



ALL. M  
INDAGINI E PROVE  
GEOTECNICHE  
SU TERRENI  
DI FONDAZIONE **GEO  
STUDI**

Comune di  
INVERUNO



**M.I.F. SRL**  
Via del Caravaggio 4 - Milano

Codice Amministrazione: C\_E313  
Prot. Generale n: 0003414 A  
Data: 15/03/2010 Ora: 18:38  
Classificazione: 10 - 10 - 0

*E.P.* *cup*

**CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E SISMICA DEL  
SOTTOSUOLO DEL SITO SU CUI INSISTE UNA VILLA  
AD INVERUNO, IN VIA MARCORA, PER LA PREVISTA  
TRASFORMAZIONE D'USO DA RESIDENZA AD ALBERGO**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Redatta ai sensi della DGR 8/7374 della R.L.

ADOTTATO CON DELIBERAZIONE C.C.  
N. 15 DEL 27/03/2010

Varese 08.03.2010  
File Geo 9 10

Geostudi s.r.l.  
Capitale Sociale 99.000.000  
Reg. Soc. Impresa VA n. 133-48980 - REA VA n. 125301 - P. IVA 00 318790 128  
via Morazzone, 12 - 21100 Varese - Tel. e Fax 0332.284.273  
www.geostudi.it - info@geostudi.it

## CONTENUTO DELLA PRESENTE RELAZIONE

- 1 - Premessa
- 2 - Tecniche e modalità esecutive del lavoro
- 3 - Cenni di carattere geologico e litologico dell'area
- 4 - Categoria di sottosuolo di fondazione
- 5 - La Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)
- 6 - Verifica di 2° livello della Zona Z4a
- 7 - Considerazioni conclusive

### Allegati:

- Tav. 1: Planimetria con ubicazione del sondaggio eseguito
- Grafico "N<sub>SPT</sub> versus z"
- Effetti litologici - Scheda litologica sabbiosa (DGR 28 maggio 2008 n° 8/7374)
- modulo stratigrafico
- foto delle cassette catalogatrici

### **1 - Premessa**

In riferimento all'incontro avuto presso gli Uffici Comunali il 1.3.2010 si è concordato di eseguire un sondaggio a 30 m con prove SPT (Standard Penetration Test) per definire il valore di Vs30 e la "Categoria del suolo di fondazione" secondo quanto richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC - D.M. 14 Gennaio 2008 ) e dagli Enti di competenza. Si è anche deciso che sono esclusi dall'incarico:

- gli aspetti geotecnico-fondazionali relativi alla costruzione esistente e alle sue eventuali modifiche e ristrutturazioni;
- gli aspetti idraulici ed idrogeologici (pozzi idrici comunali, rogge, canali, rivi del reticolo idrico minore e la regimazione delle acque nere e bianche della costruzione esistente e futura).

In mancanza delle cartografie comunali del PGT la relazione si è articolata in diverse fasi di lavoro. ▼

E' stata definita dapprima la "Categoria di suolo di fondazione" in base all'esame ed all'interpretazione alla stratigrafia del sondaggio e delle prove SPT; si è poi verificato, attraverso le "schede di valutazione" predisposte dalla R.L. (DGR 8/7374 del 2008), se la normativa nazionale risulta sufficiente a salvaguardare la costruzione in esame (attualmente di I Classe) dagli effetti di amplificazione litologica qualora investita da un evento sismico.

I risultati esposti si riferiscono ad una costruzione per la quale, attraverso l'applicazione dei parametri sismici che la Categoria di suolo e la Classe di edificio impongono di adottare , sia stata verificata preliminarmente anche l'idoneità statica all'uso alberghiero.

### **2 - Tecniche e modalità esecutive del lavoro**

Il **sondaggio** è stato eseguito con tecnica a rotazione e campionamento continuo utilizzando una sonda Puntel cingolata da 1200 Kgm di coppia e con estrazione del 100% di terreno attraversato. Le "carote" sono state poste in cassette catalogatrici per consentire una precisa ricostruzione litostratigrafica e per scattare le foto documentali allegate. Si rimanda alla descrizione riportata nel modulo allegato per la definizione della successione dei tipi litologici riscontrati, costituiti prevalentemente da una ghiaia con sabbia passante localmente a sabbia pulita con poca o al limite, senza ghiaia.

