

### 5.2.2.1 Schede di acquisizione elaborazione e interpretazione

#### **SAN POSSIDONIO (MO) Via Focherini**

##### • **Strumento e Parametri di acquisizione**

Strumento: SAB – 0019 / 02 - 11

Inizio registrazione: 04/07/12 20:06:56 Fine registrazione: 04/07/12 20:09:04

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 512 Hz

##### • **Geometria Array**

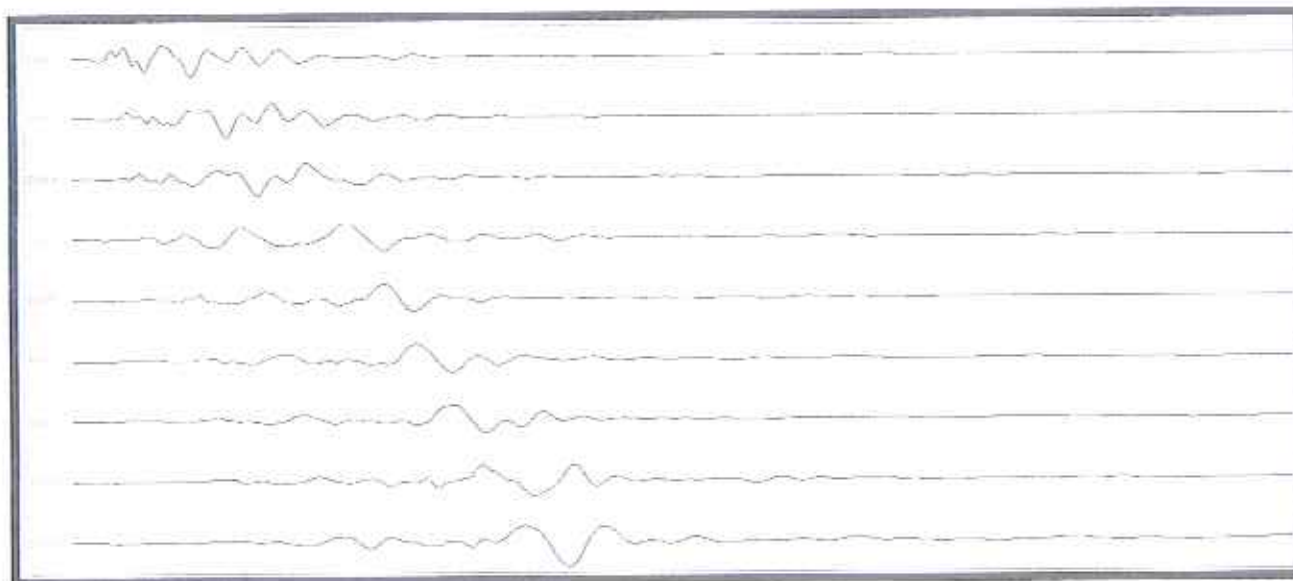
Nomi canali : TR01 ; TR02 ; TR03 ; TR04 ; TR05 ; TR06 ; TR07 ; TR08 ; TR09

Array geometry (x): 0.0 4.0 8.0 12.0 16.0 20.0 24.0 28.0 32.0 m.

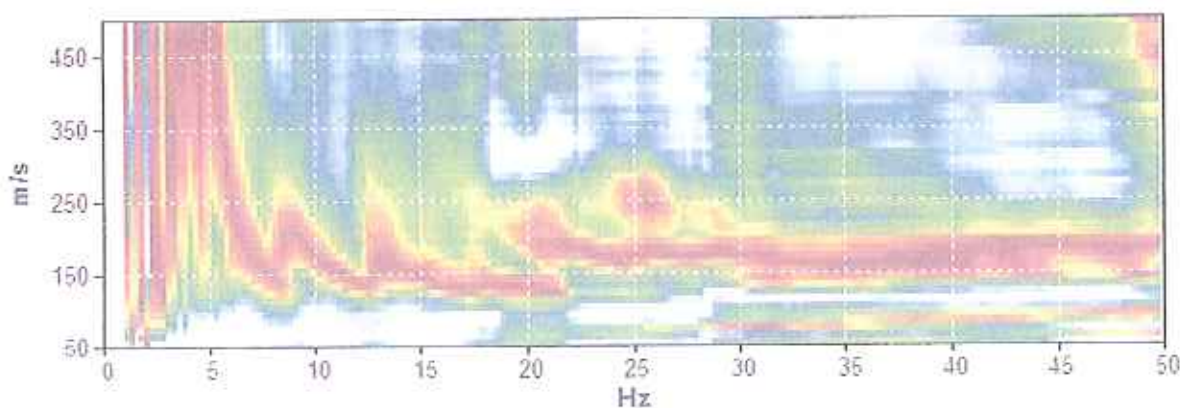
Distanza intergeofonica : DX = 4,00 m.

Offset minimo ( distanza tra TR01 e scoppio) MO = 15,00 m.

**Dataset normalizzato nell'intervallo (0 – 1 s) – Componente Verticale onde Rayleigh ZVF:**



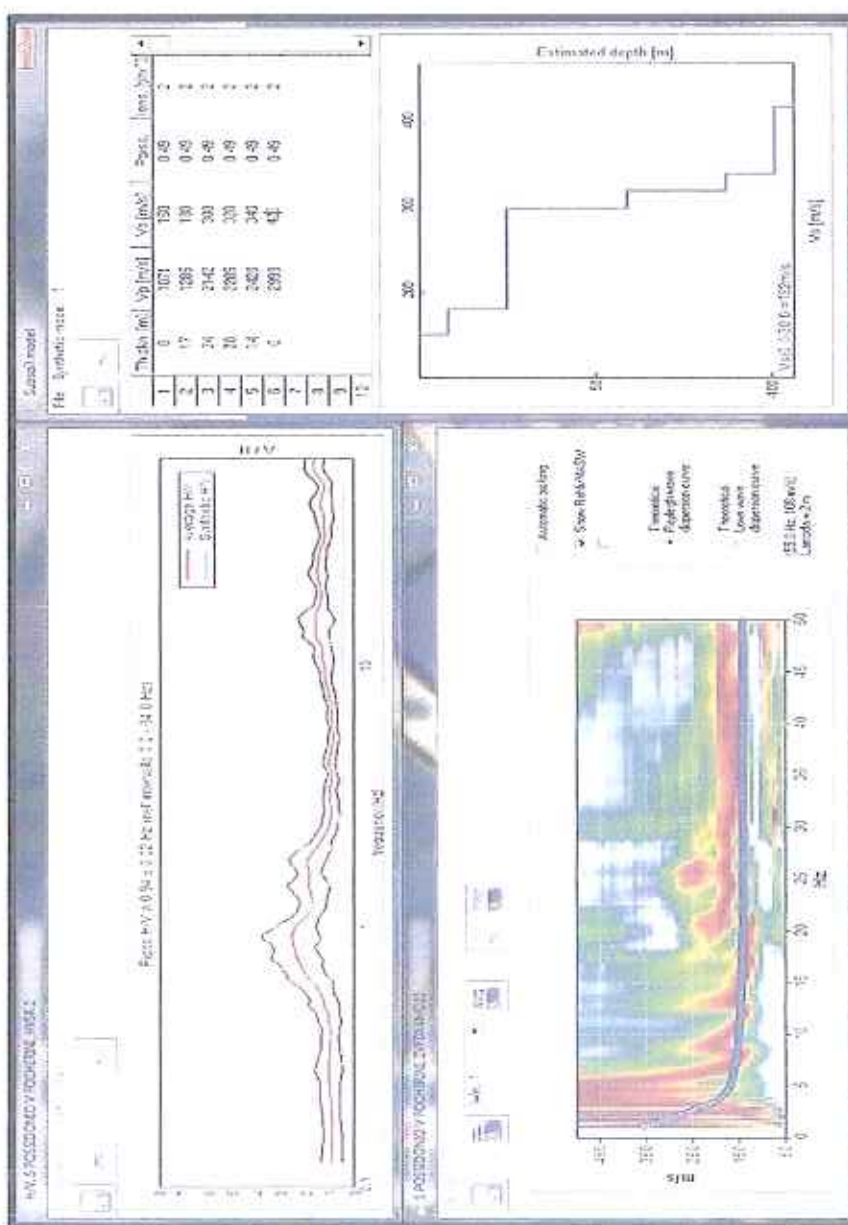
##### • **SPETTRO VELOCITA' DI FASE**



### 5.2.3 Modello sismico del sottosuolo

La modellazione in termini di  $V_s$ , è stata effettuata, su tutte le registrazioni, vincolando le curve spettrali alla curva di dispersione MASW e alla prove CPT. In particolare è stato fatto il Fit congiunto MASW – HVSR, dove il modello di sottosuolo  $V_s$ , viene confrontato contemporaneamente, tramite la curva di dispersione "effetto della dispersione delle onde superficiali", per la parte superficiale "10,00 m.", e i picchi di risonanza della curva H/V "effetto della risonanza del micro tremore dovuti ai contrasti di impedenza, superficiali e profondi", per la parte profonda.

