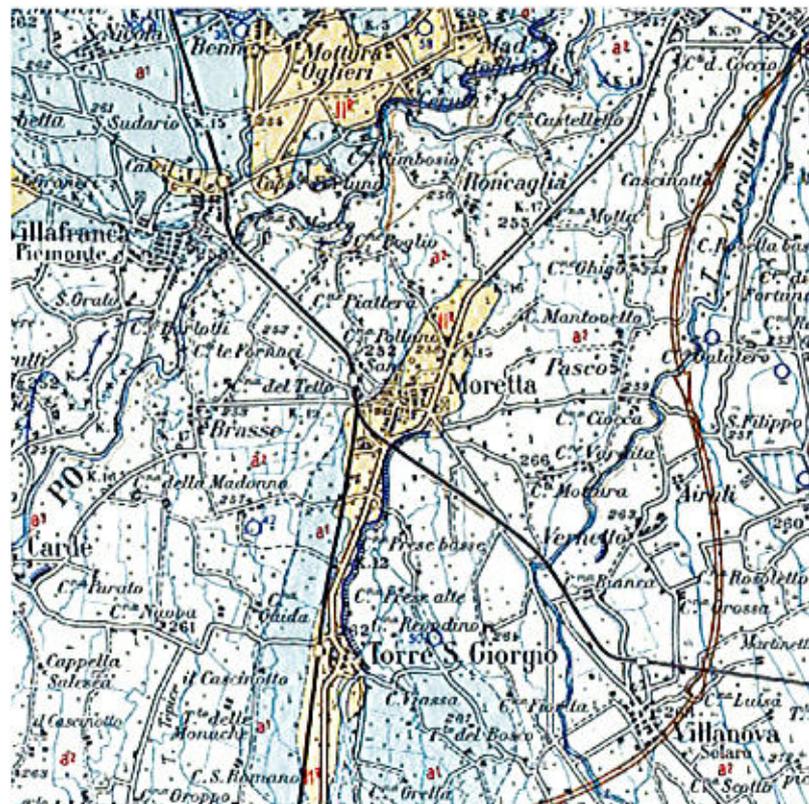


FIGURA 2: Carta geologica Foglio 68 Carmagnola scala originale 1:100.000

3 LE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA DELL'AREA E LA CLASSIFICAZIONE DEGLI STUDI GEOLOGICI A SUPPORTO DEL PRG VIGENTE

La "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" del PRG comunale, predisposta dal sottoscritto nell'ambito degli studi geologici a supporto del PRG recentemente adottato, inserisce l'area oggetto di intervento all'interno della Classe IIC, caratterizzata da bassa pericolosità geomorfologica e nella quali sono necessari studi e approfondimenti di indagine puntuali sui terreni e sulle acque sotterranee, ai sensi del DM 14 gennaio 2008.

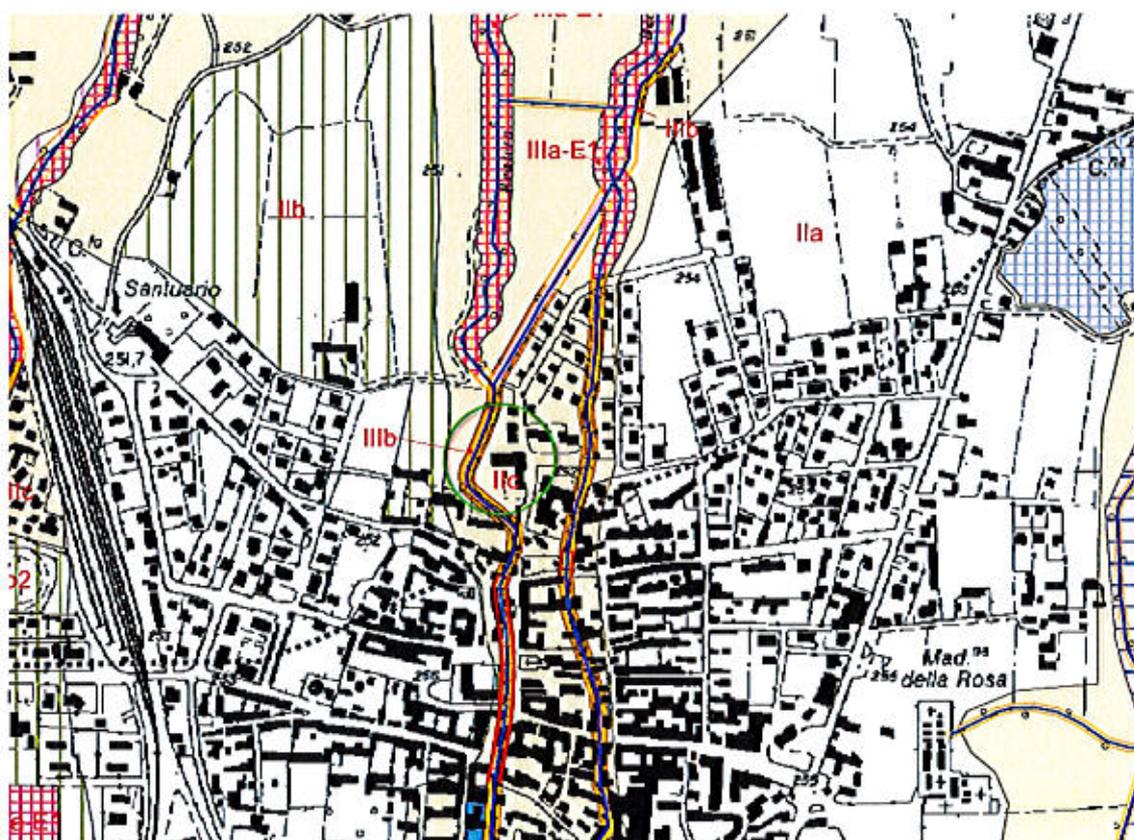


Figura 3 – stralcio della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata al PRG (scala originale 1:10.000).

4 LE INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE

Al fine di determinare le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo e di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni interessati dall'opera in progetto, sono state prodotte le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- a) in data 2 Maggio 2011, n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1) tramite metodologia Geoprobe Direct-push; il carotaggio, che a previsto l'utilizzo di rivestimenti provvisori del diametro di 3,25" (metodo Dual tube) ed ha consentito il prelievo di campioni a basso disturbo stratigrafico del diametro di 50 mm, ha raggiunto la profondità di 8,00 m dal piano campagna; al termine delle operazioni di estrazione dei campioni, si è provveduto ad installare un tubo piezometrico del diametro di 25 mm sino alla profondità di 8,00 m.
- b) in data 2 Maggio 2011, n. 1 stendimento sismico per l'acquisizione di dati con metodologia MASW (Multichannel Analysis Surface Waves).
- c) in data 23 Maggio 2011, n. 1 prova penetrometrica dinamica standard (DIN 1) con penetrometro Pagani TG 63-100, spinta sino alla profondità di 16,20 m dal piano campagna (senza aver raggiunto il rifiuto alla penetrazione)

Caratteristiche tecniche del penetrometro Pagani TG 63-100:

Massa battente: **63,50 Kg**

Altezza caduta: **0,75 m**

Angolo punta: **90 °**

Area punta: **20 cm²**

Perimetro punta: **50,5 mm**

A seguito delle valutazioni preliminari sulla possibilità di liquefazione dei terreni di fondazione e sulla conseguente necessità di realizzare fondazioni profonde per la struttura in progetto, il piano di caratterizzazione geotecnica e sismica è stato integrato con l'esecuzione delle seguenti indagini:

- a) in data 28 e 29 Giugno 2011, n. 1 sondaggio a rotazione a carotaggio continuo (S2) sino alla profondità di 30 m con installazione di tubo cementato per l'esecuzione di una prova sismica Dow n-hole;
- b) in data 4 Luglio 2011, n. 1 prova sismica Dow n-hole con energizzazioni in onde P e in onde S.

Le indagini realizzate sono localizzate sulla planimetria della tavola fuori testo.

5 LE INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SOTTO IL PROFILO SISMICO DEL SITO

5.1 Stendimento ed acquisizione con metodologia M.A.S.W.

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è un'indagine indiretta attiva che misura la velocità di fase delle onde sismiche di superficie.

Tale metodologia trova il miglior campo di applicazione per profondità di studio inferiori ai 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 la metodologia non è in grado di discriminare ed individuare strati profondi con velocità delle onde P e SH minore rispetto agli strati sovrastanti.

L'indagine consiste nel generare onde sismiche artificiali con epicentri sulla superficie del terreno e nel registrarne gli arrivi a distanze prestabilite mediante geofoni; i ricevitori sono in grado di discriminare le componenti verticale ed orizzontale delle vibrazioni captate.

L'interpretazione delle misure effettuate è stata condotta con il software WinMasw che consente di ricostruire la distribuzione delle velocità delle onde di taglio (V_s) in profondità attraverso l'applicazione di un algoritmo genetico che procede alla ricerca del modello che minimizza l'errore rispetto alle misure effettuate.

La linea di acquisizione utilizzata per la prova in oggetto è stata di 36 metri di lunghezza con distanza intergeofonica di 3,00 m.

Le energizzazioni sono state effettuate a 3,00 metri di distanza dal primo geofono mediante utilizzo di mazza a massa crescente che hanno permesso di generare perturbazioni caratterizzate da frequenza diversa.

L'elaborazione ha permesso di ricostruire il modello monodimensionale del terreno nei primi 30 metri di profondità.

Dati sperimentali

Numero di ricevitori	12
Numero di campioni temporali	1000
Passo temporale di acquisizione	2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1998ms

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 2011-05-02_1-34-42_0500_0200_12_A_rquis_E02.dat
 sampling: 2 ms
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 2 m

normalized traces

time (s)
offset (m)

recomping: 1
 resum...
 accept

data selection: activate
 select
 cancel
 save

filtering & spectra: filter
 spectrum
 spectrogr...

retractor: 100
 upload
 save
 clear retractor

other tools & setting: 1.008 Time length to visualize
 done file trac... zero padd...

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & RefM analyses)

MASW compute velocity spectrum
 phase velo Pk group veloc...

handling the spectra: save upload merge

visualize curves: plot out ?

pickings: show TA
 fundamental
 to select the last point of the considered mode click the right button
 save pickl... ?
 fund.edp
 cancel picking

inversion: inversion
 joint DC-HV/L

velocity spectrum

Rayleigh Dispersion:
 Wave (m/s): 100 200 230 400 600; Vs30: 245
 thickness (m): 5.8 4.8 4.8 8.8
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
 Vp (m/s): 298 415 478 833 1249

phase velocity (m/s)
frequency (Hz)

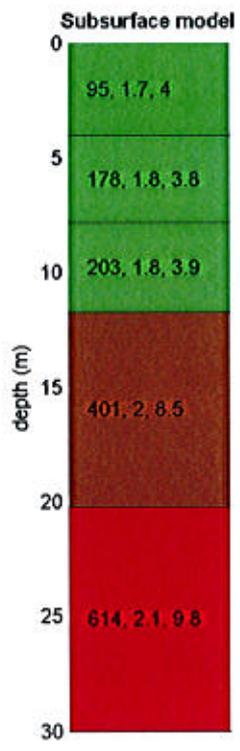
general setting: Rayleigh 3
 phase...
 Reference Refr...
 HVSR 4 HV

Vs (m/s), Poisson thickness

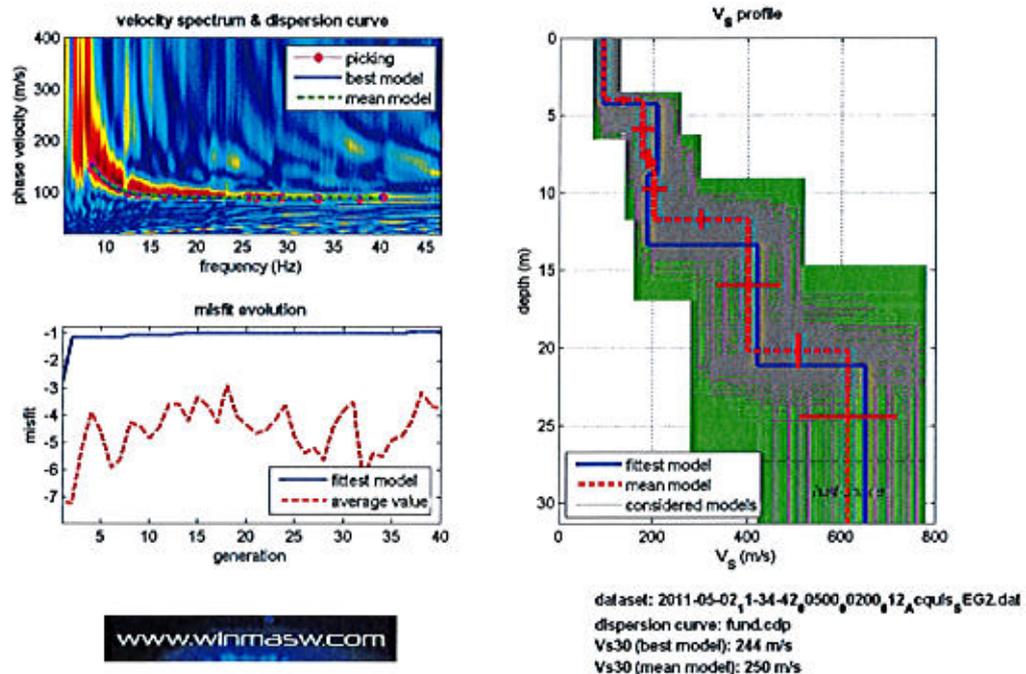
100	0.35	5
200	0.35	4
230	0.35	4
400	0.35	8
600	0.35	6
800	0.35	0
0	0.35	0
0	0.35	0

modelling: calculate
 ZVT
 els...
 show...
 refresh
 md models
 report
 synthetics

www.winmasw.com



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)



Risultati finali

Il valore delle Vs30 corrispondente al modello di substrato investigato è di **250 m/s**.