La testata del sondaggio, dopo accurata pulizia dell'intorno del posto di lavoro, è stata protetta con chiusino in PVC 20 x 20 antisfondamento cementato a livello del suolo.

Sono state eseguite prove di **Standard Penetration Test (SPT)** nel foro di sondaggio alle profondità indicate nella stratigrafia, secondo la normativa AGI (Associazione Geotecnica Italiana), pulendo preliminarmente il fondo foro del sondaggio, infiggendo l'utensile (a sganciamento automatico del maglio) per battitura e registrando i valori ottenuti sulle tabelle di cantiere. Le aste di perforazione aventi diametro di 60 mm sono state utilizzate anche per la esecuzione delle prove SPT. E' stato utilizzato un campionatore Raymond a punta chiusa essendo il terreno frizionale, con frequenza di una prova ogni 2.50-3.00 m. circa.

I valori di  $N_{spt}$  ( $N_1, N_2, N_3$ ) riportati nella apposita colonna dei moduli stratigrafici sono quelli registrati in campo. Si nota che fino a 10 -13 metri  $N$  e' crescente fino a valori intorno a 100 ma si registra con la profondita' una graduale riduzione dei valori di Spt legati ad un aumento percentuale della sabbia. Le NTC indicano che in tal caso occorre considerare il valore peggiore di  $N_{spt}$  tra quelli considerati. Si assume quindi il valore di  $N_{spt}$  medio = 42 come media dei valori misurati tra 15 e 27 metri

Elaborazione dei valori di SPT del sondaggio eseguito

Z in metri da p.c.	N (15 cm)	N2 (15 cm)	N3 (15 cm)	N ( $N_1 + N_2 + N_3$ )
2.00-2.45	14	21	22	57
4.00-4.45	19	20	24	63
6.00-6.45	37	42	40	119
9.00-9.45	30	32	34	96
12.00-12.45	23	26	32	81
15.00-15.45	12	17	17	46
18.00-18.45	9	11	13	33
21.00-21.45	12	13	14	39
24.00-24.45	12	17	16	45
27.00-27.45	15	17	19	51

Non è stato messo in opera alcun **piezometro**, non necessario ai nostri fini; in ogni caso il livello statico è stato misurato il 7.03.2010 alla profondità di 14.0 metri dal piano di esecuzione del sondaggio ( +10/20 cm dal piano stradale di Via Marcora ).

### 3- Cenni di carattere geologico e litologico dell'area

La genesi della pianura su cui insiste Inveruno, quindi l'area in esame, e' quella del "Livello fondamentale della Pianura Padana", legata cioe' alle vaste e piatte conoidi alluvionali postglaciali generate da maggiori corsi d'acqua, Ticino ed Olona. La **litologia** del sito è

quella tipica delle conoidi alluvionali dei grandi fiumi, cioè costituita da depositi ghiaio-sabbiosi, a struttura lenticolare ed incrociata, con alternanze costituite da percentuali granulometriche variabili con la legge del caso, sempre però di tipo frizionale. Anche la struttura idrogeologica in questa potente compagine alluvionale è di tipo multistrato, con falde libere superficiali (freatiche), semiconfinate e, più in profondità, confinate. Il comportamento generale ( appena al di sotto del sottile strato superficiale humico-argilloso) è quello di un terreno molto drenante, ad elevata permeabilità. La falda freatica e' stata rinvenuta sulla verticale esplorata a 14.0 m dal piano campagna. Dal punto di vista litologico si registrano percentuali fino al 60-70 % a favore della sabbia medio-fine con ciottoli subordinati tra 13 e 30 m di profondità, mentre nei primi 13 metri a partire dal piano campagna prevale nettamente la ghiaia sulla sabbia ( vedi foto delle cassette catalogatrici).