- Fit congiunto MASW – HVSR



Per il calcolo si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

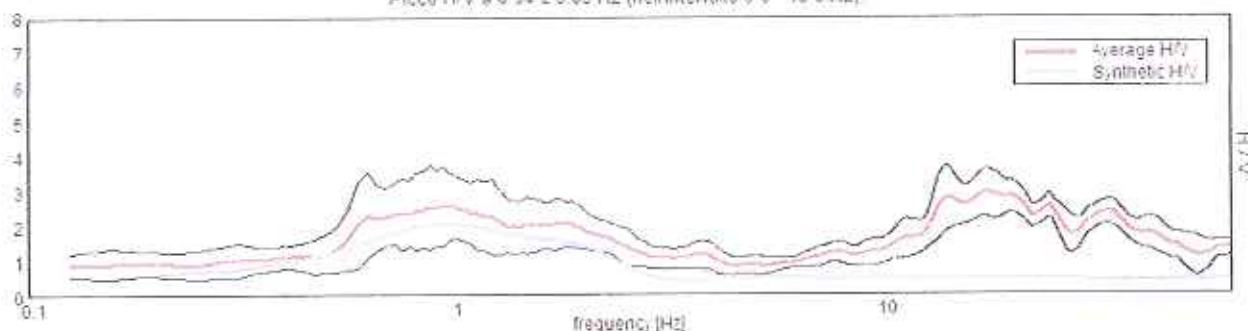
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

I calcoli sono stati condotti considerando 30 metri di sottosuolo a partire dal p.c. e i risultati sono:

**HVSR 1  $V_s(30) = 185$  m/s - HVSR 2  $V_s(30) = 182$  m/s MASW  $V_s(30) = 182$  m/s**

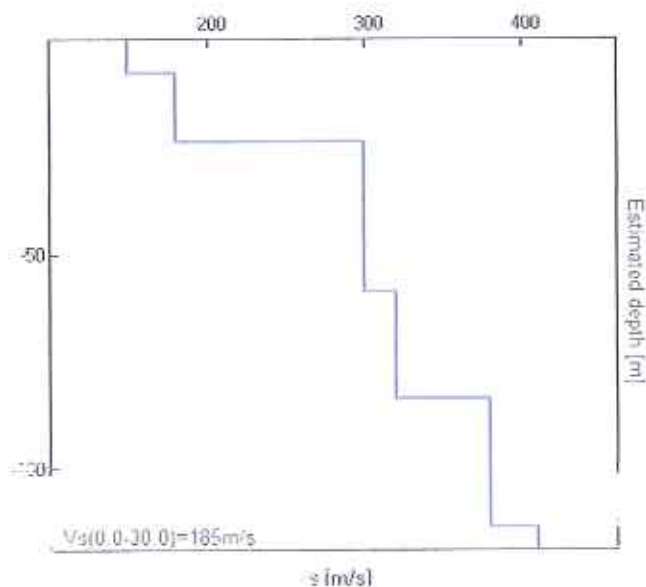
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a  $0.94 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo  $0.0 - 10.0$  Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]	Rapporto di Poisson
8.00	8.00	150	0.47
24.00	16.00	180	0.42
59.00	35.00	300	0.42
84.00	25.00	320	0.42
114.00	30.00	380	0.42
inf.	inf.	410	0.42

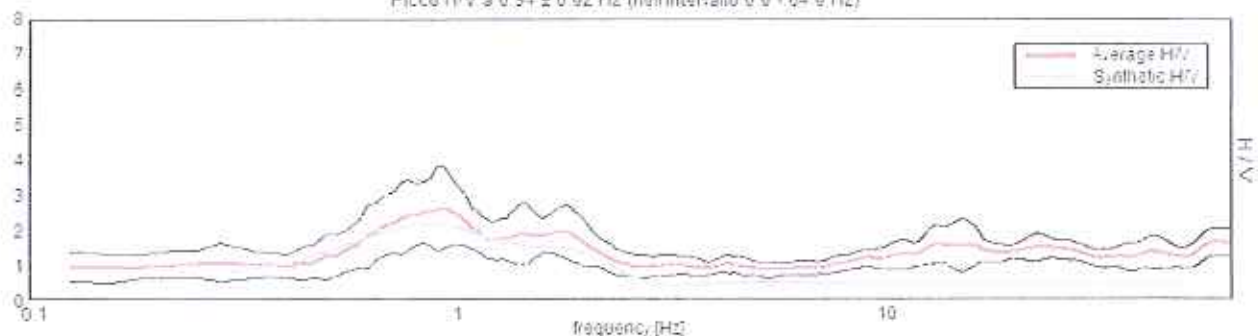
$V_s(0.0-30.0)=185\text{m/s}$





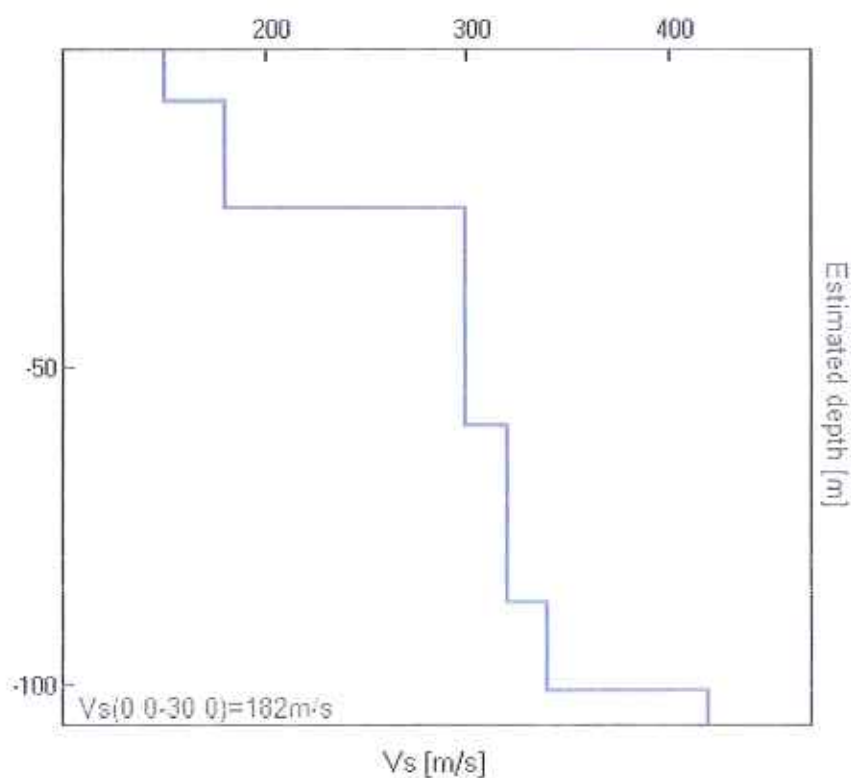
## H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $0.94 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz)

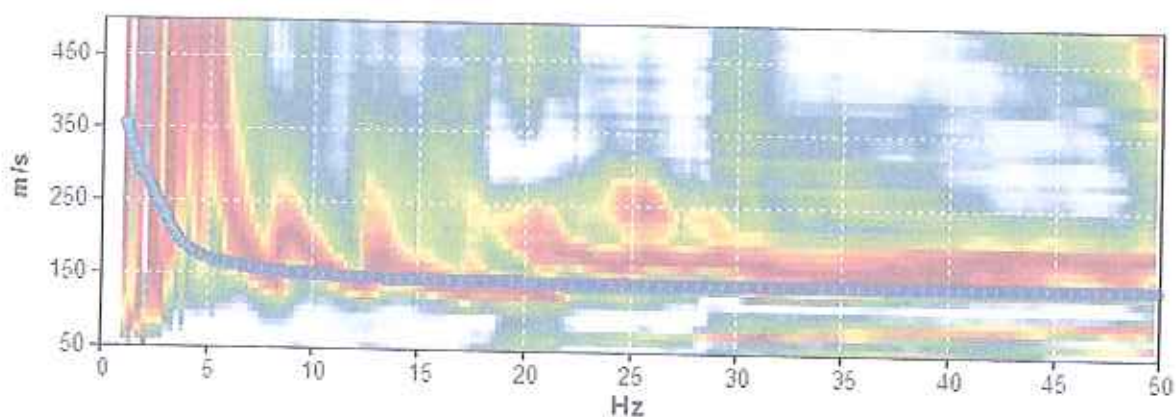


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
8.00	8.00	150	0.49
25.00	17.00	180	0.49
59.00	34.00	300	0.49
87.00	28.00	320	0.49
101.00	14.00	340	0.49
inf.	inf.	420	0.49

$V_s(0.0-30.0)=182\text{m/s}$

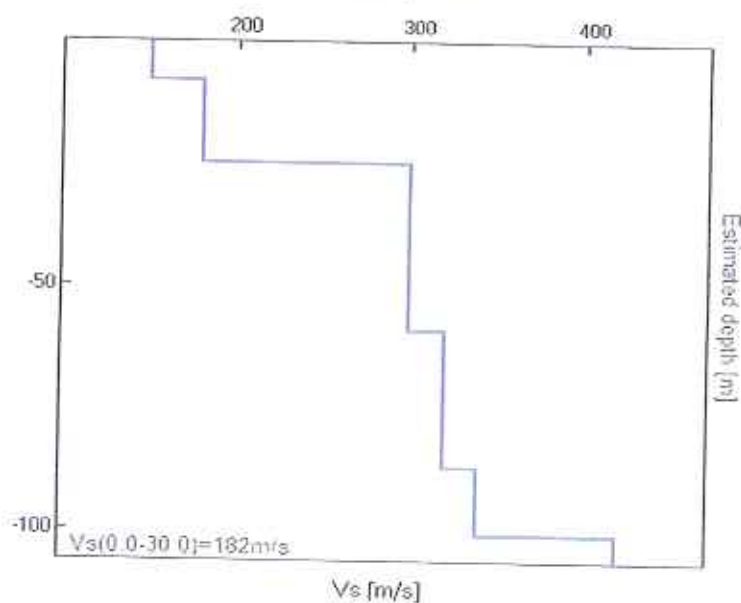


# MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	150	0.49
25.00	17.00	180	0.49
59.00	34.00	300	0.49
87.00	28.00	320	0.49
101.00	14.00	340	0.49
inf.	inf.	420	0.49

$V_s(0.0-30.0)=182\text{m/s}$



*Estimated depth*

Per confronto si è calcolato il valore delle  $V_{s30}$  mediante correlazioni indirette dei valori di  $Q_c$  definiti con le prove penetrometriche statiche spinte a – 33.00 m secondo la formula di Iyisan (1996)  $V_s = 55.3 q_c^{0.377}$ .

I valori ottenuti sono schematizzati nelle tabelle di seguito

Strato	Spessore medio (m)	$V_s$ (m/s)
1	7.00	165
2	6.40	192
3	11.60	234
4	5	279

Il valore  $V_{s30}$  risulta essere pari a 210 m/s.

**Facendo riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento conformemente a quanto espresso nel DM 2008 che definisce delle categorie di sottosuolo si determina la categoria del sito.**

Le categorie definite dal DM 2008 sono:

A – Amassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.

B – Rocce tenere e depositi terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$  nei terreni a grana grossa o coesione non drenata  $C_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fine).

C – 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 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < C_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s ( $N_{spt} < 15$  nei terreni a grana grossa,  $C_u < 70$  kPa nei terreni a grana fine).

E – Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con valori di  $V_{s30} > 800$  m/s.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valore  $V_{s,30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < C_{u,30} < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.