5.2 Acquisizione con metodologia Down-hole

Le prove sismiche Down-Hole vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità.

Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità di testa foro, e la registrazione avviene in foro grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità via via crescenti. In particolare, tale geofono registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z).

La strumentazione utilizzata risulta costituita da:

- sismografo 16S24 – U della PASI S.r.l.
- geofono da foro triassiale con sistema di ancoraggio pneumatico
- massa battente per energizzazioni verticali ed orizzontali

La metodologia di prova prevede che, per ogni metro di foro, a partire dal fondo dello stesso, si effettuino una energizzazione verticale (battuta su piattello orizzontale) e due energizzazioni orizzontali (battute agli opposti capi di una trave); i tre punti di battuta risultano equidistanti dalla testa del foro.

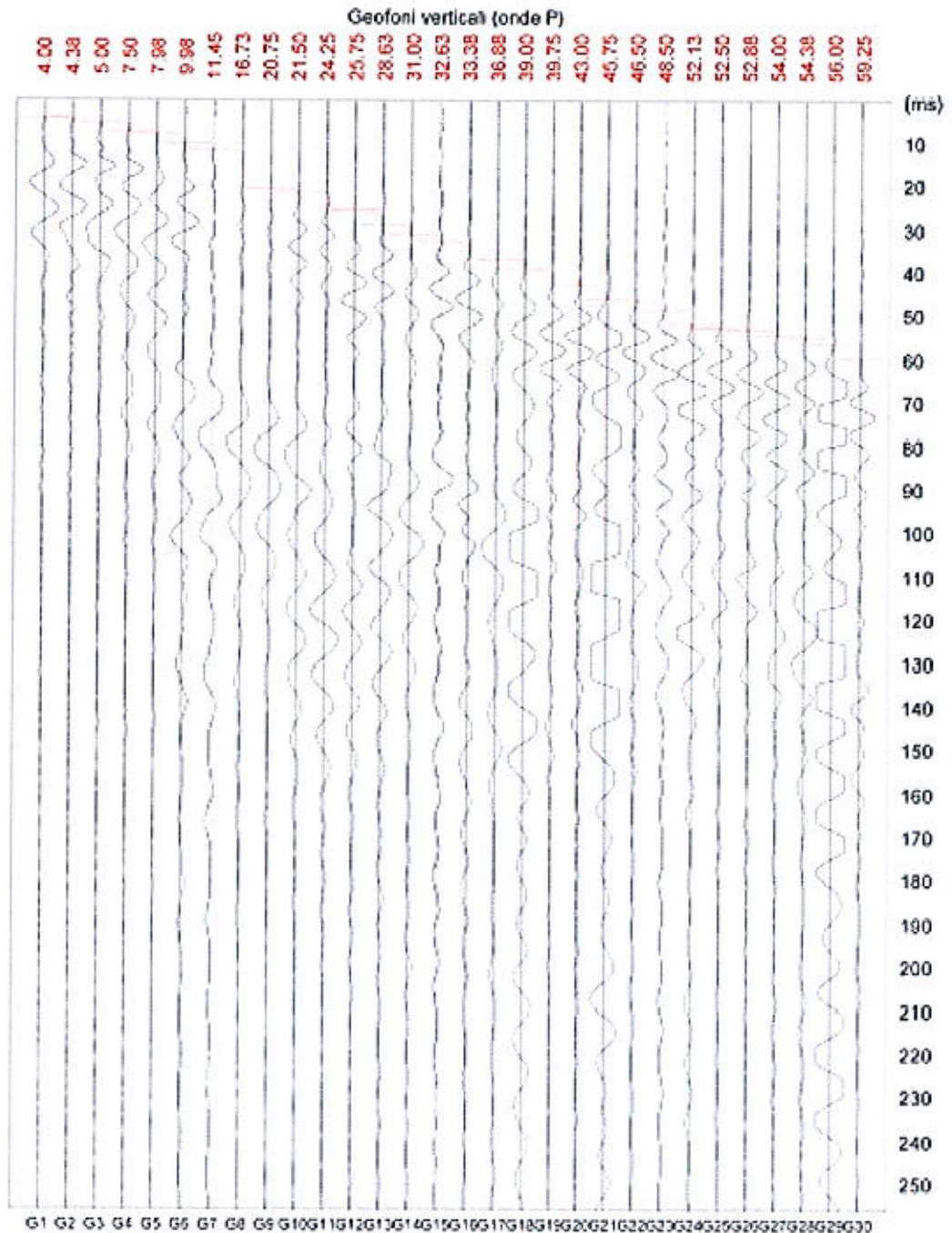
Con lo schema descritto, si acquisiscono un sismogramma relativo alla componente P (onde compressive), registrato dal geofono ad asse verticale (canale Z), e due sismogrammi relativi alla componente S (onde di taglio), registrati dalla copia di geofoni ad asse orizzontale (canali X e Y).

In funzione dei tempi di inizio registrazione ($t_0 = t \text{ starter}$), si giustappongono i singoli sismogrammi relativi a ciascuna delle tre direzioni principali e si individua la successione dei "primi arrivi": per le onde P, sui segnali acquisiti dal geofono Z e, per le onde S, sui segnali acquisiti dai geofoni X e Y.

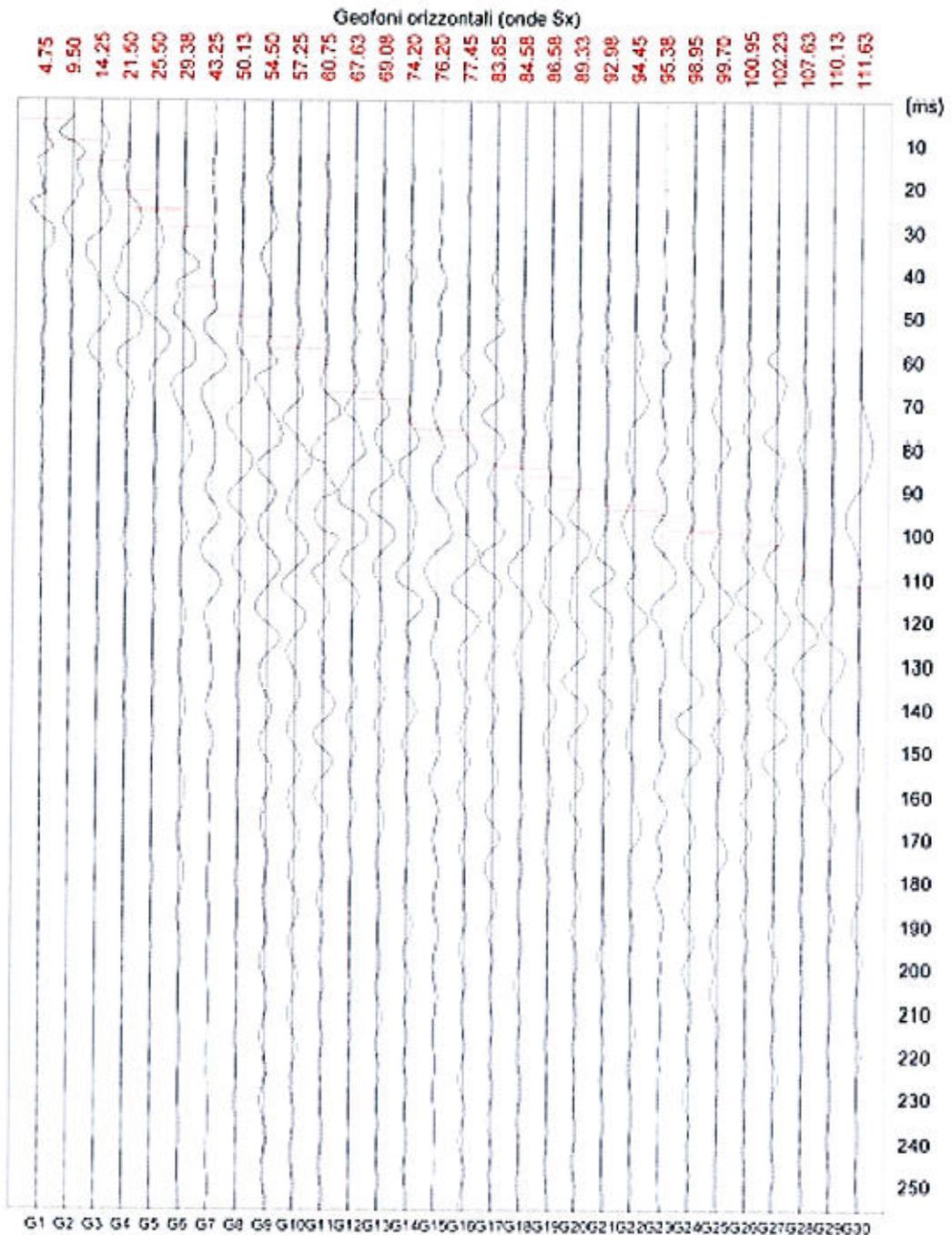
Tale operazione permette la costruzione delle dromocrone relative alle tre componenti principali e, soprattutto, permette la valutazione della velocità di propagazione rispettivamente del fronte d'onda compressivo e del fronte d'onda trasversale.

L'elaborazione dei dati raccolti ha permesso di risalire alle velocità di propagazione delle onde P ed S nei terreni lungo la verticale indagata. In particolare, il valore di $V_s 30$ medio è risultato essere di **258 m/s**.

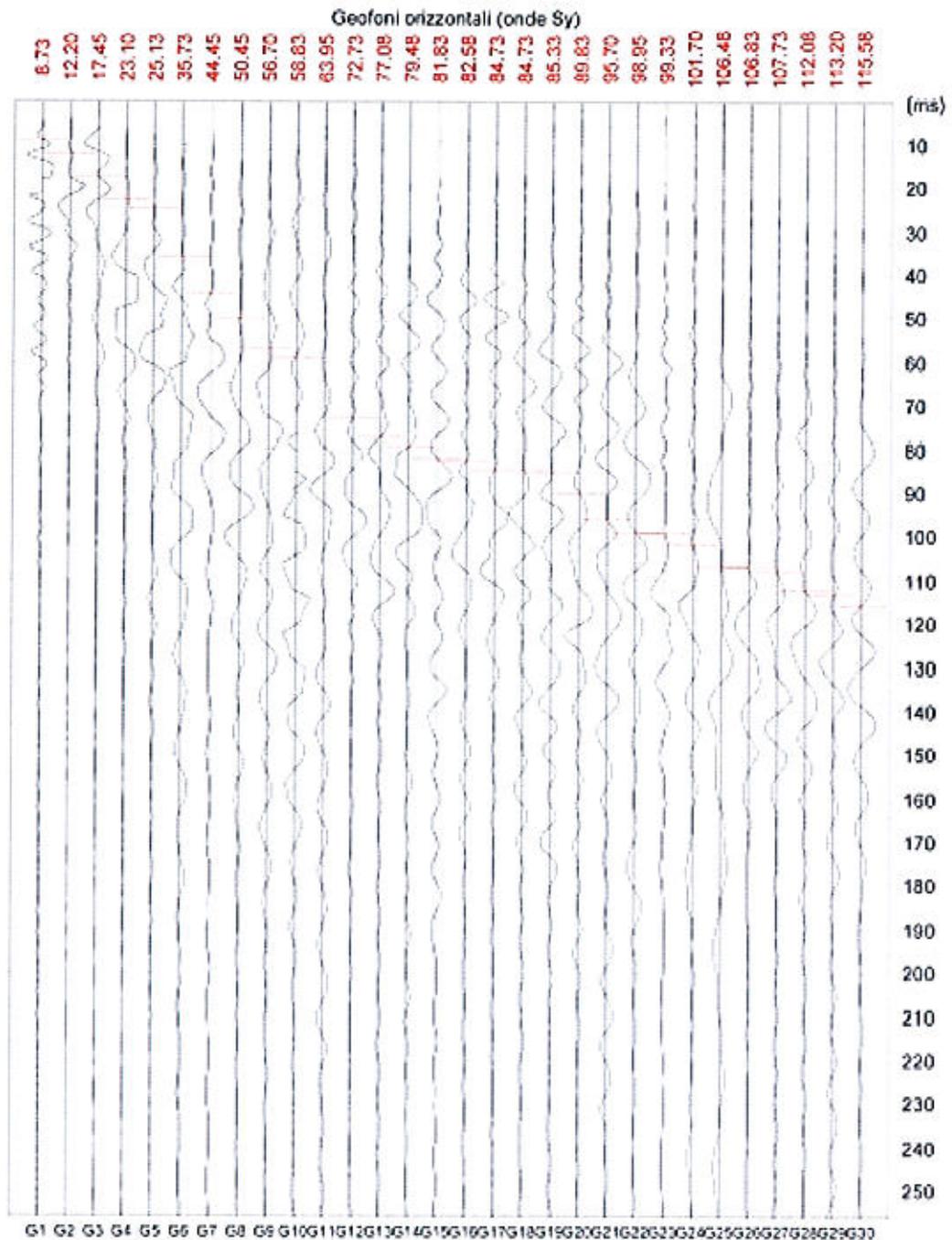
Di seguito si allegano i sismogrammi relativi alle tre principali componenti, le dromocrone definite per i "primi arrivi" delle onde P e delle onde S ed il profilo sismico della verticale indagata con annessi parametri elastici definiti con l'indagine stessa.