#### **4 – “Categoria sismica” del suolo di fondazione**

L'esame granulometrico visivo delle carote prelevate dal piano campagna fino a 30 metri di profondità consente di attribuire il terreno alla **Categoria sismica C** del suolo di fondazione, (Tabella 3.2.II delle NTC) riferendo il sottosuolo –come da indicazioni della normativa - alla categoria peggiore in base ai valori di Spt misurati . Quanto sopra risponde alle seguente definizione fornita dalle NTC del D.M.14 Gennaio 2008:

*<< Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine ,mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero  $15 < N_{spt} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < C_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine )>>.*

Nel caso di progettazione di nuove costruzioni il Progettista dovrà applicare i parametri sismici relativi alla Categoria C, specificati nella Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

#### **5 - La Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)**

Non essendo il Comune di Inveruno ancora dotato di PGT non si ha a disposizione la zonazione della PSL dalla quale ricavare la zona sismica di appartenenza.

Dalla analisi qualitativa e quantitativa del terreno si può comunque attribuire l'area di interesse – secondo le indicazioni della DGR 8/7374 del 2008 della R.L ( All. V, Tab.1 ) - alla zona

sismica Z4a Essa viene definita dalla Regione come “Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi”

Gli effetti sismici attesi per tale zona sono quelli di “amplificazione litologica e geometrica”.

Per effettuare questa analisi è necessario seguire le indicazioni e le procedure indicate nell’All.5 della DGR 8/7374 citata; per la Zona Z4c ed è necessario conoscere i seguenti dati:

- litologia (ottenuta con la stratigrafia del sondaggio);
- andamento delle Vs con la profondità (desumibili da prove SPT e da bibliografia).

Per valutare il fattore di amplificazione Fa con la procedura prevista per il 2° livello occorre scegliere tra le “schede litologiche” proposte dalla DGR quella che meglio approssima l’andamento delle Vs del sito in esame. Alla fine si dovrà comparare il risultato di Fa ottenuto (Fattore di amplificazione sismica) con quello detto “di soglia” fornito, per il suolo di Categoria C, dalla R.L. per il Comune di Inveruno .

#### **6 - Verifica di 2° livello della Zona Z4a**

Per le zone sismiche definite Z4a - come quella in cui ricade l’area in esame – la DGR citata prevede di effettuare una verifica litologica e geometrica detta di 2° livello.

La verifica consiste in un approccio che fornisce la stima quantitativa della risposta sismica in termini di fattore di amplificazione Fa. La procedura fornisce per gli effetti *litologici* (nel ns. caso gli effetti morfologici sono trascurati essendo l’area lontana da scarpate) valori di Fa per tempi di oscillazione propri delle costruzioni compresi tra 0.1-0.5 sec (piccole costruzioni) e tra 0.5-1.5 sec (costruzioni di maggiore altezza).

Si considera quindi la seguente stratigrafia a cui sono correlabili i seguenti valori di Vs:

- da -0.0 a 13.50 m ghiaia con sabbia e ciottoli . In prima approssimazione si considera valida la “scheda litologia sabbiosa”; attribuendo al terreno una velocità media ponderata pari a  $V_s = 300$  m/sec;
- da 13.50 m in giù: sabbia con ghiaia caratterizzata da valori di  $V_s > 350$  m/sec.

Nella “Scheda litologica sabbiosa” costruendo il grafico “Vs versus z” si ricava che quello della curva Vs versus z del nostro terreno appartiene senz’altro al campo di validità delle calcolazioni. Ciò accertato, si entra ora nella “scheda di valutazione” scegliendo, in funzione dello spessore del 1° strato (13,50m) e della Vs attribuitagli (300 m/sec) la curva appropriata, contraddistinta dalla “curva 2” di colore verde.