S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Il sito rientra in classe sismica di tipo C: 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 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < C_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).**

### 5.3 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nella carta del rischio sismico : carta delle aree suscettibili di effetti locali elaborata per il Nuovo P.T.C.P approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l'area di studio ricade in zona 7: aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Gli studi richiesti per un approfondimento di III livello sono: valutazione del coefficiente di amplificazione litologica e valutazione dei cedimenti attesi.

7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione stud. in valutazione del coefficiente di amplificazione litologica, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi. <i>investigazione sismica</i> , approfondimenti di III livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <i>RIVE</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologica e dei cedimenti attesi. <i>investigazione sismica</i> : sono richiesti sufficienti approfondimenti di III livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologica e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.

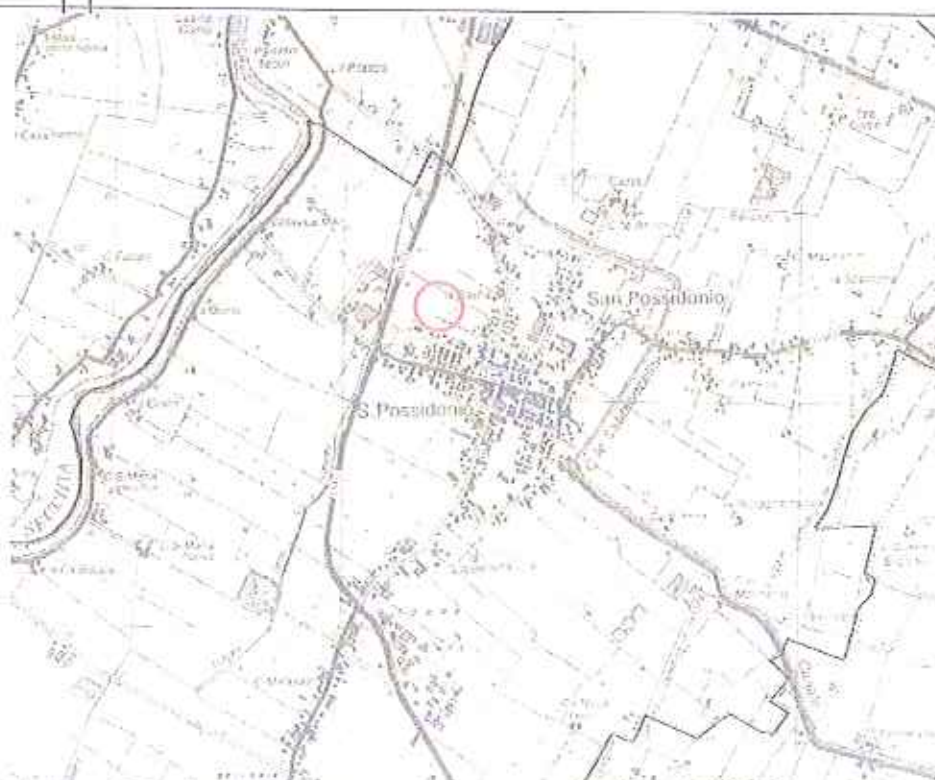


Fig.21: Tav. 2.2a.2 PTCP 2009 "Carta delle aree suscettibili di effetti locali".

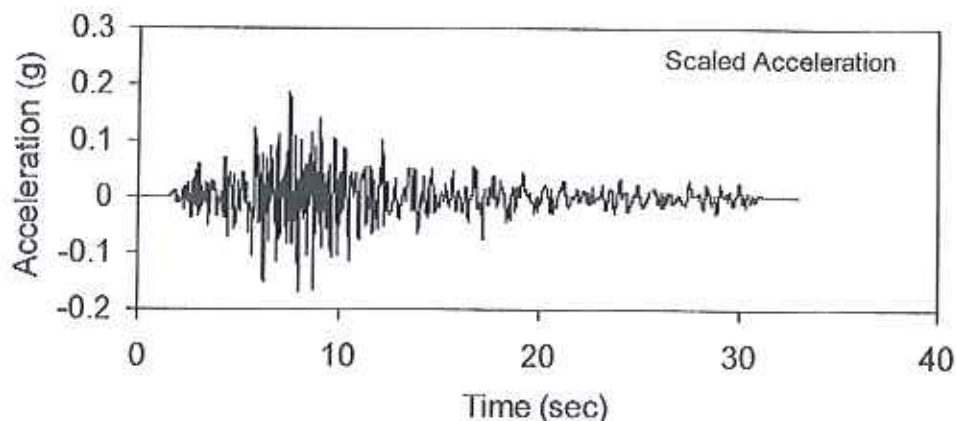
### 5.3.1 Spettri di risposta elastici ed amplificazione litologica

Considerando l'importanza strategica dell'opera da realizzare (struttura scolastica), si è scelto di fare un'analisi di risposta sismica locale mediante modellazione numerica al fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 712 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  con analisi monodimensionale e lineare equivalente con modello viscoelastico e non utilizzare il metodo semplificato che fa riferimento alle categorie di sottosuolo secondo quanto espresso dal DM 2008.

Come input sismico di riferimento ( $PGA_0$ ) si è utilizzato quello che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il comune di San Possidonio, scalato per un coefficiente d'uso 2 che corrisponde ad una classe d'uso IV (costruzione con funzioni pubbliche o strategiche importanti), vita nominale  $\geq 50$  anni (opere ordinarie) pari a  $a_g(g) = \text{accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido} = 0.185$

Gli accelerogrammi spettro-compatibili sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (ISESD) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISESD.

Gli accelerogrammi forniti dal Servizio Regionale, per il Comune di San Possidonio scalati per l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido sono graficati di seguito.





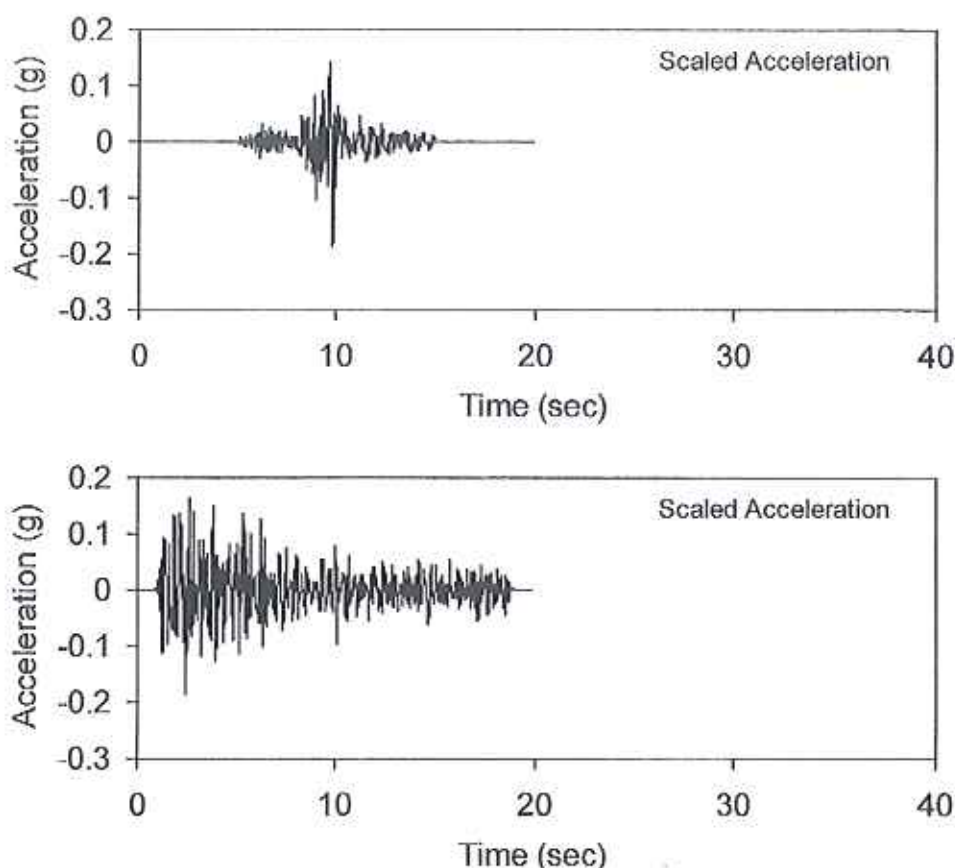


Fig.22 Accelerogrammi spettro-compatibili selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (ISESD) per il Comune di San Possidonio

Nel cerchio, in ogni accelerogramma è indicata la  $PGA_0$  di 0.185g cioè la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido.

Per la definizione del profilo stratigrafico si sono utilizzati i risultati della procedura d'inversione eseguita sulle prove realizzate con tomografo digitale e considerando le sequenze stratigrafiche definite con le prove penetrometriche.

I dati ottenuti e immessi nel programma sono elencati nella tabella di seguito.

Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus $G_{max}$ (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight ( $kN/m^3$ )	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	8.0	43.58		19.00	150		W	4.0	36.76
	2	6.0	73.60		20.00	190			11.0	104.09
	3	10.0	117.43		20.00	240			19.0	185.61
	4	35.0	219.20		21.00	320			41.5	432.38
	5	55.0	309.11		21.00	380			86.5	935.93
Bedrock	6		647.55		21.00	550	Outcrop		114.0	1243.66

Il programma utilizzato per il calcolo degli spettri di accelerazione orizzontale attesi al suolo mediante analisi monodimensionale e lineare equivalente con modello viscoelastico è il codice EERA che lavora bene per piccole e medie deformazioni. Gli spettri attesi con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  per il sito di studio sono indicati nella figura seguente.