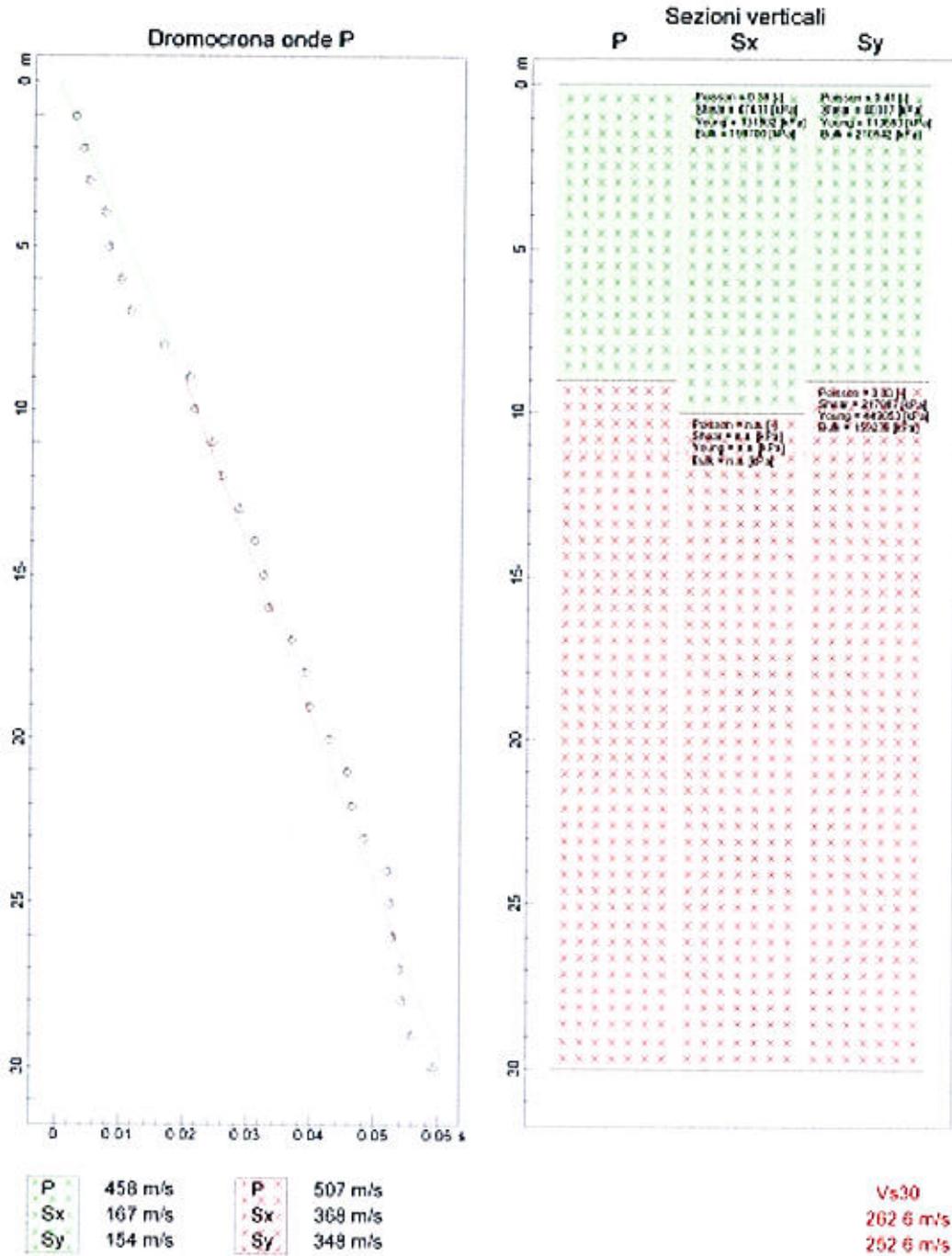
www.geonote.com



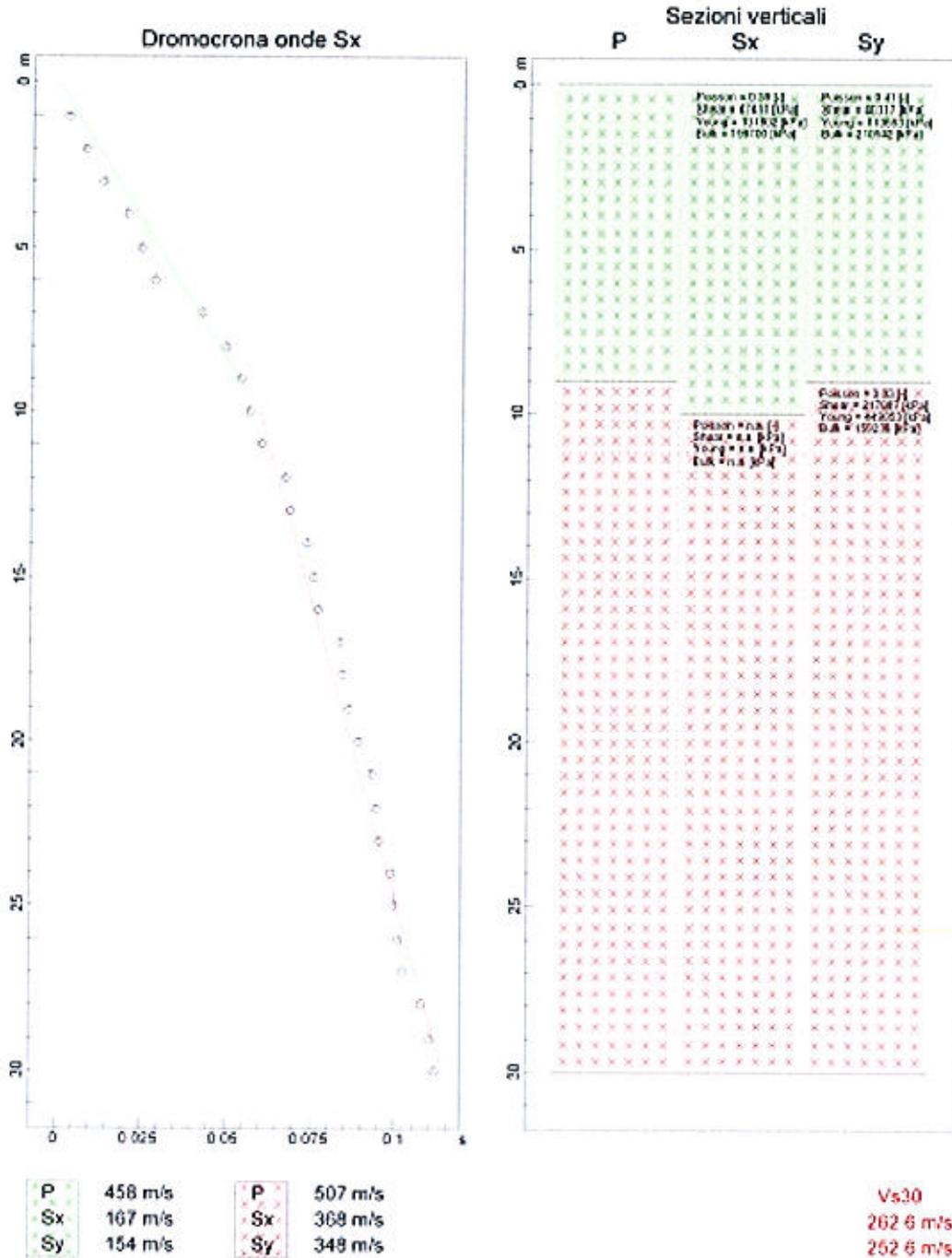
www.pgcards.it



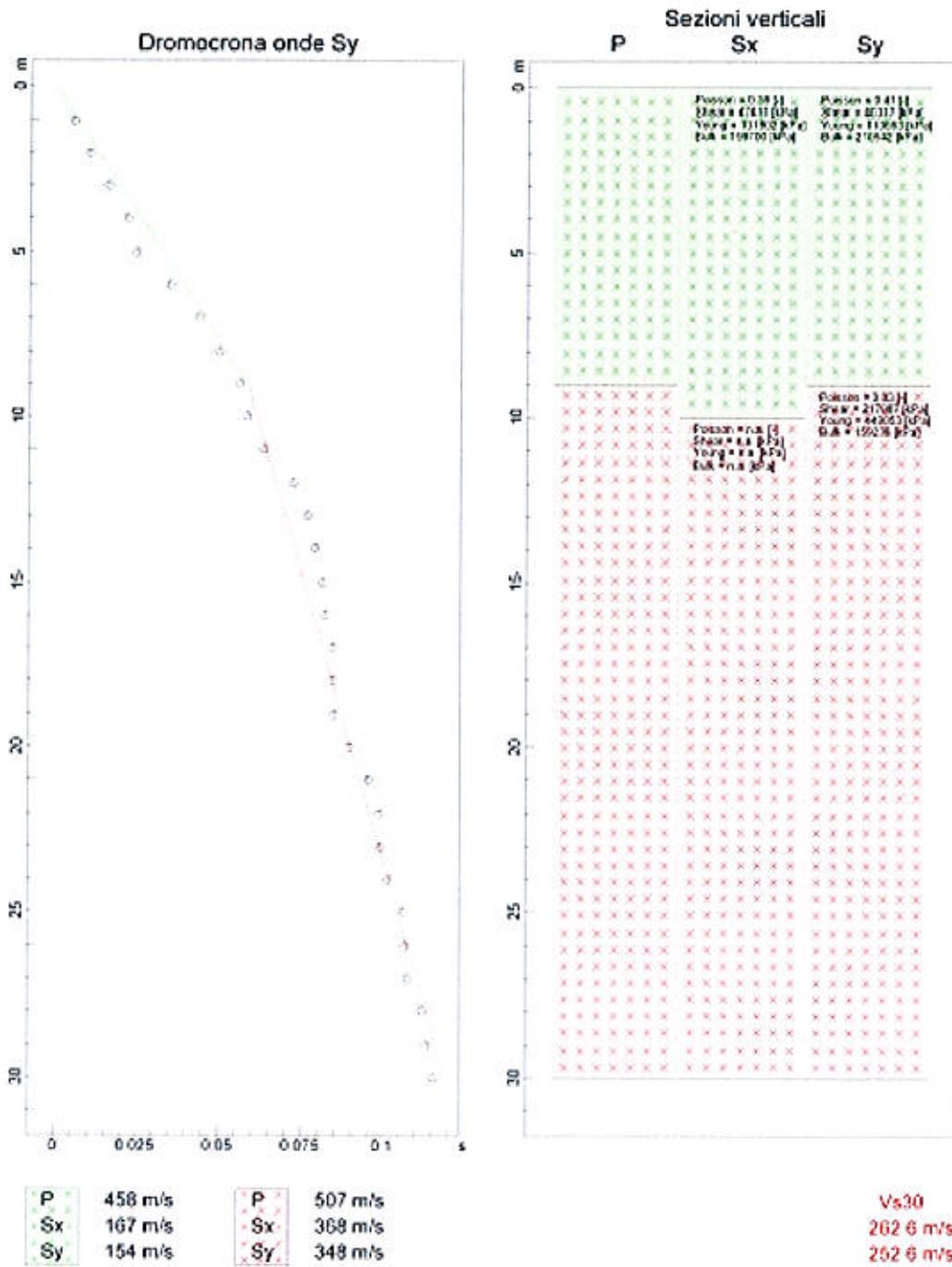
www.pcardiol.com



www.geodict.com



www.pandsoft.com



5.3 Analisi di laboratorio geotecnico

Sono stati sottoposti ad analisi granulometrica tramite vagliatura e sedimentazione i seguenti campioni rimaneggiati:

A : sondaggio S1 prof. 3,10 – 3,80 m

B : sondaggio S1 prof. 4,10 – 5,50 m

I risultati delle analisi, riportati in allegato, vengono rappresentati mediante curva granulometrica cumulativa e consentono di definire le seguenti denominazioni litologiche e distribuzioni granulometriche:

Campione C1 : Sabbia debolmente ghiaiosa

Passante 200 mesh : 7,75 %

Coefficiente di Uniformità (D_{60}/D_{10}): 7

Campione C2 : Sabbia con limo debolmente argillosa

Passante 200 mesh : 46,80 %

Coefficiente di Uniformità (D_{60}/D_{10}): 22

6 IL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL SITO

Al fine di correlare i dati geognostici e geotecnici acquisiti sono state realizzate n. 2 sezioni geologico-tecniche, che rappresentano la sintesi del modello geologico e geotecnico del sito (tavola fuori testo).