Questa scheda di valutazione fornisce la correlazione tra Fa ed il periodo proprio  $T_0$  del sito. Noto  $T_0$ , determinabile con l'equazione sotto riportata, si ricava graficamente, oppure con le espressioni matematiche sotto indicate, Fa.

$$T_0 = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

essendo  $h_i$  e  $V_{s_i}$  lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo. Sostituendo si ha

$$T_0 = 0.393$$

Entrando con tale valore nel grafico correlativo si ottiene:

• per  $T\text{-}Fa_{(0.1-0.5)}$  **Fa = 1.63**

• per  $T\text{-}Fa_{(0.5-1.5)}$  **Fa = 1.61**

Una verifica di Fa si ottiene ricorrendo alle relazioni matematiche per il tratto polinomiale:

•  $Fa_{(0.1-0.5)} = -8.65 T^2 + 5.44T + 0.84 = 1.64$  (che non si discosta dal valore derivato graficamente)

Confrontando i valori di Fa ricavati con quelli "di soglia" predeterminati dalla Regione Lombardia per il Comune di Inveruno e sotto riportati [ via internet: soglie\_lomb.xls]

	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
$Fa_{(0.1-0.5)}$	1.4	1.8	2.2	2.0
$Fa_{(0.5-1.5)}$	1.7	2.4	4.2	3.1

si ricava che:

per **Fa<sub>(0.1-0.5)</sub>** si ottiene **1.63 < 1.8** (ok, verificato)

e per **Fa<sub>(0.5-1.5)</sub>** **1.61 < 2.4** (ok, verificato)

Ne consegue che "...la normativa nazionale è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa".

In termini più espliciti la normativa nazionale applicata all'area sismica definita come zona Z4a di Inveruno-Via Marcora appare sufficiente a salvaguardare le costruzioni dagli effetti di amplificazione sismica di tipo litologico.

Dovendo infine motivare le scelte relative ai dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzati nella procedura di 2° livello, nella tabella sotto riportata si indica la provenienza dei dati (in giallo).

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

### 7 - Considerazioni conclusive

Le considerazioni esposte si basano sui soli risultati del sondaggio geotecnico-stratigrafico spinto a 30 metri di profondità con prove SPT eseguito in prossimità della villa sita in Via Marcora che si intende trasformare da residenziale ad uso alberghiero. L'analisi sismica semplificata condotta secondo le normative della DGR 8/7374 del 2008 della R.L. portano a concludere che il sito è salvaguardato dagli effetti di amplificazione sismica di tipo litologico locale. Condizione fondamentale per accreditare l'analisi sismica è che sia stata analizzata anche la stabilità statica della costruzione di cui si tratta, aspetto non di competenza del Geologo ma dell'Ingegnere strutturista.