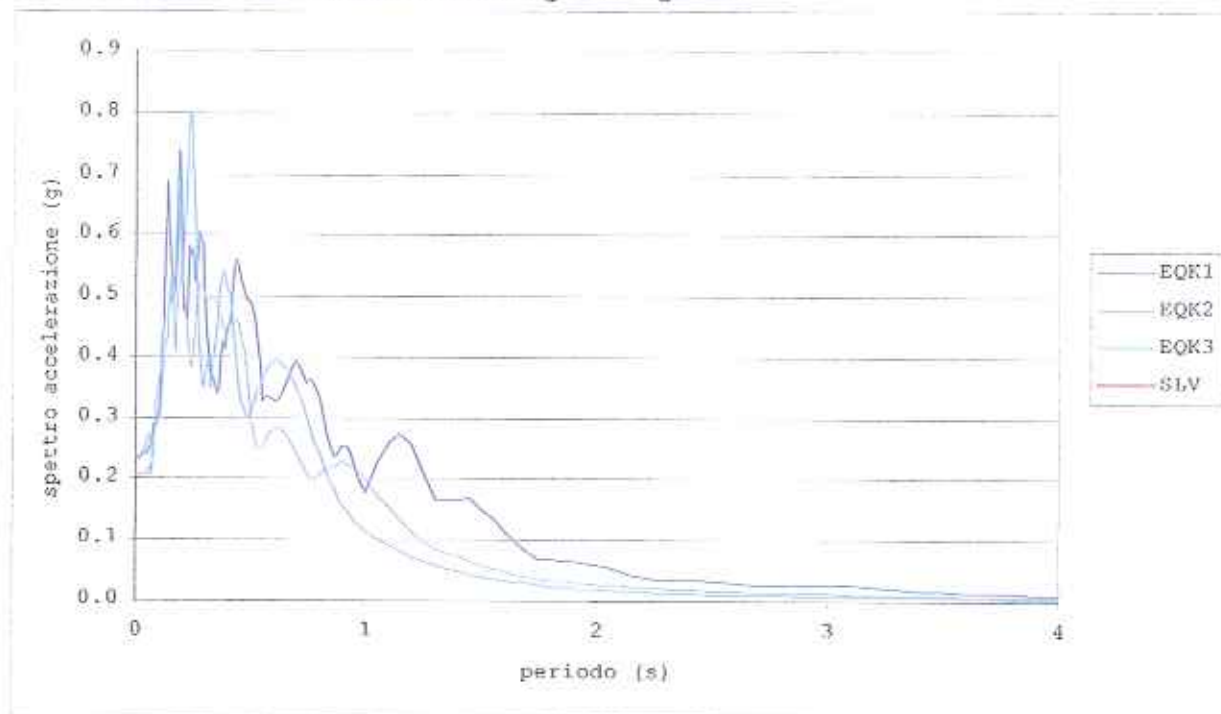


Fig.23 Spettri attesi con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  per il sito di studio

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i tre sismi di riferimento sono:

$$a_{maxg}=0.225g$$

$$a_{maxg}=0.267g$$

$$a_{maxg}=0.260g$$

Quindi la massima accelerazione attesa in superficie approssimata a due cifre decimali  $PGA = 0.27g$

I fattori amplificativi in termini di  $PGA/PGA_0$  per i tre sismi di riferimento sono:

amplificazione  $PGA/PGA_0$  per il primo sisma di riferimento: 1.22

amplificazione  $PGA/PGA_0$  per il secondo sisma di riferimento: 1.44

amplificazione  $PGA/PGA_0$  per il terzo sisma di riferimento: 1.40

amplificazione  $PGA/PGA_0 =$  fattore di amplificazione stratigrafica  $S_s$  massimo (DM 2008) = 1.44

Si riporta di seguito la funzione di trasferimento superficie/bedrock in cui è rappresentato il valore di amplificazione del moto del suolo alle varie frequenze dal bedrock alla superficie.

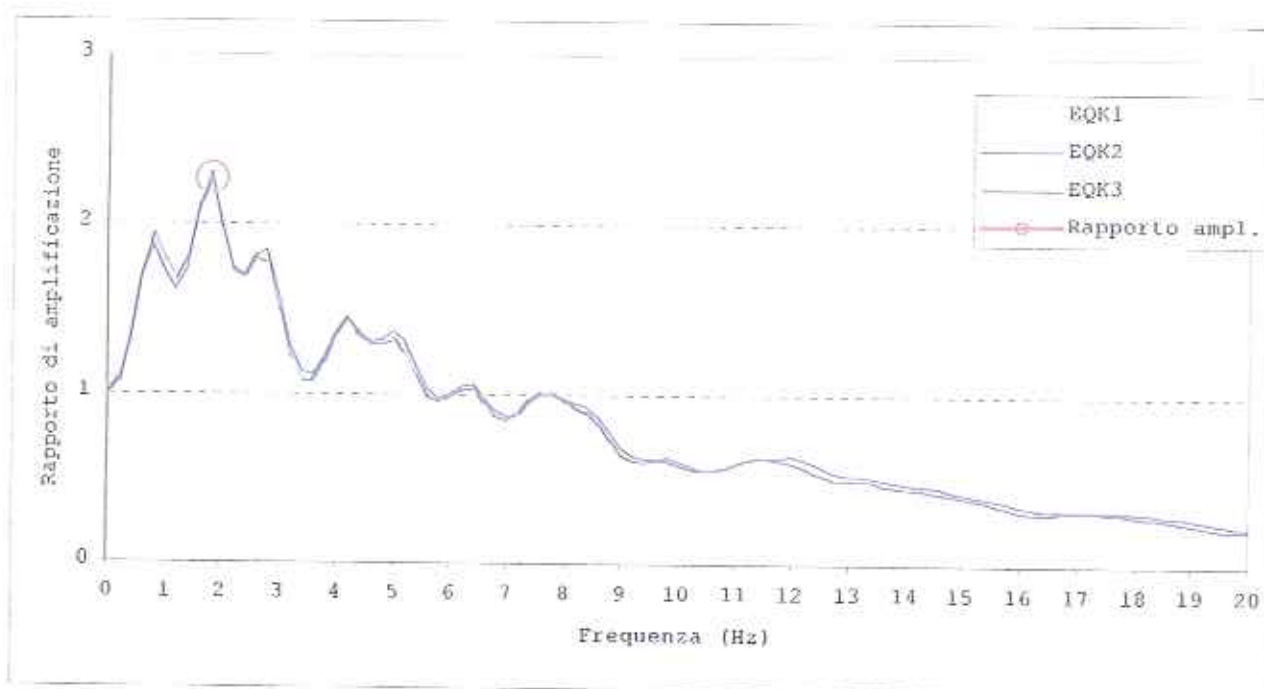


Fig.24 Valore di amplificazione del moto del suolo alle varie frequenze dal bedrock alla superficie

L'amplificazione massima per i tre sismi di riferimento alla frequenza fondamentale di 1.8 Hz è pari a:

2.270 per il primo sisma di riferimento

2.303 per il secondo sisma di riferimento

2.244 per il terzo sisma di riferimento.

Quindi l'amplificazione massima è di 2.3.

La frequenza di 1.8 Hz è uguale a quella calcolata con le prove sismiche passive eseguite in sito HVRS corrispondente al picco 1.

Dal grafico della funzione di amplificazione si individua anche l'altro picco alla frequenza fondamentale di 0.9 Hz che dà amplificazione pari a 1.9.

Dalla funzione di amplificazione di cui al grafico di fig. 24 si può definire l'amplificazione a cui sarà sottoposto l'edificio in base al proprio periodo strutturale.



### 5.3.2 Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

La liquefazione si verifica in depositi sabbiosi saturi, infatti se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{vo} - u) \tan \varphi$$

è evidente che la grandezza  $\tau$  si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

$$c = 0$$

$$(\sigma_{vo} - u) = 0.$$

La prima condizione vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La seconda condizione si verifica quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità della colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ( $\sigma_{vo} - u$ ).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può verificare in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

In conclusione si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sotto falda;
- sono da poco a mediamente addensati;
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri).

L'altra variabile che provoca fenomeni di liquefazione è il sisma.

Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per ridurre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

I maggiori terremoti storici, nella regione Emilia Romagna si sono verificati in Romagna e dopo la recente crisi sismica del Maggio 2012, nella parte nord della provincia di Modena e Ferrara con magnitudo stimata pari a 5.9. In queste zone quindi si possono verificare terremoti a energia media.

La colonna stratigrafica dedotta dalla prova eseguita nel sito oggetto di studio evidenzia terreni di natura coesiva, argille con una componente di coesione tale da non essere soggetti a fenomeni di liquefazione fino alla quota variabile da - 3.40 a - 7.20 m quando si trovano sabbie poco addensate passanti a sabbie addensate.

Sugli strati sabbiosi riscontrati è stata verificata la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

Il fattore di sicurezza,  $F_L$ , nella verifica di resistenza alla liquefazione di un livello di terreno è per definizione il rapporto fra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di resistenza ciclica,  $R = CRR$ , e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica,  $L = CSR$ .

$$F_L = R/L$$

Se il fattore  $F_L > 1.00$  la liquefazione è da escludere ; se  $F_L < 1.00$  è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

Il metodo di Robertson & Wride (1997) utilizzato in questa verifica, permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica.

La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 [(qc_{1n})_{cs}/1000] + 0.05 \quad \text{per } (qc_{1n})_{cs} < 50$$

$$R = 93 [(qc_{1n})_{cs}/1000]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 < (qc_{1n})_{cs} < 160$$

$L$  dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto):

$$L = 0.65 (a_{max}/g \times \sigma_{v0}/\sigma'_{v0}) r_d \times 1/MSF$$

L'indice di liquefazione  $I_L$  è indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, ed è ottenuto dalla espressione

$$(1.9)I_L = \int_0^{20} F W(z) dz$$

dove

$$F = 1 - F_S \quad \text{per } F_S \leq 1$$

$$F = 0 \quad \text{per } F_S > 1$$

$$W(z) = 10 - 0.5z$$

Valori di $I_L$	Rischio di Liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

La verifica è stata eseguita con l'accelerazione massima attesa in superficie calcolata con smorzamento  $\xi = 5\%$  :  $a_{max}$  in superficie (g) = 0.27.

Magnitudo momento definita sulla base della recente crisi sismica del Maggio 2012 con epicentro Finale Emilia e Medolla:

$M_{aw} = 5.90$  ( anno 2012).

Il fattore di correzione della magnitudo  $MSF = 1.85$  NCEER (Seed R. B. et al.1997; 2003)

Infine il livello della soggiacenza della falda più alto misurato nel sito di studio nel Luglio 2012 pari a - 2.60 m dal p.c.