Sulla base dei dati del sondaggio S2 il volume significativo del sito di intervento è caratterizzato a partire dal piano cortile, dalla seguente sequenza di terreni (stratigrafia in allegato):

- fino a 1,60 m: terreni di riporto rappresentati da ghiaie, sabbie e limi a struttura caotica con ciottoli e laterizi;
- fino a 2,10 m: sabbie grigio-giallastre;
- fino a 2,90 m: limi nerastri torbosi con abbondanti frustoli vegetali;
- fino a 5,40 m: sabbie grossolane grigio-giallastre con intercalazioni decimetriche di limi grigio azzurri (tra 4,00 e 4,10);
- fino a 5,60 m: ghiaie fini con sabbie (clasti max centimetrici);
- fino a 6,00 m: limi grigi
- fino a 6,90 m: sabbie grossolane debolmente ghiaiose grigio-verdastre (clasti max centimetrici);
- fino a 7,50 m: limi grigi con intercalazioni di ghiaie
- fino a 10,00 m: sabbie grigio-giallastre;
- fino a 13,80 m: sabbie grossolane con ghiaie;
- fino a 15,00 m: sabbie;
- fino a 20,00 m: ghiaie medio-fini con sabbie limose;
- fino a 27,00 m: ghiaie grossolane con ciottoli in matrice sabbiosa;
- fino a 29,70 m: sabbie più o meno limose di colore grigio giallastre;
- fino a 30,00 m: sabbie ghiaiose.

La falda è stata rilevata in data 2 maggio 2011 alla profondità di – 1,95 da p.c.

Il modello geotecnico nell'ambito del volume significativo del sottosuolo viene rappresentato con l'individuazione di n. 5 strati; i parametri geotecnici caratteristici per ognuno di essi sono sintetizzati nella seguente tabella:

	N _{SPT}	DR (%)	Φ'	γ_{sat}
STRATO 1	4-9	15-31	28°-30°	1,85-1,9
STRATO 2	19	48	33°	2,0
STRATO 3	36	71	37°	2,1
STRATO 4	50	84	40°	2,15
STRATO 5	26			

N_{SPT} = numero di Standard Penetration Test (colpi/30 cm)

DR (%) = densità relativa

Φ' = angolo di resistenza al taglio efficace

γ_{sat} = peso di unità di volume saturo (T/m³)

7 LA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

7.1 La verifica del rischio di liquefazione

Ai sensi del punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2008, la verifica del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione non può essere omessa dal momento che al sito si sono riscontrate le seguenti condizioni:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M pari o superiore a 5;

Tramite il sistema webGis dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia consultabile all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, è stata verificata la possibile Magnitudo di un terremoto con tempo di ritorno 975 anni (superiore al tempo di ritorno allo Stato limite per la salvaguardia della vita umana pari a 949 anni e corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni).

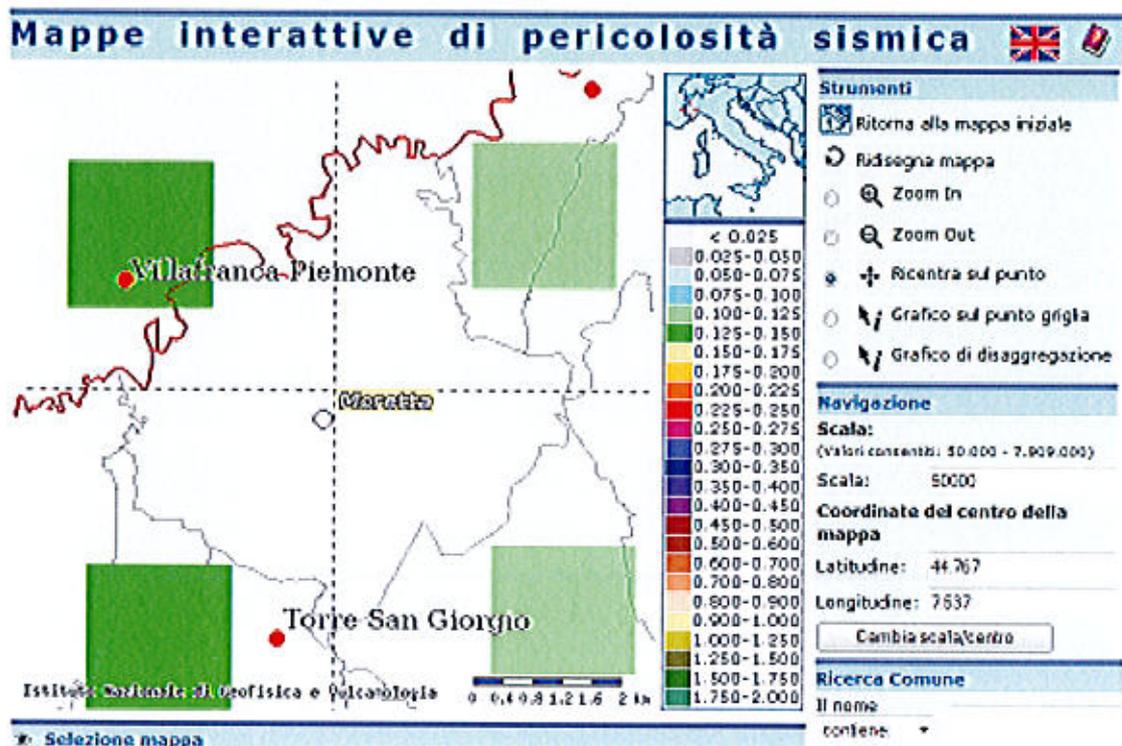


Figura 13: griglia di parametrizzazione del sistema WebGis dell'INGV

I risultati dei Valori Medi di Magnitudo forniti dai grafici di disaggregazione dei quattro vertici della griglia visibili in figura 13 sono i seguenti:

NE = 4,8

SE = 4,8

SW = 4,72

NW = 4,72

ma con contributi alla pericolosità fino al 12% da eventi con magnitudo superiore a 5 e distanza inferiore a 10 km.

La consultazione del Catalogo Terremoti sempre dell'INGV ha evidenziato l'occorrenza di un terremoto avvenuto il 28 dicembre 1703 con epicentro a Villafranca Piemonte la cui Magnitudo è stata stimata di $5,37 \pm 0,30$.

Cautelativamente, non si è ritenuto pertanto escludente il parametro di Magnitudo.

2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) superiori a 0,1g;

Dal foglio di calcolo Spettri NTC ver. 1.0.3 predisposto dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici, è possibile determinare che per SLV, il parametro di accelerazione massima attese al sito è di 0,123.

3. profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna;

La profondità media stagionale della falda è inferiore a 3 m dal piano campagna.

4. depositi costituiti da sabbie più o meno pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} < 30$;

Tale condizione è presente nei primi 7 m di profondità:

5. distribuzione granulometrica interna ai fusi granulometrici per terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

I campioni C1 e C2 sottoposti ad analisi granulometriche di laboratorio, evidenziano una distribuzione integralmente interna al campo individuato dalla normativa per coefficiente di uniformità maggiore di 3,5 (figura 14).

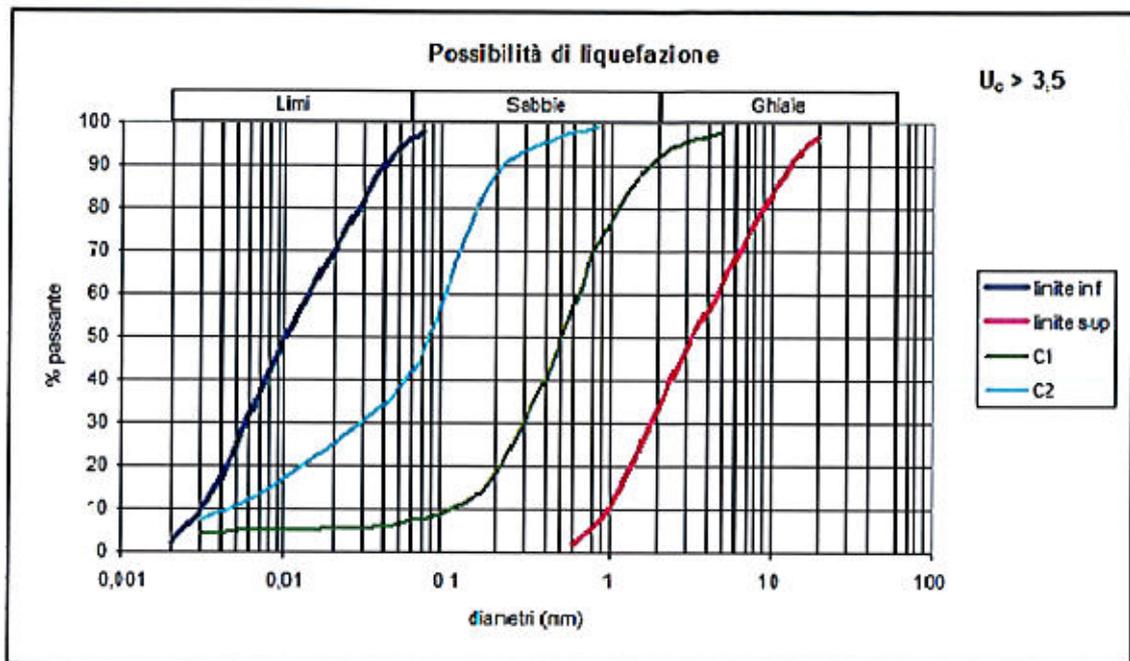


Figura 14: fusi granulometrici dei campioni per $U_c > 3,5$

In considerazione del fatto che il terreno fino a 7 m è costituito da strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, è stato valutato il coefficiente di sicurezza alla liquefazione.

La verifica è stata effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione, valutata sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

Il valore del coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione è stato valutato con la seguente relazione:

$$FSL = (CRR_{7,5} / CSR) MSF k\sigma$$

nella quale :

$$CRR_{7,5} = \frac{0,048 - 0,004721 \cdot (N_1)_{60} + 0,0006136 \cdot (N_1)_{60}^2 - 0,00001673 \cdot (N_1)_{60}^3}{1 - 0,1248 \cdot (N_1)_{60} + 0,009578 \cdot (N_1)_{60}^2 - 0,0003285 \cdot (N_1)_{60}^3 + 0,000003714 \cdot (N_1)_{60}^4}$$

Curva base che rappresenta il rapporto di resistenza ciclica (tensione di taglio normalizzata che provoca la liquefazione) per terremoti di magnitudo 7,5 ed in caso di sabbie con contenuto di fini (passante al 200 mesh) inferiore o uguale al 5%.

$$CSR = \left(\frac{\tau_m}{\sigma'_{vo}} \right) = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vs}}{\sigma'_{vo}} \right) \cdot r_d$$

Sforzo di taglio ciclico equivalente (normalizzato alla tensione verticale efficace) generato dal terremoto alla generica profondità z

dove

a_{max} = accelerazione massima sul piano campagna

g = accelerazione di gravità

σ_{vs} = tensione geostatica verticale totale ($\gamma \cdot z$)

σ'_{vo} = tensione geostatica verticale efficace ($\gamma \cdot z - u_0$)

$r_d = 1 - 0,0765 z$ (Liao & Whitman 1986)

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M^{2,56}} \quad \text{kriss (1990)}$$

$$MSF = \left(\frac{M}{7,5} \right)^{-3,3} \quad \text{Andrus \& Stokoe (1997)}$$

Fattore correttivo per terremoti di magnitudo diversa da 7,5 (le raccomandazioni NCEER – Youd 1997, suggeriscono per magnitudo inferiori di 7,5 di usare la media delle determinazioni con le due formulazioni)

$$k_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{vo}}{P_a} \right)^{(f-1)}$$

Coefficiente correttivo funzione della pressione di confinamento (Hynes & Olsen, 1999)

P_a = pressione geostatica di riferimento = 100 kPa

$f = 0,6-0,7$ per $D_R = 60\%-80\%$

$f = 0,7-0,8$ per $D_R = 40\%-60$

D_R = Densità relativa

I valori di N_{SPT} sono stati opportunamente corretti e valutato il parametro $(N_1)_{60}$ che tiene conto delle tensioni di confinamento e dell'efficienza del dispositivo, sulla base delle seguenti relazioni:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E$$

$$C_N = \frac{2,2}{\left(1,2 + \frac{\sigma'_{v0}}{P_a}\right)} \leq 1,7 \quad \text{Kayen et al 1992}$$

Con $P_a = 100 \text{ kPa}$

$C_E = 0,6$ efficienza del dispositivo

σ'_{vo} Tensione verticale efficace (kPa)

z	u_0	σ_{vo}	σ'_{vo}
3	9,8	45,08	35,28
3,5	14,7	54,39	39,69
4	19,6	63,7	44,1
4,5	24,5	73,01	48,51
5	29,4	82,32	52,92
5,5	34,3	91,63	57,33
6	39,2	100,94	61,74

z profondità da p.c.
 u_0 pressione neutra
 σ_{vo} tensione verticale totale

 $(N_1)_{60}$ Resistenza alla penetrazione normalizzata

z	N_{20}	N_{SPT}	C_N	C_E	$(N_1)_{60}$
3	9	14	1,42	0,6	11
3,5	7	11	1,38	0,6	9
4	6	9	1,34	0,6	7
4,5	4	6	1,31	0,6	5
5	4	6	1,27	0,6	5
5,5	4	6	1,24	0,6	4
6	11	17	1,21	0,6	12