  
Dott. Geol. Pietro Zuccato

GEOSTUDI s.r.l.  
VIA MORAZZONE, 12 - 21100 VARESE

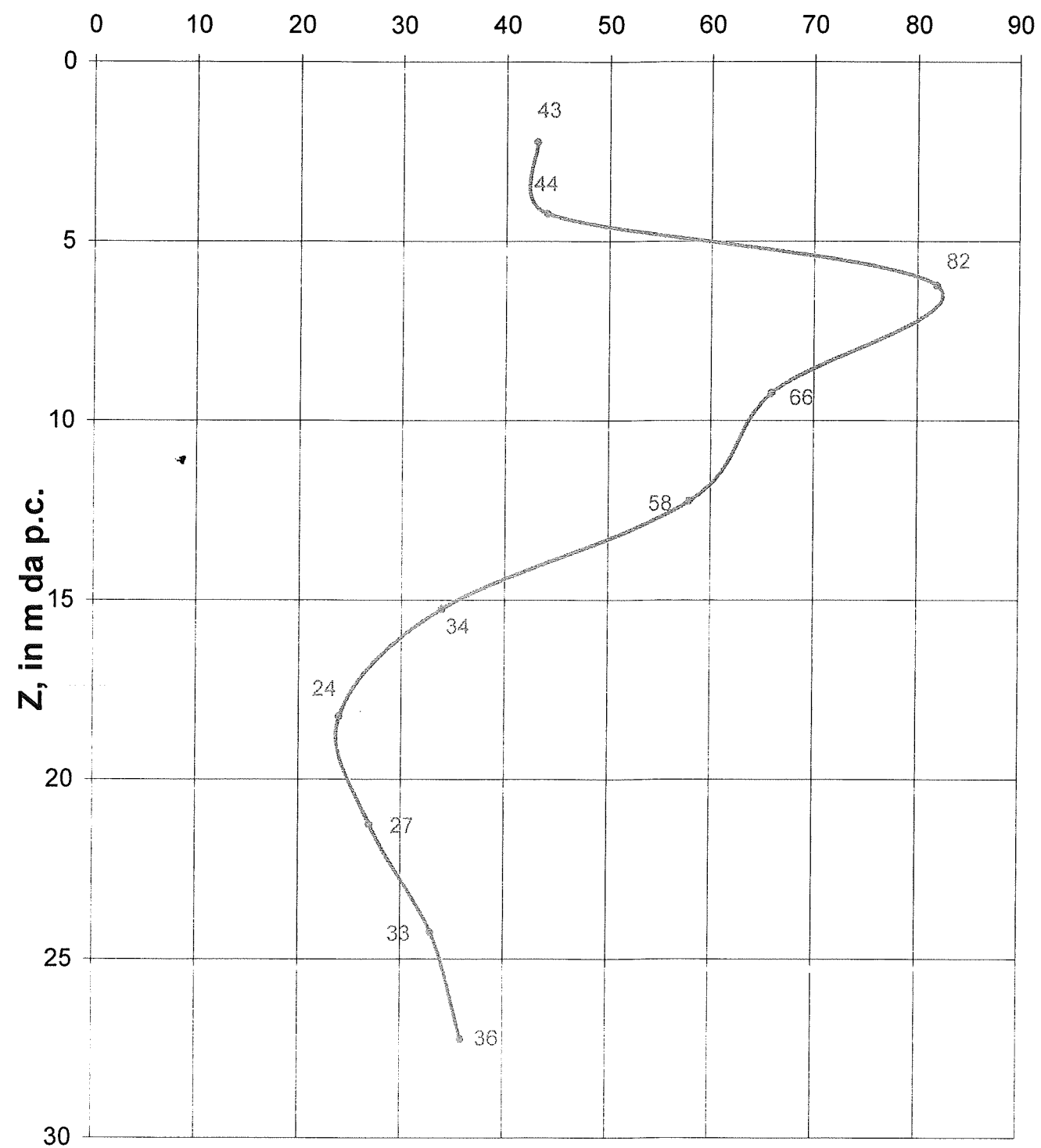


# Valori Nspt versus Z

Committente: M.I.F. - MILANO

Cantiere: Via Marcora, Inveruno - Marzo 2010

Nspt (N2+N3)



— Sondaggio S1

EFFETTI LITOLGICI - SCHEDE LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

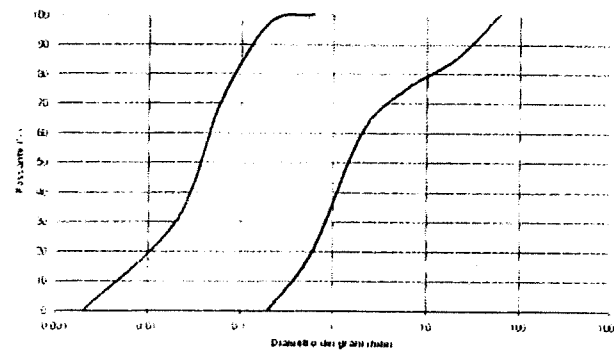
GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

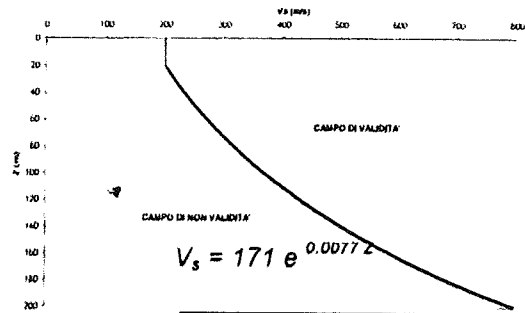
NOTE:

Comportamento granulare  
Struttura granulo-sostenuta  
Clasti con  $D_{max} > 20$  cm inferiori al 15%  
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%  
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE  $V_s$  CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



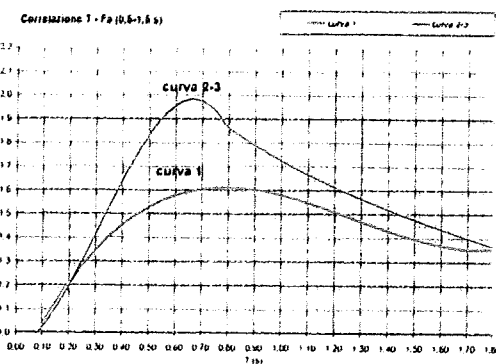
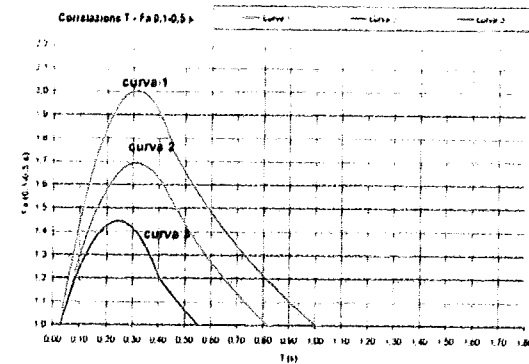
Profondità primo strato (m)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	80	110	130	140	160	180	
200																							
250																							
300																							
350																							
400																							
450																							
500																							
600																							
700																							

ove  
la sigla NA indica  $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s	0
$V_s > 500$ m/s	5-12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$	$0.50 \leq T \leq 1.00$	$T > 1.00$
	$F_{0.05} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$F_{0.05} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$F_{0.05} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$	$0.45 \leq T \leq 0.80$	$T > 0.80$
	$F_{0.05} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$F_{0.05} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$F_{0.05} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$	$0.50 \leq T \leq 0.55$	$T > 0.55$
	$F_{0.05} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$F_{0.05} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$F_{0.05} = 1.00$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$		
	$F_{0.05} = 0.57 T^2 - 2.18 T + 2.38 T + 0.81$		
2	$0.08 \leq T < 0.80$		$0.80 \leq T \leq 1.80$
	$F_{0.05} = -6.11 T^2 + 5.79 T + 0.44 T + 0.93$		$F_{0.05} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	S.P.T.	N° colpi SPT	Falda	Cassetta
1							
2	2.10		Coltivo del prato misto a poca ghiaia. Colore marrone scuro.	2.00 2.45	14 21 22	1	
3			Compagine alluvionale omogenea, di colore grigio, incoerente costituita granulometricamente da: ciottoli di diametro > 5.0 cm (10-15%); ghiaia e ghiaietto da 0.2 a 5 cm (50-55%); sabbia da fine a grossolana (30-35%).	4.00 4.45	19 20 24		
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14	13.50		Sabbia prevalente medio-grossolana (60-70%); ciottoli di diametro tra 2 e 5 cm (20-30%). Limo assente. Stato incoerente. Colore bruno chiaro.	9.00 9.45	30 32 34		
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25	25.00		Sabbia sciolta, pulita, medio fine, di colore bruno chiaro. Stato incoerente. Presenza di rari ciottolotti arrotondati di 1-3 cm nella percentuale stimata del 10%.	15.00 15.45	12 17 17		
26							
27							
28							
29							
30	30.00						

Metodo di perforazione: carotaggio continuo 100%;  
 Attrezzatura: Sonda cingolata Puntel 1000 Kg;  
 Diametro perforazione: 152 mm;  
 Carotiere semplice L=1,5 m con valvola di ritenuta;  
 Fluido di circolazione: acqua;  
 Spt eseguiti secondo le normative AGI;  
 Presenza di acqua alla profondità di 14,00 m;  
 Quota inizio manovre: pc;  
 Quota fine manovre: -30,00 m.