Negli strati sabbiosi sottofalda studiati risultano dei livelli liquefacibili nel primo livello sabbioso poco addensato che si trova compreso fra la quota di - 7.60 e la quota di - 9.60 m con  $F_L$  compreso fra 1.00 e 0.93 e rischio liquefazione basso. Tale livello è presente in particolare in corrispondenza della CPT n. 1 mentre è meno accentuato nella CPT n. 2 in quanto dalle argille superficiali si passa direttamente a sabbie mediamente addensate.

#### Dati generali

Numero di strati = 4

Profondità della falda = 2.6 m

Magnitudo del sisma = 5.9

Accelerazione massima al suolo = 0.265

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale $f_s$ (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	Argilla	0	6.40	10	18.5	0	0	1000	60	150
2	Sabbia pulita	6.40	9.60	10	20	0	0	3500	60	190
3	Sabbia pulita	9.60	13.80	10	21	0	0	6000	90	220
4	Sabbia pulita	13.80	26	10	21	0	0	8000	100	250

#### Metodo di Robertson e Wride (1997)

##### Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.85

Verifica	Profondità	Pressione	Pressione	Resistenza	Attrito	Indice	Correzione	Resistenza	Coefficiente	Resistenza	Sforzo	Coefficiente	Susceptibilità	Indice	Rischio
Nr.	dal p.c. (m)	litostatica totale (KPa)	verticale efficace (KPa)	enxalla punta normalizzata Q	laterale e normalizzato $F$ (%)	di compormentolo	per la litostatica efficace CQ	enxalla punta corretta qc1N (KPa)	ridotti vo liquefazione (CRR)	alla liquefazione (CSR)	di taglio normalizzato (Fs)	di liquefazione	di liquefazione	di liquefazione	di liquefazione
1	2.80	29.70	27.73										NL	0	Molto basso
2	3.00	33.40	29.47										NL	0	Molto basso
3	3.20	37.10	31.21										NL	0	Molto basso
4	3.40	40.80	32.95										NL	0	Molto basso
5	3.60	44.50	34.69										NL	0	Molto basso
6	3.80	48.20	36.43										NL	0	Molto basso
7	4.00	51.90	38.17										NL	0	Molto basso
8	4.20	55.60	39.90										NL	0	Molto basso
9	4.40	59.30	41.64										NL	0	Molto basso



10	460	63.00	43.38 67										NL	0	Molto basso
11	480	66.70	45.12 54										NL	0	Molto basso
12	500	70.40	46.86 4										NL	0	Molto basso
13	520	74.10	48.60 27										NL	0	Molto basso
14	540	77.80	50.34 14										NL	0	Molto basso
15	560	81.50	52.08 01										NL	0	Molto basso
16	580	85.20	53.81 87										NL	0	Molto basso
17	600	88.90	55.55 74										NL	0	Molto basso
18	620	92.60	57.29 61										NL	0	Molto basso
19	640	96.30	59.03 47										NL	0	Molto basso
20	6.60	100.30	61.0734	44.786	1.7649	2.3366	1.2796	92.7786	0.9495	0.1543	0.1454	1.06	NL	0	Molto basso
21	6.80	104.30	63.1121	44.0567	1.7669	2.3424	1.2588	92.187	0.9489	0.1529	0.1461	1.05	NL	0	Molto basso
22	7.00	108.30	65.1507	43.3619	1.7691	2.3481	1.2389	91.618	0.9465	0.1515	0.1467	1.03	NL	0	Molto basso
23	7.20	112.30	67.1894	42.699	1.7711	2.3537	1.229	91.0823	0.9449	0.1503	0.1472	1.02	NL	0	Molto basso
24	7.40	116.30	69.2281	42.0656	1.7732	2.3591	1.2019	90.568	0.9434	0.1491	0.1478	1.01	NL	0	Molto basso
25	7.60	120.30	71.2668	41.4595	1.7753	2.3643	1.1846	90.078	0.9419	0.1489	0.1482	1.00	L	0.00	Molto basso
26	7.80	124.30	73.3054	40.879	1.7774	2.3695	1.1687	89.6071	0.9403	0.1469	0.1486	0.99	L	0.63	Basso
27	8.00	128.30	75.3441	40.3221	1.7795	2.3744	1.1521	89.1578	0.9388	0.1459	0.1499	0.98	L	1.28	Basso
28	8.20	132.30	77.3828	39.7874	1.7816	2.3793	1.1368	88.7242	0.9373	0.1453	0.1494	0.97	L	1.96	Basso
29	8.40	136.30	79.4214	39.2735	1.7838	2.3841	1.1221	88.3085	0.9357	0.1447	0.1497	0.96	L	2.65	Basso
30	8.60	140.30	81.4601	38.7789	1.7859	2.3887	1.1087	87.9125	0.9342	0.1432	0.15	0.95	L	3.38	Basso
31	8.80	144.30	83.4988	38.3026	1.7883	2.3933	1.0944	87.5301	0.9327	0.1424	0.1503	0.95	L	3.43	Basso
32	9.00	148.30	85.5375	37.8434	1.7901	2.3977	1.0812	87.1546	0.9312	0.1416	0.1505	0.94	L	4.19	Basso
33	9.20	152.30	87.5761	37.4003	1.7923	2.4021	1.0686	86.8038	0.9284	0.1408	0.1505	0.94	L	4.25	Basso
34	9.40	156.30	89.6148	36.9724	1.7944	2.4063	1.0564	86.4627	0.9231	0.1401	0.1501	0.93	L	5.03	Alto
35	9.60	160.30	91.6535	36.5589	1.7966	2.4105	1.0445	86.1246	0.9177	0.1394	0.1496	0.93	L	5.11	Alto
36	9.80	164.50	93.8921	61.9208	1.5423	2.1907	1.0327	101.8143	0.9123	0.1782	0.1492	1.20	NL	0	Molto basso
37	10.00	168.70	96.1308	61.1956	1.5434	2.1948	1.0199	101.2258	0.9075	0.1765	0.1484	1.19	NL	0	Molto basso
38	10.20	172.90	98.3660	60.4949	1.5444	2.198	1.008	100.6	0.901	0.174	0.147	1.18	NL	0	Molto



		0	95	52	5	9	3	673	7	9	7				basso
39	10.40	177.1	100.6	59.81	1.545	2.202	0.997	100.1	0.896	0.173	0.147	1.18	NL	0	Molto
		0	081	84	6	8		199	3	3	1				basso
40	10.60	181.3	102.8	59.16	1.546	2.206	0.986	99.59	0.891	0.171	0.146	1.17	NL	0	Molto
		0	468	38	7	7	1	47		9	4				basso
41	10.80	185.5	105.0	58.53	1.547	2.210	0.975	99.08	0.885	0.170	0.145	1.17	NL	0	Molto
		0	855	02	9	5	5	24	6	5	7				basso
42	11.00	189.7	107.3	57.91	1.549	2.214	0.965	98.59	0.880	0.169	0.145	1.17	NL	0	Molto
		0	241	65		2	3	41	3	1	1				basso
43	11.20	193.9	109.5	57.32	1.550	2.217	0.955	98.12	0.875	0.167	0.144	1.16	NL	0	Molto
		0	628	18	1	9	4	04		9	4				basso
44	11.40	198.1	111.8	56.74	1.551	2.221	0.945	97.65	0.869	0.166	0.143	1.16	NL	0	Molto
		0	015	5	2	5	7	19	6	6	7				basso
45	11.60	202.3	114.0	56.18	1.552	2.225	0.936	97.20	0.864	0.165	0.142	1.16	NL	0	Molto
		0	401	53	3		4	98	3	4	9				basso
46	11.80	206.5	116.2	55.64	1.553	2.228	0.927	96.78	0.858	0.164	0.142	1.16	NL	0	Molto
		0	788	18	5	5	4	47	9	3	2				basso
47	12.00	210.7	118.5	55.11	1.554	2.231	0.918	96.36	0.853	0.163	0.141	1.15	NL	0	Molto
		0	175	38	6	9	6	68	6	2	5				basso
48	12.20	214.9	120.7	54.60	1.555	2.235	0.91	95.95	0.848	0.162	0.140	1.15	NL	0	Molto
		0	562	05	7	2		65	3	2	7				basso
49	12.40	219.1	122.9	54.10	1.556	2.238	0.901	95.56	0.842	0.161	0.14	1.15	NL	0	Molto
		0	948	13	9	5	7	51	9	2					basso
50	12.60	223.3	125.2	53.61	1.558	2.241	0.893	95.18	0.837	0.160	0.139	1.15	NL	0	Molto
		0	335	56		7	6	26	6	2	2				basso
51	12.80	227.5	127.4	53.14	1.559	2.244	0.885	94.80	0.832	0.159	0.138	1.15	NL	0	Molto
		0	722	27	1	9	7	94	2	3	5				basso
52	13.00	231.7	129.7	52.68	1.560	2.248	0.878	94.44	0.826	0.158	0.137	1.15	NL	0	Molto
		0	108	21	3	1		6	9	3	7				basso
53	13.20	235.9	131.9	52.23	1.561	2.251	0.870	94.10	0.821	0.157	0.136	1.15	NL	0	Molto
		0	495	33	4	2	6	38	6	5	9				basso
54	13.40	240.1	134.1	51.79	1.562	2.254	0.863	93.76	0.816	0.156	0.136	1.15	NL	0	Molto
		0	882	57	5	2	3	16	2	7	2				basso
55	13.60	244.3	136.4	51.36	1.563	2.257	0.856	93.43	0.810	0.155	0.135	1.15	NL	0	Molto
		0	268	9	7	2	2	07	9	8	4				basso
56	13.80	248.5	138.6	50.95	1.564	2.260	0.849	93.10	0.805	0.155	0.134	1.15	NL	0	Molto
		0	655	27	8	2	2	05	5		6				basso
57	14.00	252.7	140.9	67.39	1.290	2.113	0.842	99.67	0.800	0.172	0.133	1.29	NL	0	Molto
		0	042	51	8	1	4	42	2	1	8				basso
58	14.20	256.9	143.1	66.86	1.291	2.115	0.835	99.24	0.794	0.170	0.133	1.29	NL	0	Molto
		0	429	6	5	9	8	94	9	9					basso
59	14.40	261.1	145.3	66.34	1.292	2.118	0.829	98.84	0.789	0.169	0.132	1.28	NL	0	Molto
		0	815	92	2	7	4	08	5	8	2				basso
60	14.60	265.3	147.6	65.84	1.292	2.121	0.823	98.43	0.784	0.168	0.131	1.28	NL	0	Molto
		0	202	41	9	4	1	69	2	7	4				basso
61	14.80	269.5	149.8	65.35	1.293	2.124	0.816	98.03	0.778	0.167	0.130	1.28	NL	0	Molto
		0	589	05	6	1	9	8	8	6	6				basso
62	15.00	273.7	152.0	64.86	1.294	2.126	0.810	97.64	0.773	0.166	0.129	1.28	NL	0	Molto
		0	975	78	3	8	8	4	5	6	8				basso
63	15.20	277.9	154.3	64.39	1.295	2.129	0.804	97.26	0.768	0.165	0.128	1.28	NL	0	Molto
		0	362	56		4	9	75	2	6	9				basso
64	15.40	282.1	156.5	63.93	1.295	2.132	0.799	96.90	0.762	0.164	0.128	1.28	NL	0	Molto
		0	749	36	7		2	86	8	6	1				basso
65	15.60	286.3	158.8	63.48	1.296	2.134	0.793	96.54	0.757	0.163	0.127	1.29	NL	0	Molto
		0	136	13	4	5	5	34	5	7	3				basso
66	15.80	290.5	161.0	63.03	1.297	2.137	0.788	96.19	0.752	0.162	0.126	1.29	NL	0	Molto
		0	522	86	1	1		64	1	8	5				basso