 $CRR_{7,5}$ Tensione di taglio normalizzata che induce liquefazione per M=7,5

z	$(N_1)_{60}$	num	den	$CRR_{7,5}$
3	11	0,04918	0,397135	0,123836
3,5	9	0,042315	0,444634	0,095168
4	7	0,039683	0,484058	0,08198
4,5	5	0,037699	0,592723	0,063604
5	5	0,037712	0,599394	0,062917
5,5	4	0,037734	0,60588	0,062279
6	12	0,05054	0,391175	0,1292

CSR Sforzo di taglio ciclico equivalente

z	σ_{v0}	σ'_{v0}	N SPT	(N1) 60	rd	CSR
3	45,08	35,28	15	13	0,98	0,184468
3,5	54,39	39,69	14	11	0,97	0,197061
4	63,7	44,1	8	6	0,97	0,206896
4,5	73,01	48,51	9	7	0,97	0,214727
5	82,32	52,92	8	6	0,96	0,221053
5,5	91,63	57,33	11	8	0,96	0,226223
6	100,94	61,74	20	14	0,95	0,230483

MSF Fattore correttivo di Magnitudo diversa da 7,5

M	Andrus & Stokoe	Idriss 90				media
5	0,666667	3,811546	173,7801	61,56916	2,822518	3,317032

FSL Fattore di sicurezza alla liquefazione

z	MSF	CRR	DR %	f	f-1	$k\sigma$	FSL
3	3,317032	0,123836	66	0,7	-0,3	1,366915	3,043816
3,5	3,317032	0,095168	58	0,7	-0,3	1,319458	2,113674
4	3,317032	0,08198	53	0,72	-0,28	1,257642	1,652959
4,5	3,317032	0,063604	42	0,8	-0,2	1,15567	1,135481
5	3,317032	0,062917	41	0,8	-0,2	1,135732	1,072246
5,5	3,317032	0,062279	40	0,8	-0,2	1,117696	1,02066
6	3,317032	0,1292	64	0,68	-0,32	1,16686	2,169662

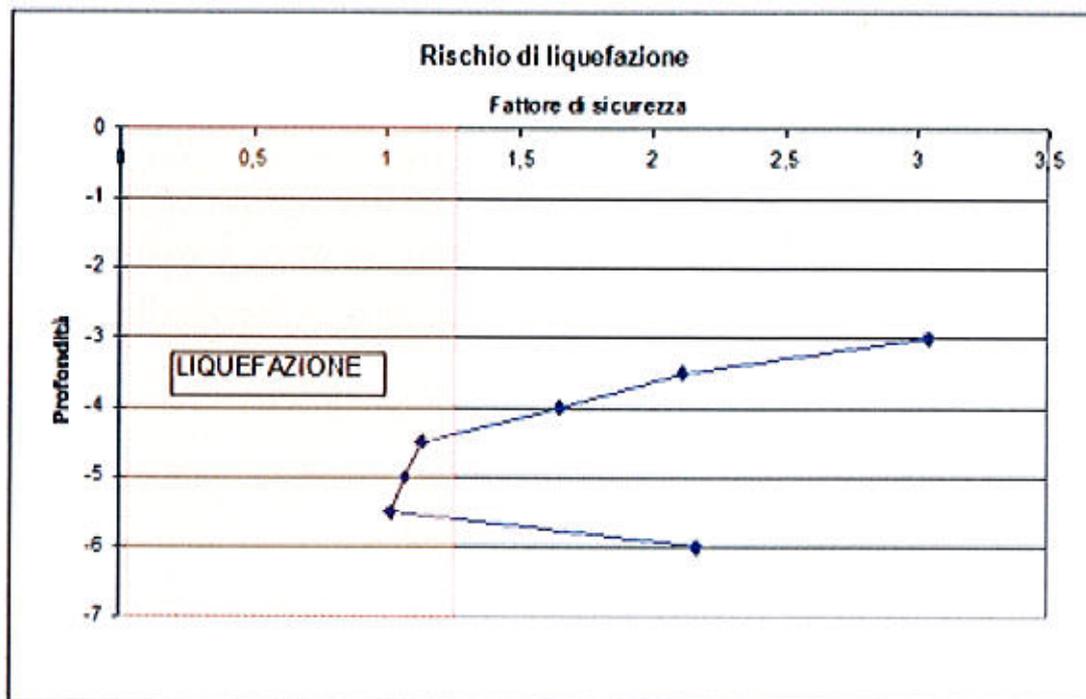


Figura 15: variazione del fattore di sicurezza alla liquefazione in funzione della profondità

I risultati della verifica segnalano la suscettibilità alla liquefazione per profondità comprese tra 4,50 e 5,50 m ($FSL < 1,25$).

7.2 L'analisi di risposta sismica locale

Ai sensi del punto 3.2.2 delle NTC 2008, la presenza di terreni suscettibili di liquefazione non consente il ricorso ad un approccio semplificato, basato sull'individuazione delle categorie di sottosuolo da "A" ad "E", ma imponendo l'attribuzione alla categoria S2, richiede che l'individuazione delle azioni sismiche venga condotta attraverso un'analisi specifica di risposta sismica locale.

L'analisi è stata prodotta determinando per passaggi successivi e facendo ricorso a software e banche dati specifiche tutti i parametri necessari.

Coordinate geografiche ED 50 del sito

LAT 44°,766925

LONG 7°,537329

Vita nominale edificio $V_N \geq 50$ anni

Classe d'uso = IV ($C_U = 2,0$)

I valori delle accelerazioni sismiche massime attese al sito, sulle base delle quali scalare gli accelerogrammi naturali, sono stati determinati utilizzando il foglio di calcolo Spettri NTC ver. 1.0.3 predisposto dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,044	2,521	0,221
SLD	101	0,054	2,537	0,237
SLV	949	0,123	2,548	0,278
SLC	1950	0,154	2,554	0,288

Il valore relativo allo stato limite SLV è di 0,123 g con periodo di ritorno di 949 anni.

In REXEL v. 3.1 (software predisposto dal Dipartimento di Ingegneria strutturale dell'Università Federico II di Napoli – Iervolino et. al 2009) sono stati selezionati gli accelerogrammi dell'Italian Accelerometric Archive (ITACA) riferiti a superficie orizzontale e campo libero (suolo tipo A - categoria topografica T1) per i seguenti parametri di ricerca:

Distanza 0-30 km

Magnitudo 5,8 -7,0

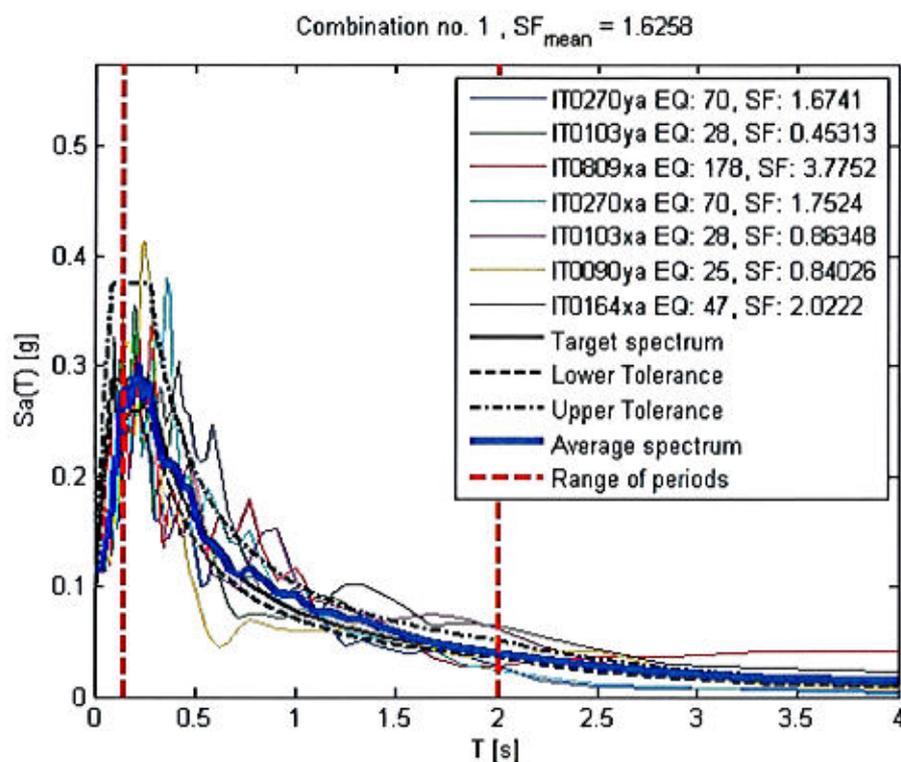


Figura 16: i sette accelerogrammi selezionati tramite Roxel 3.1

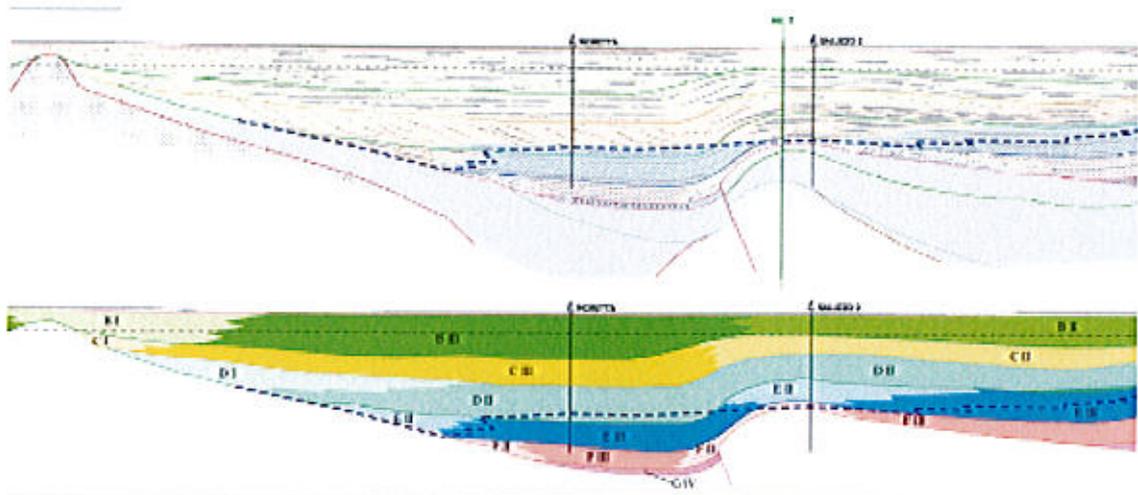


Figura 17: sezione geologica profonda; il bedrock sismico è individuato dal tetto dell'unità FIII ed è rappresentato dai conglomerati della Formazione di Cassano Spinola, collocati, in corrispondenza al pozzo AGIP Moretta 001, alla profondità di 1960 m (fonti: Geologia e idrostratigrafia profonda della pianura padana occidentale, Regione Piemonte CNR

– Banca dati delle stratigrafie dei pozzi Agip consultabile all'indirizzo

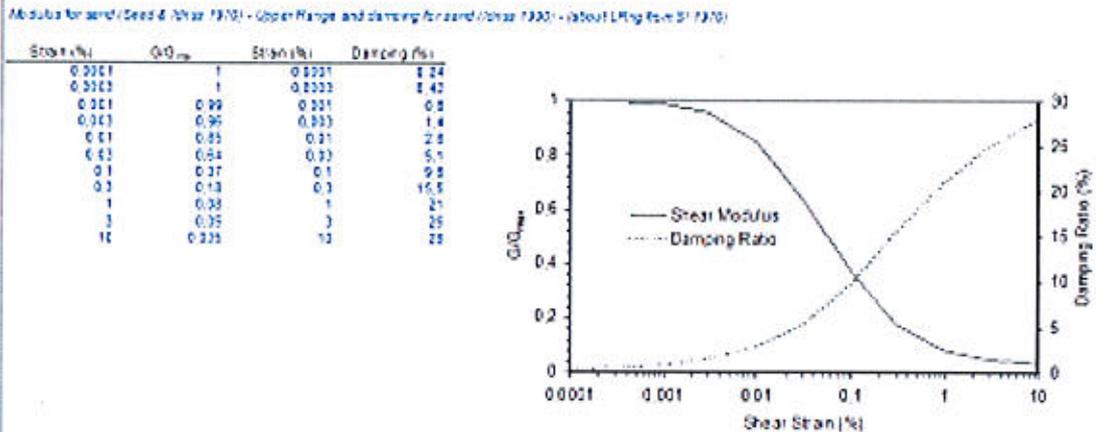
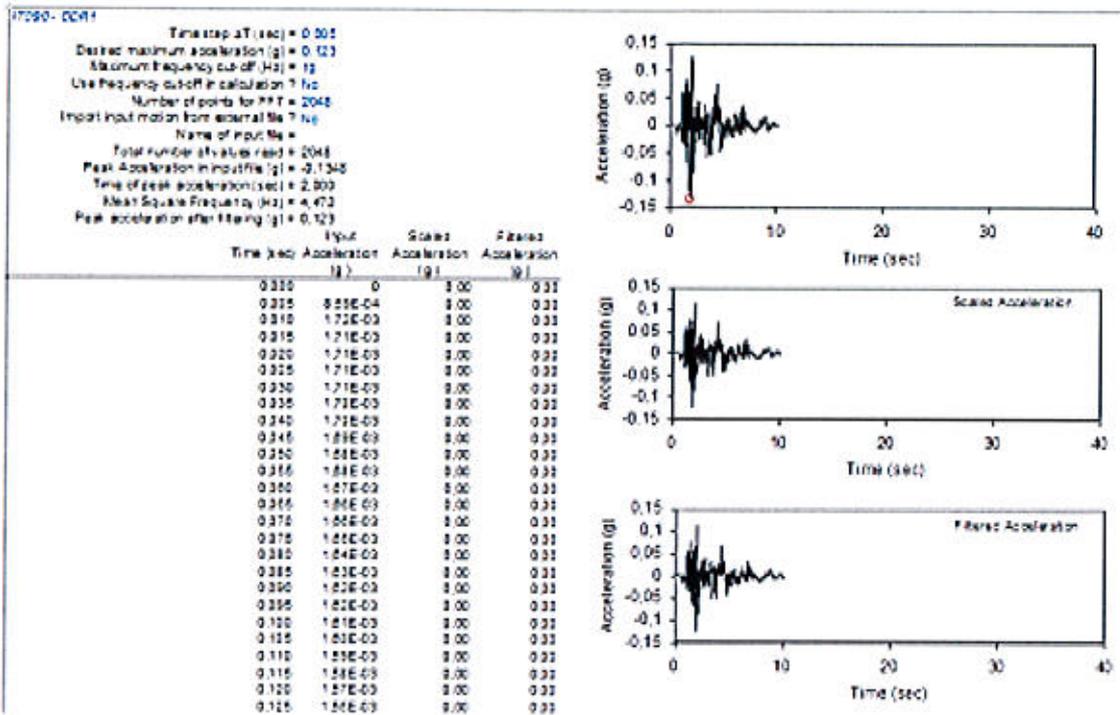
<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/geotermia/pozzi/ogruppo.asp?ric=AGIP>)