67	16.00	294.7	163.2	62.60	1.297	2.139	0.782	95.85	0.746	0.161	0.125	1.29	NL	0	Molto basso
		0	909	5	8	6	6	55	8	9	7				
68	16.20	298.9	165.5	62.18	1.298	2.142	0.777	95.52	0.741	0.161	0.124	1.29	NL	0	Molto basso
		0	296	02	5		3	11	5	1	8				
69	16.40	303.1	167.7	61.76	1.299	2.144	0.772	95.18	0.736	0.160	0.124	1.29	NL	0	Molto basso
		0	682	4	2	4		09	1	2					
70	16.60	307.3	170.0	61.35	1.299	2.146	0.766	94.85	0.730	0.159	0.123	1.29	NL	0	Molto basso
		0	069	6	9	8	9	97	8	4	1				
71	16.80	311.5	172.2	60.95	1.300	2.149	0.761	94.54	0.725	0.158	0.122	1.30	NL	0	Molto basso
		0	455	59	6	2	9	54	4	6	3				
72	17.00	315.7	174.4	60.56	1.301	2.151	0.757	94.23	0.720	0.157	0.121	1.30	NL	0	Molto basso
		0	842	36	4	6		82	1	8	5				
73	17.20	319.9	176.7	60.17	1.302	2.153	0.752	93.93	0.714	0.157	0.120	1.30	NL	0	Molto basso
		0	229	88	1	9	2	83	8	1	6				
74	17.40	324.1	178.9	59.80	1.302	2.156	0.747	93.64	0.709	0.156	0.119	1.31	NL	0	Molto basso
		0	616	12	8	2	5	57	4	4	8				
75	17.60	328.3	181.2	59.43	1.303	2.158	0.742	93.36	0.704	0.155	0.118	1.31	NL	0	Molto basso
		0	003	07	5	4	9	08	1	7	9				
76	17.80	332.5	183.4	59.06	1.304	2.160	0.738	93.07	0.698	0.155	0.118	1.31	NL	0	Molto basso
		0	389	69	2	7	3	1	7		1				
77	18.00	336.7	185.6	58.70	1.304	2.162	0.733	92.80	0.693	0.154	0.117	1.32	NL	0	Molto basso
		0	776	97	9	9	9	17	4	3	2				
78	18.20	340.9	187.9	58.35	1.305	2.165	0.729	92.52	0.688	0.153	0.116	1.32	NL	0	Molto basso
		0	163	9	6	1	5	78	1	7	4				
79	18.40	345.1	190.1	58.01	1.306	2.167	0.725	92.26	0.682	0.153	0.115	1.32	NL	0	Molto basso
		0	549	45	4	3	2	2	7		5				
80	18.60	349.3	192.3	57.67	1.307	2.169	0.720	91.99	0.677	0.152	0.114	1.33	NL	0	Molto basso
		0	936	59	1	4	9	18	4	4	7				
81	18.80	353.5	194.6	57.34	1.307	2.171	0.716	91.74	0.672	0.151	0.113	1.33	NL	0	Molto basso
		0	322	33	8	5	8	27		8	8				
82	19.00	357.7	196.8	57.01	1.308	2.173	0.712	91.48	0.666	0.151	0.112	1.34	NL	0	Molto basso
		0	709	63	5	7	7	94	7	2	9				
83	19.20	361.9	199.1	56.69	1.309	2.175	0.708	91.24	0.661	0.150	0.112	1.34	NL	0	Molto basso
		0	096	49	2	7	7	48	4	6	1				
84	19.40	366.1	201.3	56.37	1.309	2.177	0.704	90.99	0.656	0.150	0.111	1.35	NL	0	Molto basso
		0	483	88	9	8	7	61		1	2				
85	19.60	370.3	203.5	56.06	1.310	2.179	0.700	90.75	0.650	0.149	0.110	1.36	NL	0	Molto basso
		0	87	8	7	8	8	63	7	5	3				
86	19.80	374.5	205.8	55.76	1.311	2.181	0.697	90.52	0.645	0.149	0.109	1.36	NL	0	Molto basso
		0	256	23	4	9		55	3		5				

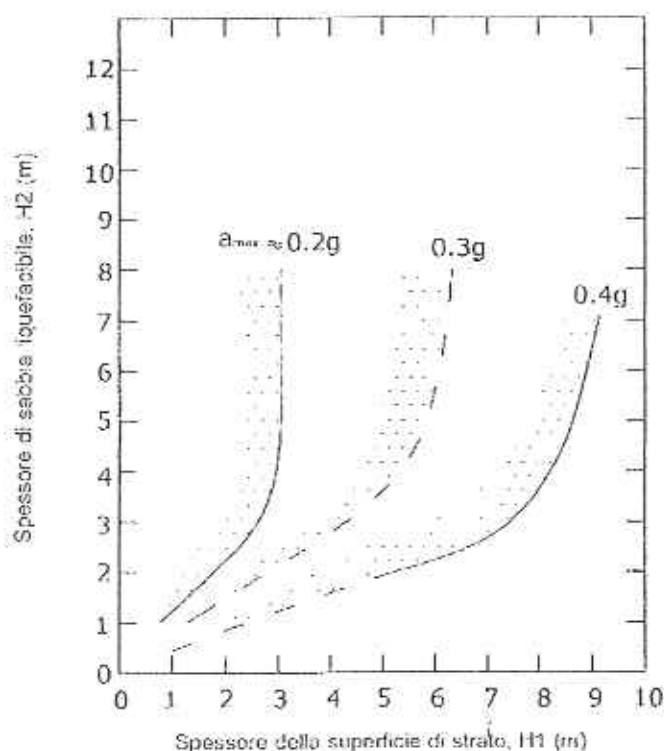
Considerato lo spessore (2.00 metri) dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato non liquefacibile sovrastante ( 7.20 metri) e l'accelerazione massima attesa in superficie per il sito d'indagine (0.265g), si può concludere (dal grafico e dalla tabella di seguito riportata; Ishihara 1985) che la liquefazione dello strato liquefacibile non si estende in superficie.

**La profondità dello strato liquefacibile non è quindi direttamente interessato dal volume di influenza fondazione – struttura si ritiene comunque indispensabile in fase di progetto esecutivo eseguire in sito un sondaggio geognostico per il prelievo di campioni su cui eseguire analisi granulometriche per definire la percentuale di fine presente da confrontare con le fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente liquefacibili di cui alla figura 7.11.1 cap. 7.11.3.4.2 DM 2008.**

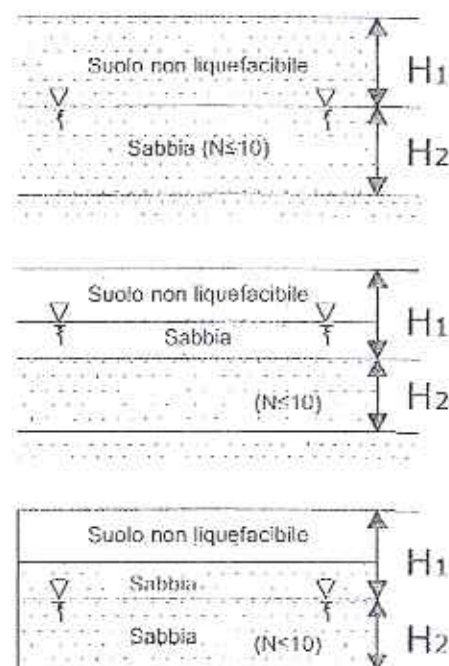


Valutazione delle manifestazioni superficiali in funzione del rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile e quello sottostante liquefacibile

Accelerazione [gal] 1 gal = 1 cm/s <sup>2</sup>	Condizione	Propagazione della liquefazione verso l'alto	Manifestazioni superficiali
200	$h_1 \geq 3 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
	$h_1 \leq 3 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
300	$h_1 < 5 \text{ m e } h_2 > 4 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 5 \text{ m e } h_2 < 4 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
400 - 500	$h_1 < 7 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 7 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO



(a)



(a)

Relazione fra lo spessore dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato sovrapposto (Ishihara, 1985)

## 6. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del Committente si è prodotta una modellazione idrogeologica dell'area sita in Via Focherini in Comune di San Possidonio, dove è in progetto la costruzione di una struttura scolastica, si è fornita un'analisi rischio idraulico del sito e un'analisi di pericolosità sismica locale riportando gli effetti attesi. Sono state descritte le proprietà litostratigrafiche e si è fatta una caratterizzazione preliminare dei parametri geotecnici dei livelli litologici superficiali e profondi riscontrati.

La sequenza stratigrafica di dettaglio, la definizione preliminare dei parametri geotecnici dei livelli litologici superficiali e profondi riscontrati, sono ricavati dai risultati di n.2 prove penetrometriche statiche di tipo meccanico, eseguite in sito in data 04/07/2012 dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.r.l. di Medolla.

Le prove sono state spinte alla profondità variabile da - 20.00 a - 32.00 m per la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche fino a tale quota.

Al fine di produrre un'analisi di pericolosità sismica locale, determinare il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m e fornire la frequenza fondamentale del sito, si sono realizzate in data 04/07/2012 n. 2 prove di sismica passiva con tomografo digitale modello TRZ-0121/01/11 progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico e un rilievo geofisico in onde di superficie MASW con strumento SoilSpy Rosina modello SAB-0019/02-11.

Le prove sismiche sono state realizzate dallo Studio Geologico del Dott. Salvatore Mucci di Castelfranco (MO).

Scopo dell'indagine è stato fornire un modello idrogeologico dell'area in epigrafe, una analisi del rischio idraulico, una caratterizzazione geotecnica preliminare del volume di terreno influenzato dalla struttura da realizzare e un'analisi di pericolosità sismica locale che riporti il valore dell'accelerazione di propagazione delle onde sismiche attesa al suolo rigido di riferimento, il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso, il valore di accelerazione atteso in superficie, il valore della frequenza fondamentale del sito e gli spettri di risposta. Infine si è condotta un'analisi di rischio liquefazione dei terreni sabbiosi saturi presenti con metodi semplificati.

La zona oggetto di studio si trova immediatamente a nord-ovest rispetto al centro cittadino di San Possidonio ad una quota di 18 m s.l.m., in zona agricola, circondata a nord e a ovest da aree agricole, mentre a sud e est da zone residenziali.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44°53' 43.02"N e 10°59' 37.41"E.

Il sito ha accesso da Via di Focherini, che si collega con diverse vie secondarie al centro del paese.

I centri comunali più vicini sono:

San Possidonio a circa 300 m a sud-est

Concordia sulla Secchia a circa 2.0 Km a nord-ovest

Mirandola a circa 5.80 Km a est

Oltre che a varie case sparse di campagna.



Il territorio del Comune di San Possidonio dove si trova in sito di studio è situato a Nord della provincia di Modena e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 5 L'unità di Paesaggio n. 5 "Paesaggio perifluviale del Fiume Secchia nella fascia di Bassa e Media Pianura" che si estende nella porzione Ovest del territorio comunale a ridosso del fiume Secchia.

L'area di studio si trova a est del fiume Secchia a una distanza di 900 m dal punto più vicino.

Questa U.P. è caratterizzata dalla presenza del corso del fiume Secchia che influenza e determina la dimensione e l'orientamento della maglia podereale circostante rispetto alle aree più distanti dal fiume.

Nel PRG Vigente l'area di ubicazione della struttura è classificata in zona per attrezzature di servizio (art.59).

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio comunale sono il risultato dell'evoluzione idrografica del fiume Po, Secchia e in subordine Panaro che, negli ultimi 5 millenni, hanno divagato modellando il territorio in oggetto.

Il sito di studio si trova ubicata all'interno del bacino alluvionale compreso fra un antico paleoalveo del fiume Secchia a ovest, che attraversa il comune da nord a sud e l'attuale dosso del fiume a est.

Il bacino alluvionale dove si trova il sito di studio è costituito da terreni argillosi poco permeabili. Il drenaggio intrinseco del terreno è quindi molto basso.

Il dislivello tra la parte più depressa del bacino individuato e le fasce marginali di delimitazione risulta essere di circa 1.00 m.

Il bacino è attraversato, da sud a nord da un canale di bonifica con funzione promiscua irriga e di scolo "Dugale delle Vallette" che mitiga il pericolo di ristagno di acque in superficie.

Nel sito non esistono altre forme morfologiche.

Dal punto di vista idrogeologico nel sito di studio le prime sabbie, sedi dell'acquifero utile locale, si riscontrano ad una profondità variabile da -6.40 m (prova CPT n. 2) a -7.20 m (prova CPT n.1). Il limite superiore dell'acquifero è confinato. Le coperture impermeabili argillose sovrastanti configurano un limite superiore di tipo geologico impermeabile ( acquifero o falda confinata ), per cui l'acquifero stesso è in pressione.

Schematizzando la successione tipo per l'area considerata si ottiene:

0 - 6.40/7.20 m	Argille
6.40/7.20 - 32 m	Sabbie medio-grossolane
≤ 100 m	Substrato

Le sabbie medie e grossolane al di sotto della profondità di -7.20 m contengono una ricca e abbondante falda acquifera (gruppo acquifero A) che è la più utilizzata nelle perforazioni per uso irrigazione, per scopi industriali e idropotabili.

Lo schema tipo delle Unità Idrogeologiche, dall'alto al basso, si può sintetizzare:

**copertura litologica** - strato dello spessore medio di 0.50 m costituito da terreno vegetale;

**livello impermeabile** - strato argilloso più o meno compatto con rare lenti limo-sabbiose sciolte che raggiunge la profondità massima di 7.20 m nel sito di studio;



**acquifero** - sabbie da medio addensate ad addensate fino alla profondità di (da prova sismica passiva HVRS). Tale acquifero è confinato al tetto, si trova quindi in pressione e contiene una buona falda acquifera da cui attingono la maggior parte dei pozzi esistenti nel territorio;

**livello impermeabile** - substrato.

Dall'analisi delle prove penetrometriche, come già evidenziato sopra, nel sito di studio le prime sabbie, sede di un acquifero abbondante si riscontrano alla profondità variabile da - 6.40 a - 7.20 m dal piano campagna.

Questo è il primo acquifero utile per lo sfruttamento da cui attingono la maggior parte dei pozzi presenti nella zona.

Lo strato argillo-limoso sovrastante confina la falda contenuta nelle sottostanti sabbie e ne impedisce la risalita mantenendola in pressione.

La soggiacenza della frangia freatica, misurata nei fori di prova nel luglio 2012 si posizionava alla quota di - 2.60 m dal piano prove. Il livello di soggiacenza misurato nel gennaio 2002 si posizionava alla quota di - 3.50 m. Il livello idrico misurato è testimonianza di una frangia freatica sospesa evidenzia la presenza di una circolazione ipodermica, non sfruttabile in quanto presente in terreni a bassa permeabilità caratterizzato da un movimento lento e dipendente dalle precipitazioni.

Considerate le caratteristiche litologiche del primo substrato argilloso, la profondità del primo acquifero, protetto dalle litologie poco permeabili sovrastanti, considerato il livello piezometrico e soprattutto il tipo di intervento di progetto che prevede la realizzazione di strutture scolastiche senza vani interrati, e quindi potenzialmente non idroinquinanti, si ritiene che non sussistano rischi ambientali d'inquinamento delle falde sotterranee.

Il territorio comunale di San Possidonio fa parte del macrobacino idrografico Po di Volano e della rete scolante artificiale di bonifica gestita dal Consorzio di Bonifica di Burana - Leo - Scoltenna - Panaro. Questo ricade per quasi la sua interezza nel Bacino Idrografico del Fiume Secchia.

Il Comune di San Possidonio è delimitato ad est dell'alveo attuale del fiume Secchia; inoltre è collocato a sud, ad una distanza media indicativa di circa 16 Km, dal fiume Po e a nord-ovest dal fiume Panaro ad una distanza media indicativa di 13 Km.

Il resto della rete idrica superficiale è costituito da un insieme di cavi, canali e scoli in gestione al Consorzio di Bonifica di Burana - Leo - Scotenna che gestisce un territorio prevalentemente pianeggiante ed è dotato di una rete idrografica quasi totalmente artificiale.

Il sito di studio rientra nel Bacino di Scolo Acque Basse " Dugale Zalotta A3" che dista, rispetto il sito di studio 300 m a ovest.

Il Dugale Zalotta nel suo tratto più a nord in località Fondo Bellini alla periferia est del Capoluogo ai confini con Concordia sulla Secchia viene segnalato per allagamenti per difficoltà di scarico delle acque, rigurgiti della rete fognaria del capoluogo nel "Programma di previsione e prevenzione di protezione civile della provincia di Modena: "Rischio idraulico" a cura della Regione Emilia Romagna e Provincia di Modena - Servizio pianificazione ambientale - u.o. protezione civile e difesa del suolo (dicembre 2006).



Il Dugale Zallotta e la Fossa Bernardi vengono indicati dal Consorzio di Bonifica di Burana come condotti idraulici con criticità delle portate di scolo esistenti nei tratti delle canalizzazioni a nord del centro urbano del Comune di San Possidonio in quanto recettori principali delle acque provenienti dal centro del Comune.

Nella carta della pericolosità e della criticità idraulica redatta per il Nuovo PTCP approvato a Marzo 2009 risulta che l'area d'indagine rientra nelle aree del gruppo A3 che coprono quasi tutto il territorio comunale: *"aree depresse ad elevata criticità idraulica, situate in comparti morfologici allagabili, ma caratterizzate da condizioni altimetriche meno critiche della classe A2, aree caratterizzate da scorrimento rapido e buona capacità di smaltimento, ad elevata criticità idraulica poiché situate in comparti allagabili"*. Secondo quanto riportato nel P.T.C.P., in quest'area non vengono segnalate limitazioni urbanistico-edilizie.

La litologia profonda riscontrata nell'area presenta diversi livelli litologici.

Al di sotto del terreno vegetale, si trovano argille compatte sovraconsolidate per essiccamento;

dalla quota variabile da - 6.40 m (prova CPT n. 2) a - 7.20 m (prova CPT n. 1), si trova un livello di sabbie poco addensate fino alla quota di - 9.60;

da - 9.60 m a - 13.80 m sabbie mediamente addensate;

da - 13.80 a - 25.80 m sabbie addensate;

da - 25.80 m a - 32.00 m sabbie molto addensate.