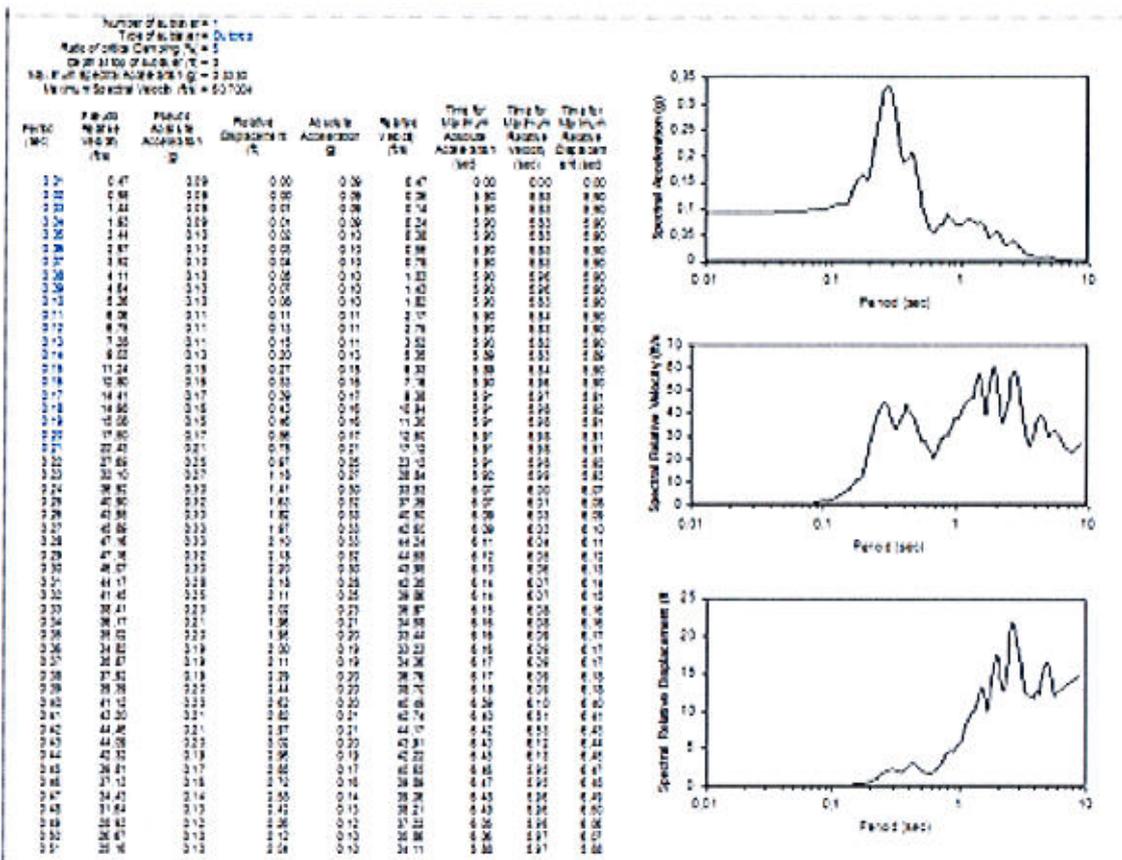
I sis mostrati definiti sono sintetizzati nella seguente tabella.

SISMOSTRATI

Profondità	Spessore (m)	V_s (m/s)	Densità ρ (kN/m ³)
0-10 m	10 m	160	16,7
10-31 m	21 m	355	18
31-34 m	3 m	380	18
34-50 m	16 m	420	18,5
50-1960 m	1910 m	550	19
BEDROCK		950	23

I singoli accelerogrammi sono stati elaborati con il software EERA (Equivalent-linear Earthquake Response Analysis) che utilizza lo stesso algoritmo del codice Shake e che consente di definire l'amplificazione stratigrafica di un sottosuolo stratificato monodimensionale sulla base di un modello viscoelastico lineare.





I risultati dell'analisi condotta evidenziano che lo spettro della categoria di sottosuolo "C" (NTC 2008), così come definito sulla base del parametro V_{s30} , compreso tra 180 e 360 m/s, "contiene" i sette spettri elaborati ed è pertanto tale da rappresentare una scelta cautelativa delle azioni di progetto.

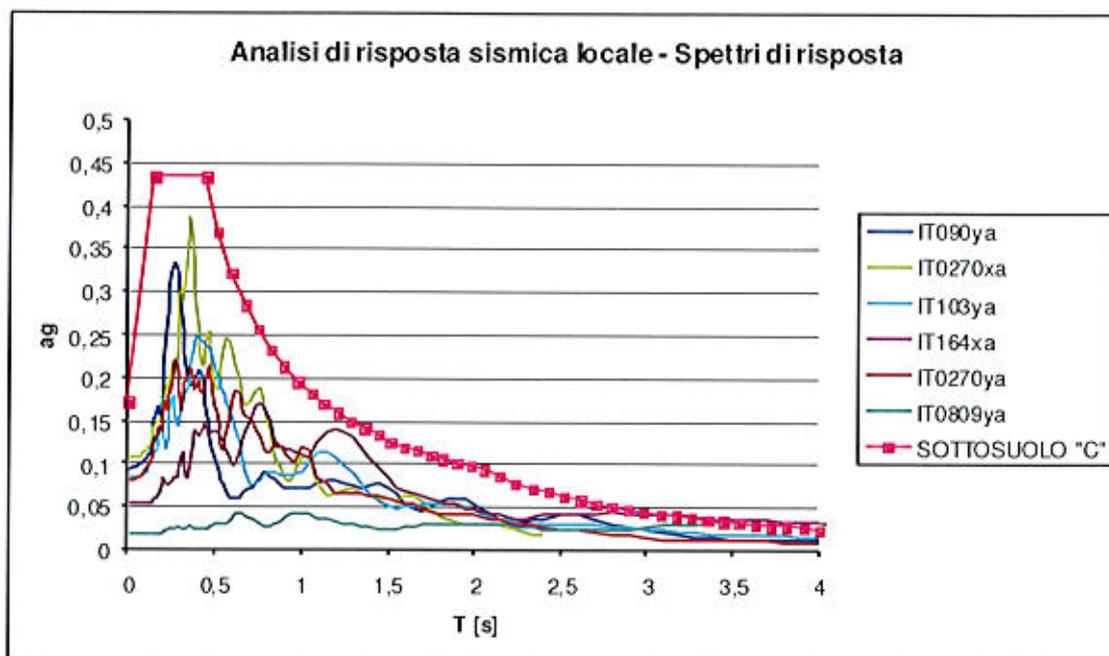


Figura 18: gli spettri di risposta elaborati per il sito in esame

8 SINTESI DELLE VALUTAZIONI PER LA SICUREZZA DELL'INTERVENTO ED INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA

L'indagine condotta attraverso l'analisi degli aspetti geologico-tecnici di un intorno significativo del sito d'intervento, così come previsto dalla normativa vigente, conferma la fattibilità dell'intervento sotto il profilo della pericolosità geomorfologica del sito, inserito dagli elaborati geologici del nuovo P.R.G. nella classe 2 (pericolosità da bassa a moderata).

Le valutazioni geologico-tecniche effettuate hanno evidenziato che una fondazione superficiale non risulta idonea per problemi di operatività in presenza di strati a bassa resistenza, connessi a materiali non consolidati artificiali e/o limi torbosi compressibili, nei primi 6 metri di profondità ed una falda con soggiacenza di -1,95 m. Risulta pertanto indispensabile ricorrere a fondazioni speciali con appoggio sui materiali addensati dello strato 3 a profondità comprese tra i 10 e i 15 metri.

Le verifiche geotecniche, da prodursi sulla base dei parametri contenuti nella presente relazione, dovranno inoltre considerare la riduzione della capacità portante derivante dall'esclusione del contributo alla resistenza degli strati suscettibili di liquefazione, nonché gli incrementi delle sollecitazioni indotte sui pali.

Sotto il profilo sismico, l'analisi condotta ha consentito di determinare che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sito, caratterizzato da sottosuoli facenti parte della **categoria "S2"**, può essere modellizzato con criteri cautelativi, con l'assegnazione della categoria attribuibile con approccio semplificato sulla base dei valori di V_{s30} misurati (**categoria "C"** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s*).

Documentazione fotografica



Foto 1 – L'esecuzione della prova penetrometrica DIN 1



Foto 2 – L'esecuzione del piezometro S1



Foto 3 – La cassetta catalogatrice del sondaggio S1



Foto 4 – La cassetta catalogatrice 1 del sondaggio S2



Foto 5 – La cassetta catalogatrice 2 del sondaggio S2

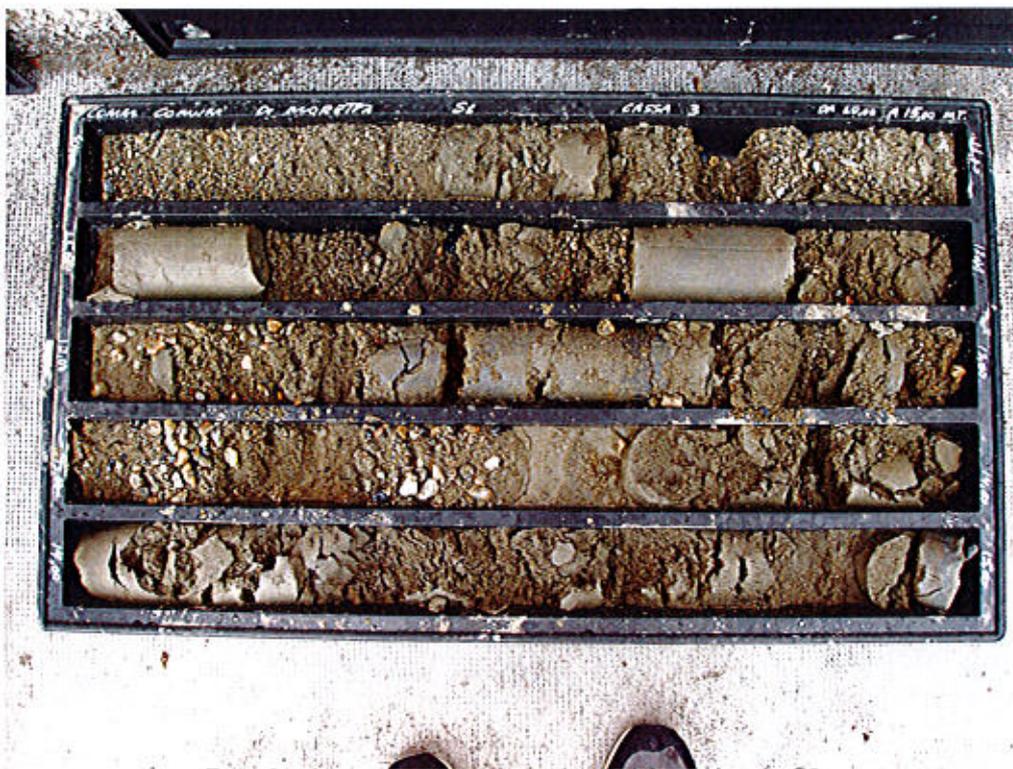


Foto 6 – La cassetta catalogatrice 3 del sondaggio S2



Foto 7 – La cassetta catalogatrice 4 del sondaggio S2



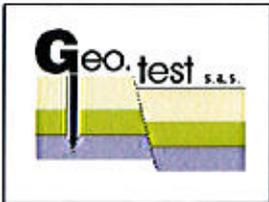
Foto 8 – La cassetta catalogatrice 5 del sondaggio S2



Foto 9 – La cassetta catalogatrice 6 del sondaggio S2

Appendice:

- stratigrafia del sondaggio S2**
- grafici e tabelle della prova penetrometrica DIN1**
- grafici e tabelle delle analisi di laboratorio geotecnico**



Committente: Comune di Moretta
 Cantiere: Casa di riposo "Villa Loreto"
 Sito Indagine: Via Peller
 Attrezzatura: Casagrande C6

Sondaggio: S2
 Pagina: 1/3

Metodo di perforazione:
 Rotazione a carotaggio continuo

GEO.TEST s.a.s. di Viglio Sara & C.
 Via Ivrea 20, 10016 Montalto Dora (TO)

Data inizio: 28/06/2011

Data ultimazione: 29/06/2011

Il Geologo compilatore
 Dott. Geol. Paolo
 MOMO

Prof. (m)	Spessore (m)	Colonna Litografica	Descrizione litologica	Corona	Profondità sondaggio (m)	S.P.T.	Resistenza	Indice di plasticità	Dist. H ₂ O
0,00									
-0,50			Materiali di riporto (Lini argillosi con lateriti)						
-1,00									
-1,50	1,50		Sabbie limose grigio giallastre	1					
-2,00									
-2,10	0,50		Lini torbosi grigio nerastri con abbondanti fusti vegetali						
-2,50									
-2,90	0,50		Sabbie grossolane grigio giallastre con intercalazioni decimetriche di limi						
-3,00									
-3,50									
-4,00									
-4,50									
-4,60									
-5,00									
-5,40	2,70		Ghiaie fini in matrice sabbiosa dimensione max dei dazif 2-5 mm						
-5,60									
-5,80	2,70		Lini grigi						
-6,00	0,40		Sabbie grossolane con ghiaie medio fini colore grigio giallastro						
-6,50									
-6,80	0,90		Lini più o meno sabbiosi grigiastri con intercalazioni di ghiaie						
-7,00									
-7,50	0,60		Sabbie medio fini localmente limose e di colore giallastro-ross.						
-8,00									
-8,50									
-9,00									
-9,50									
-10,00	2,50		Sabbie grossolane con ghiaie (diametro dei dazif fino a 20 mm)						
-10,50									
-11,00									

C1

C2

Φ = 127 mm

rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm



Committente: Comune di Moretta
 Cantiere: Casa di riposo "Villa Loreto"
 Sito indagine: Via Pellieri
 Attrezzatura: Cesagrande C6

Sondaggio: **S2**
 Pagina: 3/3

Metodo di perforazione:
 Rotazione e carotaggio
 continuo

GEO.TEST s.a.s. di Viglio Sara & C.
 Via Ivrea 20, 10016 Montalto Dora (TO)

Data inizio: 28/06/2011

Data ultimazione: 29/06/2011

Il Geologo compilatore
Dott. Geol. Paolo MOMO

Prof. (m)	Spessore (m)	Colonna Litostratigrafica	Descrizione litologica	Quantità	...	S.P.T.	
-22,60			Ghiaie grossolane con ciottoli in matricia sabbiosa di colore ocra	5							
-23,00											
-23,50											
-24,00											
-24,50											
-25,00											
-25,50											
-26,00											
-26,50											
-27,00	6,00										
-27,50			Sabbie medie più o meno limose e colore grigio giallastro	6							
-28,00											
-28,50											
-29,00											
-29,50											
-29,70	7,00										
-30,00	0,30		Sabbie ghiaiose con ciottoli								

Φ = 127 mm
 rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 EML.C

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7,83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Comune di Moretta
- lavoro : Costruzione montalettighe Casa di Riposo
- località :
- note :

- data : 23/05/2011
- quota inizio :
- prof. falda : 1,95 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	5	52,5	----	1	8,20 - 8,40	14	85,7	----	9
0,20 - 0,40	5	52,5	----	1	8,40 - 8,60	15	87,3	----	10
0,40 - 0,60	8	77,1	----	2	8,60 - 8,80	15	87,3	----	10
0,60 - 0,80	7	67,5	----	2	8,80 - 9,00	15	87,3	----	10
0,80 - 1,00	4	38,8	----	2	9,00 - 9,20	16	93,1	----	10
1,00 - 1,20	5	48,2	----	2	9,20 - 9,40	14	81,4	----	10
1,20 - 1,40	3	28,9	----	2	9,40 - 9,60	14	77,6	----	11
1,40 - 1,60	3	26,7	----	3	9,60 - 9,80	12	66,5	----	11
1,60 - 1,80	2	17,8	----	3	9,80 - 10,00	14	77,6	----	11
1,80 - 2,00	3	26,7	----	3	10,00 - 10,20	15	83,1	----	11
2,00 - 2,20	4	35,6	----	3	10,20 - 10,40	17	94,2	----	11
2,20 - 2,40	4	35,6	----	3	10,40 - 10,60	16	84,7	----	12
2,40 - 2,60	3	24,8	----	4	10,60 - 10,80	18	95,3	----	12
2,60 - 2,80	7	58,0	----	4	10,80 - 11,00	24	127,0	----	12
2,80 - 3,00	7	58,0	----	4	11,00 - 11,20	24	127,0	----	12
3,00 - 3,20	9	74,5	----	4	11,20 - 11,40	21	111,1	----	12
3,20 - 3,40	7	58,0	----	4	11,40 - 11,60	24	121,5	----	13
3,40 - 3,60	7	54,1	----	5	11,60 - 11,80	23	116,5	----	13
3,60 - 3,80	6	46,4	----	5	11,80 - 12,00	26	131,7	----	13
3,80 - 4,00	3	23,2	----	5	12,00 - 12,20	23	116,5	----	13
4,00 - 4,20	6	46,4	----	5	12,20 - 12,40	24	121,5	----	13
4,20 - 4,40	6	46,4	----	5	12,40 - 12,60	28	135,9	----	14
4,40 - 4,60	4	29,0	----	6	12,60 - 12,80	25	121,4	----	14
4,60 - 4,80	5	36,3	----	6	12,80 - 13,00	23	111,6	----	14
4,80 - 5,00	4	29,0	----	6	13,00 - 13,20	24	116,5	----	14
5,00 - 5,20	4	29,0	----	6	13,20 - 13,40	22	106,8	----	14
5,20 - 5,40	3	21,8	----	6	13,40 - 13,60	21	97,9	----	15
5,40 - 5,60	4	27,3	----	7	13,60 - 13,80	23	107,2	----	15
5,60 - 5,80	5	34,2	----	7	13,80 - 14,00	25	116,5	----	15
5,80 - 6,00	5	34,2	----	7	14,00 - 14,20	21	97,9	----	15
6,00 - 6,20	11	75,2	----	7	14,20 - 14,40	24	111,9	----	15
6,20 - 6,40	9	61,5	----	7	14,40 - 14,60	25	112,1	----	16
6,40 - 6,60	8	51,7	----	8	14,60 - 14,80	21	94,1	----	16
6,60 - 6,80	11	71,0	----	8	14,80 - 15,00	24	107,6	----	16
6,80 - 7,00	7	45,2	----	8	15,00 - 15,20	26	116,6	----	16
7,00 - 7,20	9	58,1	----	8	15,20 - 15,40	22	98,6	----	16
7,20 - 7,40	10	64,6	----	8	15,40 - 15,60	29	125,2	----	17
7,40 - 7,60	12	73,5	----	9	15,60 - 15,80	43	185,7	----	17
7,60 - 7,80	15	91,8	----	9	15,80 - 16,00	35	151,1	----	17
7,80 - 8,00	15	91,8	----	9	16,00 - 16,20	26	112,3	----	17
8,00 - 8,20	12	73,5	----	9					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : TG 63-100 EMLC

- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,43 cm² - D(diam. punta)= 51,00 mm

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : SI

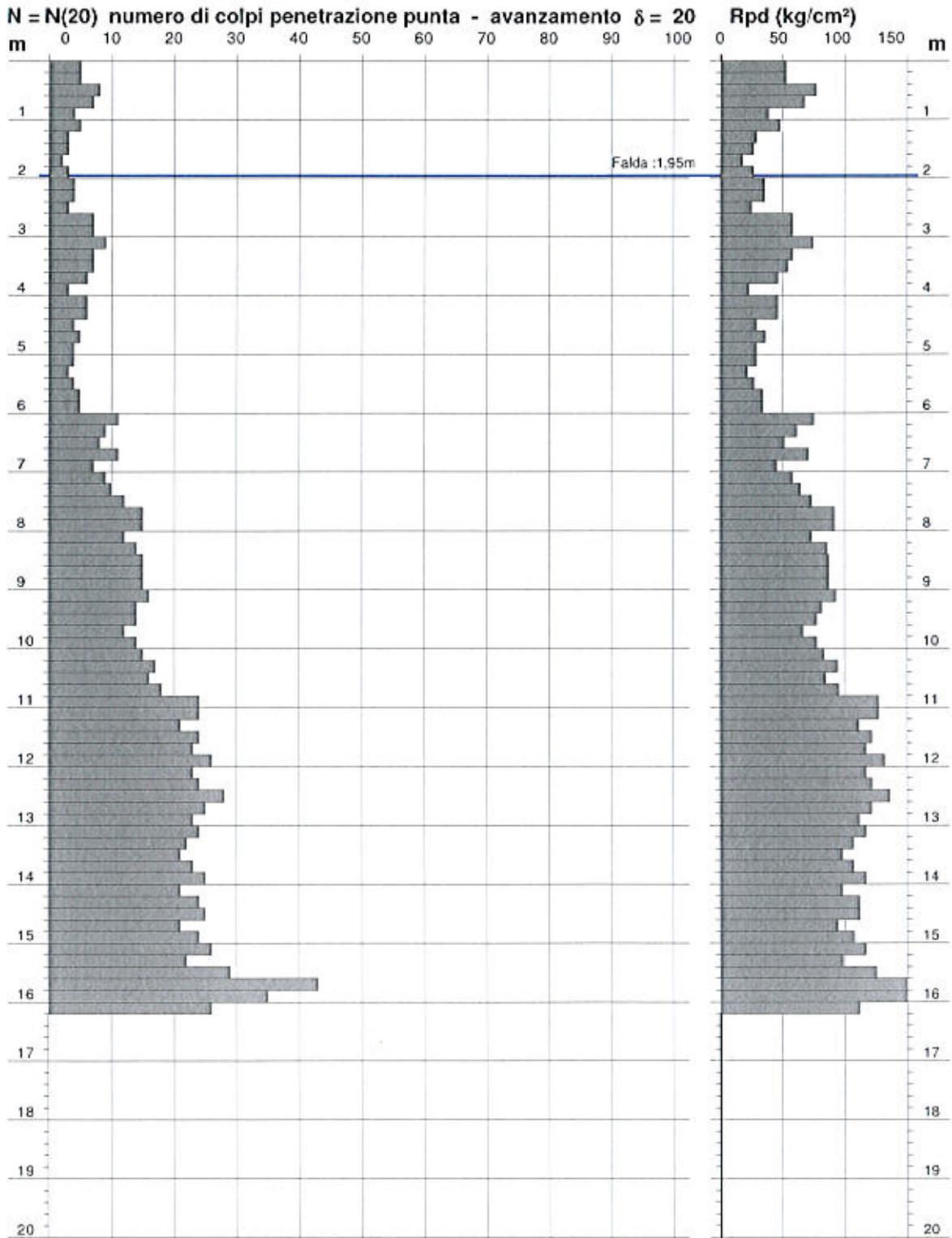
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

DIN 1

Scala 1: 100

- committente : Comune di Moretta
- lavoro : Costruzione montalettighe Casa di Riposo
- località :
- note :

- data : 23/05/2011
- quota inizio :
- prof. falda : 1,95 m da quota inizio
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 1

- committente : Comune di Moretta
- lavoro : Costruzione montalettighe Casa di Riposo
- località :
- note :

- data : 23/05/2011
- quota inizio :
- prof. falda : 1,95 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\text{min})$	s	M-s	M+s			
1	0,00	1,20	N	5,7	4	8	4,8	1,5	4,2	7,2	6	1,49	9
			Rpd	58,1	39	77	47,3	13,9	42,2	70,0			
2	1,20	2,60	N	3,1	2	4	2,6	---	2,5	3,8	3	1,49	4
			Rpd	28,0	18	36	22,9	6,9	21,8	34,3			
3	2,60	3,80	N	7,2	6	9	6,6	1,0	6,2	8,1	7	1,49	10
			Rpd	58,2	46	75	52,3	9,2	49,0	67,4			
4	3,80	6,00	N	4,5	3	6	3,7	1,0	3,4	5,5	4	1,49	6
			Rpd	32,4	22	46	27,1	8,2	24,2	40,6			
5	6,00	10,80	N	13,1	7	18	10,0	2,9	10,1	18,0	13	1,49	19
			Rpd	77,4	45	95	61,3	19,8	63,6	91,3			
6	10,80	15,40	N	23,6	21	28	22,3	1,8	21,8	25,4	24	1,49	38
			Rpd	114,2	94	136	104,1	11,0	103,2	125,1			
7	15,40	16,20	N	33,3	26	43	29,6	---	---	---	33	1,49	49
			Rpd	143,6	112	186	127,9	---	---	---			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	ρ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	1,20		9	31,7	29,6	261	1,92	1,48	0,56	1,89	34	0,918
2	1,20	2,60		4	15,0	27,6	222	1,87	1,39	0,25	1,80	42	1,125
3	2,60	3,80		10	35,0	30,0	268	1,93	1,50	0,63	1,90	33	0,992
4	3,80	6,00		6	21,7	28,4	238	1,89	1,43	0,38	1,85	37	1,000
5	6,00	10,80		19	49,5	32,7	338	1,98	1,58	1,19	2,01	26	0,687
6	10,80	15,40		36	71,0	37,5	469	2,08	1,74	2,25	2,21	15	0,401
7	15,40	16,20		49	84,0	40,8	569	2,15	1,84	3,08	2,37	09	0,240

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ρ' (°) = angolo di attrito ellittico E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

fabio nicotera
geologo
master in

sistemi informativi territoriali e telerilevamento

Strada Brecco, 47 - 14049 Nizza Monferrato (AT)
tel 0141701138 - e-mail: fabio.nicotera@geologi.it
C.F. NCT FBA 60P10 G352G - P.I. 01030620053

Data:	06/05/2011	Committente:	Studio PROGEA - Crescentino (VC)
Ubicazione:	Moretta (CN)	Campione:	SI CDR - CI
Sondaggio:	SI 1	Operatore:	Dott. Geol. Fabio Nicotera
Profondità:	3.10 - 3.80		
Percentuali granulometriche: Ghiaia: 8.10%, Sabbia: 84.15%, Limo: 2.95%, Argilla: 4.80%			
Classificazione terreno: Sabbia debolmente ghiaiosa			

ANALISI CON VAGLI:		a macchina/a-mano		via umida/via-secca								
Tempo di agitazione: min 10		Max diametro granuli:		mm								
% parziale = Peso granuli / Peso somma												
ANALISI CON AEROMETRO												
Cilindro 1												
Dispersivo: Metafosfato di sodio in sol al 5%												
Correzione dispersivo Cd = -4												
Correzione menisco Cm = 0.5												
Correzione totale: (Cd + Cm) = -3.5 = C'												
Tara: Peso tara gr												
Campione secco + tara = gr												
Campione secco parziale Pps = gr 30												
Peso specifico della parte < 0.075 gs = gr/cmc 2.70												
Peso specifico del liquido: gl = gr/cmc 1.002												
Peso specifico della parte < 0.075 gs = gr/cmc 2.70												
Peso specifico del liquido: gl = gr/cmc 1.002												
Data	Or	Tempo sec	Temperatura °C	Letture aerometrica R	Letture corretta HR	Correzione temperatura Ct	Diametro granuli mm	Letture ridotta R ⁿ =R+Cm+Ct	Parziale %	Somma %	Trattenuto %	Passante %
06/05/2011	08 00 30	30	20	28.00	8.8775	0	0.0566	28.50	97.2650	7.54	92.46	100.00
"	08 01 00	60	"	26.00	9.3675	"	0.0411	26.50	89.3250	6.92	93.08	100.00
"	08 02 00	120	"	24.00	9.8575	"	0.0298	24.50	81.3850	6.31	93.69	100.00
"	08 04 00	240	"	22.50	10.2250	"	0.0215	23.00	75.4300	5.85	94.15	100.00
"	08 08 00	480	"	21.00	10.5925	"	0.0155	21.50	69.4750	5.38	94.62	100.00
"	08 08 15	900	"	19.50	10.9600	"	0.0115	20.00	63.5200	4.92	95.08	100.00
"	08 30 00	1800	"	18.00	11.3275	"	0.0083	18.50	57.5650	4.46	95.54	100.00
"	09 00 00	3600	"	16.50	11.6950	"	0.0059	17.00	51.6100	4.00	96.00	100.00
"	10 00 00	7200	"	15.50	11.9400	"	0.0042	16.00	47.6400	3.69	96.31	100.00
"	12 00 00	14400	"	14.50	12.1850	"	0.0030	15.00	43.6700	3.38	96.62	100.00
"	16 00 00	28800	"	13.50	12.4300	"	0.0022	14.00	39.7000	3.08	96.92	100.00
06/05/2011	24 00 00	57600	"	13.00	12.5525	"	0.0015	13.50	37.7150	2.92	97.08	100.00
07/05/2011	08 00 00	86400	20	12.50	12.6750	0	0.0013	13.00	35.7300	2.77	97.23	100.00

fabio nicotera
geologo
master in

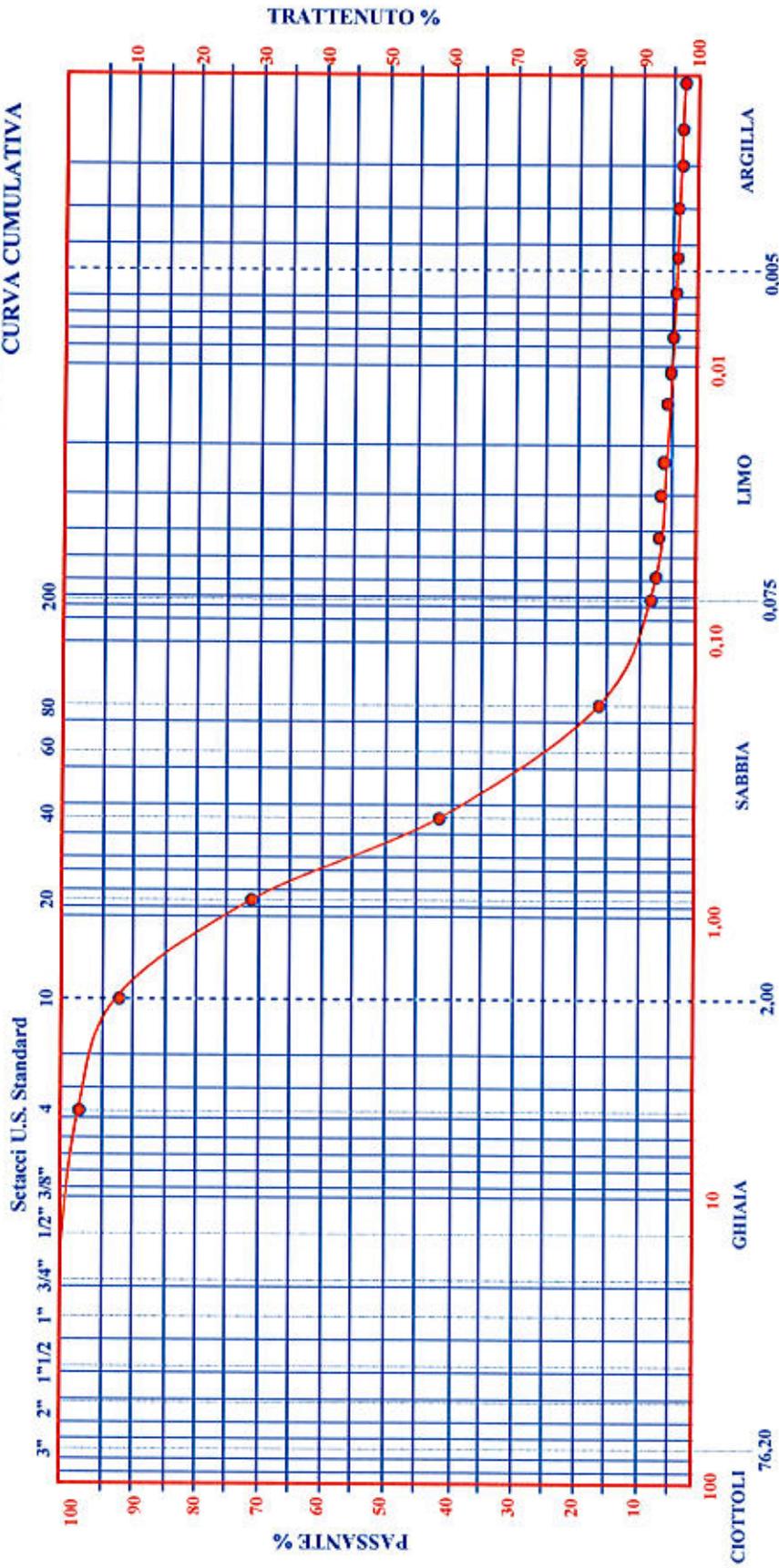
sistemi informativi territoriali e telerilevamento

Strada Bricco, 47 - 14049 Nizza Monferrato (AT)
tel.0141701138 - e-mail: fabio.nicotera@geologi.it
C.F.:NCT FBA 60P10 C352C - P.I.: 01033620053

Data: 07/05/2011
Ubicazione: Maretta (CN)
Sondaggio: S 1
Profondità: m 3.10 - 3.80

Committente: Studio PROGEA—Crescentino (VC)
Campione: SI CDR - C 1
Operatore: Dott. Geol. Fabio Nicotera
Riferimento:

ANALISI GRANULOMETRICA CURVA CUMULATIVA



fabio nicotera

geologo
master in

sistemi informativi territoriali e telerilevamento

Strada Brecco, 47 - 14049 Nizza Monferrato (AT)
tel.0117/711138 - e-mail: fabio.nicotera@geologi.it
C.F. NCT FBA 69P10 C352C - P.I. 01033620053

Data:	06/05/2011	Committente:	Studio PROGEA - Crescentino (VC)
Ubicazione:	Moretta (CN)	Campione:	S1 CDR - C2
Sondaggio:	S 1	Operatore:	Dott. Geol. Fabio Nicotera
Profondità:	4.10 - 5.50		
Percentuali granulometriche: Ghiaia: 0.40%, Sabbia: 52.80%, Limo: 36.30%, Argilla: 10.50%			
Classificazione terreno: Sabbia con limo, debolmente argillosa			

ANALISI CON VAGLI:		a macchina/a-mano		via umida/via-secca		SETACCIO		Peso		Parziale		Trattenuto		Passante	
Tempo di agitazione: min 10		Max diametro granuli:		mm		ASTM		granuli (mm)		%		%		%	
% parziale = Peso granuli / Peso somma															
ANALISI CON AEROMETRO															
Cilindro 1															
Dispersivo:															
Metafosfato di sodio in sol al 5%															
Cd = -4															
Cm = 0.5															
(Cd + Cm) = -3.5 = C'															
Tara:															
Peso tara gr															
Campione secco + tara =															
gr															
Campione secco parziale															
Pps = gr 30															
Peso specifico della parte < 0.075															
gs = gr/cmc 2.70															
Peso specifico del liquido:															
gl = gr/cmc 1.002															
Peso specifico della parte < 0.075															
gs = gr/cmc 2.70															
Peso specifico del liquido:															
gl = gr/cmc 1.002															
Data	Ora	Tempo	Temperatura	Letture	Letture	Letture	Correzione	Diametro	Letture	Parziale	Somma	Trattenuto	Passante		
sec	°C	R	HR	R ² -R+Cm+Ct	mm	%	%	mm	R ² -R+Cm+Ct	%	%	%	%		
06/05/2011	08 00 30	30	20	25.50	9.4900	0	0	0.0585	26.00	87.3400	40.88	59.12	100.00		
"	08 01 00	60	"	22.50	10.2250	"	"	0.0430	23.00	75.4300	35.30	64.70	100.00		
"	08 02 00	120	"	20.00	10.8375	"	"	0.0313	20.50	65.5050	30.66	69.34	100.00		
"	08 04 00	240	"	17.00	11.5725	"	"	0.0229	17.50	53.5950	25.08	74.92	100.00		
"	08 08 00	480	"	15.00	12.0625	"	"	0.0165	15.50	45.6550	21.37	78.63	100.00		
"	08 08 15	900	"	13.00	12.5525	"	"	0.0123	15.50	37.7150	17.65	82.35	100.00		
"	08 30 00	1800	"	11.50	12.9200	"	"	0.0088	12.00	31.7600	14.86	85.14	100.00		
"	09 00 00	3600	"	10.00	13.2875	"	"	0.0063	10.50	25.8050	12.08	87.92	100.00		
"	10 00 00	7200	"	8.50	13.6550	"	"	0.0045	9.00	19.8500	9.29	90.71	100.00		
"	12 00 00	14400	"	7.50	13.9000	"	"	0.0032	8.00	15.8800	7.43	92.57	100.00		
"	16 00 00	28800	"	6.50	14.1450	"	"	0.0023	7.00	11.9100	5.57	94.43	100.00		
06/05/2011	24 00 00	57600	"	5.50	14.3900	"	"	0.0016	6.00	7.9400	3.72	96.28	100.00		
07/05/2011	08 00 00	86400	20	4.50	14.6350	0	0	0.0014	5.00	3.9700	1.86	98.14	100.00		

fabio nicotera
geologo
master in

sistemi informativi territoriali e telerilevamento

Strada Bracco, 47 - 14049 Nizza Monferrato (AT)
tel.0141701138 - e-mail: fabio.nicotera@geologuit
C.F.:NCT FBA 60P10 C352C - P.I.: 01033620053

Data: 07/05/2011
Ubicazione: Marettà (CN)
Sondaggio: S 1
Profondità: m 4.10 - 5.50

Committente: Studio PROGEA—Crescentino (VC)
Campione: SI CDR - C 2
Operatore: Dott. Geol. Fabio Nicotera
Riferimento:

ANALISI GRANULOMETRICA CURVA CUMULATIVA