I parametri geotecnici caratteristici per i vari strati riscontrati nella sequenza litologica sono derivati dalle correlazioni dei valori di  $q_c$  e  $f_s$  ricavati direttamente dalle prove penetrometriche e interpretate e "ragionate" dallo scrivente. I parametri caratteristici  $c_{uk}$  per gli strati coesivi e  $\phi_k$  per i terreni sciolti sono:

Primo strato, da sotto il terreno vegetale alla quota variabile da - 6.40m a - 7.20 m argille compatte sovraconsolidate per essiccamento:  $c_{uk}= 58.00$  kPa;

Secondo strato da - 6.40/7.20 m a - 9.60 m livello di sabbie poco addensate:  $\phi_k= 26.70^\circ$ ;

Terzo strato da - 9.60 m a - 13.80 m sabbie mediamente addensate:  $\phi_k= 27.20^\circ$ ;

Quarto strato da - 13.80 a - 25.80 m sabbie addensate:  $\phi_k= 29.80^\circ$ ;

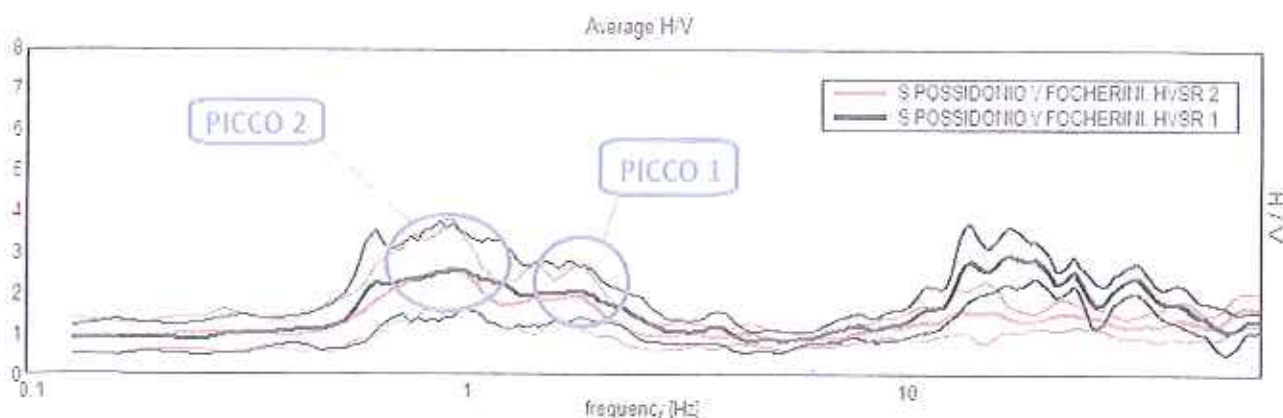
Quinto strato da - 25.80 m a - 32.00 m sabbie molto addensate:  $\phi_k= 31.70^\circ$ .

Per l'analisi di pericolosità sismica di base si è condotto un approfondimento di III livello. Gli effetti attesi sono amplificazione per caratteristiche litologiche, potenziali cedimenti e liquefazione. In base a quanto richiesto si è quindi fornita l'amplificazione stratigrafica, gli spettri di risposta, accelerazione attesa al suolo rigido di riferimento e quella attesa in superficie e si è condotta un'analisi rischio liquefazione dei terreni sabbiosi saturi riscontrati.

La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo e la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato sono ricavati dall'analisi delle due prove eseguite con tomografo digitale e da un rilievo geofisico in onde di superficie MASW tarati dalla sequenza litostratigrafica definita dall'analisi delle prove penetrometriche statiche.

Relativamente alle frequenze caratteristiche di sito, dal diagramma del confronto delle curve H/V, di seguito riportato, abbiamo:





Due picchi stratigrafici, caratteristici, così caratterizzati:

Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)	Periodo (s) Caratteristico (valori medi)
1	1,9	~ 1,80	~ 0,55
2	2,60	~ 0,94	~ 1,06

Il **picco (1)**, rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 25,00 – 26,00 m., il passaggio alle sabbie molto addensate, convalidato dalle prove CPT, mentre il **picco (2)** rappresenta il passaggio al pseudo Bedrock sismico, si tratta di un contrasto di impedenza profondo circa 100 m. con Vs approssimabile a circa 500 m/s. I due picchi sono quelli che dà la massima amplificazione alle frequenze pari a 0.94 Hz e 1.80 Hz corrispondente rispettivamente ai periodi caratteristici di 1.06 s e 0.55 s. I periodi caratteristici definiti sono da confrontare con il periodo proprio della struttura che verrà realizzata per evitare "doppie risonanze".

La modellazione in termini di Vs, è stata effettuata, su tutte le registrazioni, vincolando le curve spettrali alla curva di dispersione MASW e alla prove CPT effettuata sullo stesso sito.

Si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

I calcoli sono stati condotti considerando 30 metri di sottosuolo a partire dal p.c. e i risultati sono:

$$\text{HVSr 1 } V_{s(30)} = 185 \text{ m/s} - \text{HVSr 2 } V_{s(30)} = 182 \text{ m/s} \quad \text{MASW } V_{s(30)} = 182 \text{ m/s} \\ \text{CPT } V_{s(30)} = 210 \text{ m/s}$$

**Il sito rientra in classe sismica di tipo C:** 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 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < C_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

Considerando l'importanza strategica dell'opera da realizzare (struttura scolastica), si è scelto di fare un'analisi di risposta sismica locale mediante modellazione numerica al fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  con analisi monodimensionale e lineare equivalente con modello viscoelastico e non utilizzare il metodo semplificato che fa riferimento alle categorie di sottosuolo secondo quanto espresso dal DM 2008.

Come input sismico di riferimento ( $PGA_0$ ) si è utilizzato quello che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il comune di San Possidonio, scalato per un coefficiente d'uso 2 che corrisponde ad una classe d'uso IV (costruzione con funzioni pubbliche e strategiche importanti), vita nominale  $\geq 50$  anni (opere ordinarie) pari a  $a_g(g) =$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido  $= 0.185$

Per la definizione dello spettro di risposta elastico del sito si sono utilizzati gli accelerogrammi spettro-compatibili selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (ISESD) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISESD.

Gli spettri attesi per il sito di studio sono indicati nella figura 23.

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i tre sismi di riferimento sono:

$$a_{maxg}=0.225g$$

$$a_{maxg}=0.267g$$

$$a_{maxg}=0.260g$$

Quindi la massima accelerazione attesa in superficie approssimata a due cifre decimali  $PGA = 0.27g$

I fattori amplificativi in termini di  $PGA/PGA_0$  per i tre sismi di riferimento sono:

amplificazione  $PGA/PGA_0$  per il primo sisma di riferimento: 1.22

amplificazione  $PGA/PGA_0$  per il secondo sisma di riferimento: 1.44

amplificazione  $PGA/PGA_0$  per il terzo sisma di riferimento: 1.40

amplificazione  $PGA/PGA_0 =$  fattore di amplificazione stratigrafica  $S_s$  massimo (DM 2008)  $= 1.44$

Si riporta in figura 24 la funzione di trasferimento superficie/bedrock in cui è rappresentato il valore di amplificazione del moto del suolo alle varie frequenze dal bedrock alla superficie.

L'amplificazione massima per i tre sismi di riferimento alla frequenza fondamentale di 1.8 Hz è pari a:

2.270 per il primo sisma di riferimento

2.303 per il secondo sisma di riferimento

2.244 per il terzo sisma di riferimento.

Quindi l'amplificazione massima è di 2.3.



La frequenza di 1.8 Hz è uguale a quella calcolata con le prove sismiche passive eseguite in sito HVRS corrispondente al picco 1.

Dal grafico della funzione di amplificazione si individua anche l'altro picco alla frequenza fondamentale di 0.9 Hz che dà amplificazione pari a 1.9.

Dalla funzione di amplificazione di cui al grafico di fig. 24 si può definire l'amplificazione a cui sarà sottoposto l'edificio in base al proprio periodo strutturale.

La colonna stratigrafica dedotta dalla prova eseguita nel sito oggetto di studio evidenzia terreni di natura coesiva, argille con una componente di coesione tale da non essere soggetti a fenomeni di liquefazione fino alla quota variabile da - 6.40 a - 7.20 m quando si trovano sabbie poco addensate passanti a sabbie addensate.

Sugli strati sabbiosi riscontrati è stata verificata la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

La verifica è stata eseguita con l'accelerazione massima attesa in superficie calcolata con smorzamento  $\xi = 5\%$  :  $a_{\max \text{ in superficie (g)}} = 0.27$ .

Magnitudo momento definita sulla base della recente crisi sismica del Maggio 2012 con epicentro Finale Emilia e Medolla:

$M_w = 5.90$  (anno 2012).

Il fattore di correzione della magnitudo  $MSF = 1.85$  NCEER (Seed R. B. et al.1997; 2003)

Infine il livello della soggiacenza della falda più alto misurato nel sito di studio nel Luglio 2012 pari a - 2.60 m dal p.c.

Negli strati sabbiosi sottofalda studiati risultano dei livelli liquefacibili nel primo livello sabbioso poco addensato che si trova compreso fra la quota di - 7.60 e la quota di - 9.60 m con  $F_L$  compreso fra 1.00 e 0.93 e rischio liquefazione basso. Tale livello è presente in particolare in corrispondenza della CPT n. 1 mentre è meno accentuato nella CPT n. 2 in quanto dalle argille superficiali si passa direttamente a sabbie mediamente addensate.

Considerato lo spessore (2.00 metri) dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato non liquefacibile sovrastante ( 7.40 metri) e l'accelerazione massima attesa in superficie per il sito d'indagine (0.265g), si può concludere (dal grafico e dalla tabella di Ishihara 1985) che la liquefazione dello strato liquefacibile non si estende in superficie.

La profondità dello strato liquefacibile non è quindi direttamente interessato dal volume di influenza fondazione – struttura si ritiene comunque indispensabile in fase di progetto esecutivo eseguire in sito un sondaggio geognostico per il prelievo di campioni su cui eseguire analisi granulometriche per definire la percentuale di fine presente da confrontare con le fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente liquefacibili di cui alla figura 7.11.1 cap. 7.11.3.4.2 DM 2008.

L'esecuzione di indagini supplementari tipo sondaggio geognostico per il prelievo di campioni indisturbati su cui eseguire analisi di laboratorio si consiglia anche per un calcolo dei cedimenti da determinare in funzione dei carichi di esercizio.

Dott. Geol. GESSI PAOLO  
GEOLOGO  
SEZA  
REGIONE DEL GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA  
DOTT. PAOLO CESTARI  
+N. 250 ALBO P. +N. 1000

Dott. Geol. RITA BALLISTA  
GEOLOGO  
Emilia-Romagna  
REGIONE DEL GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA  
DOTT. RITA BALLISTA  
+N. 1000

G.G.A. S.r.l. Geofisica Geologia Ambiente  
Via Genova n. 1/M - 41036 MEDA (MO) - MODENA -

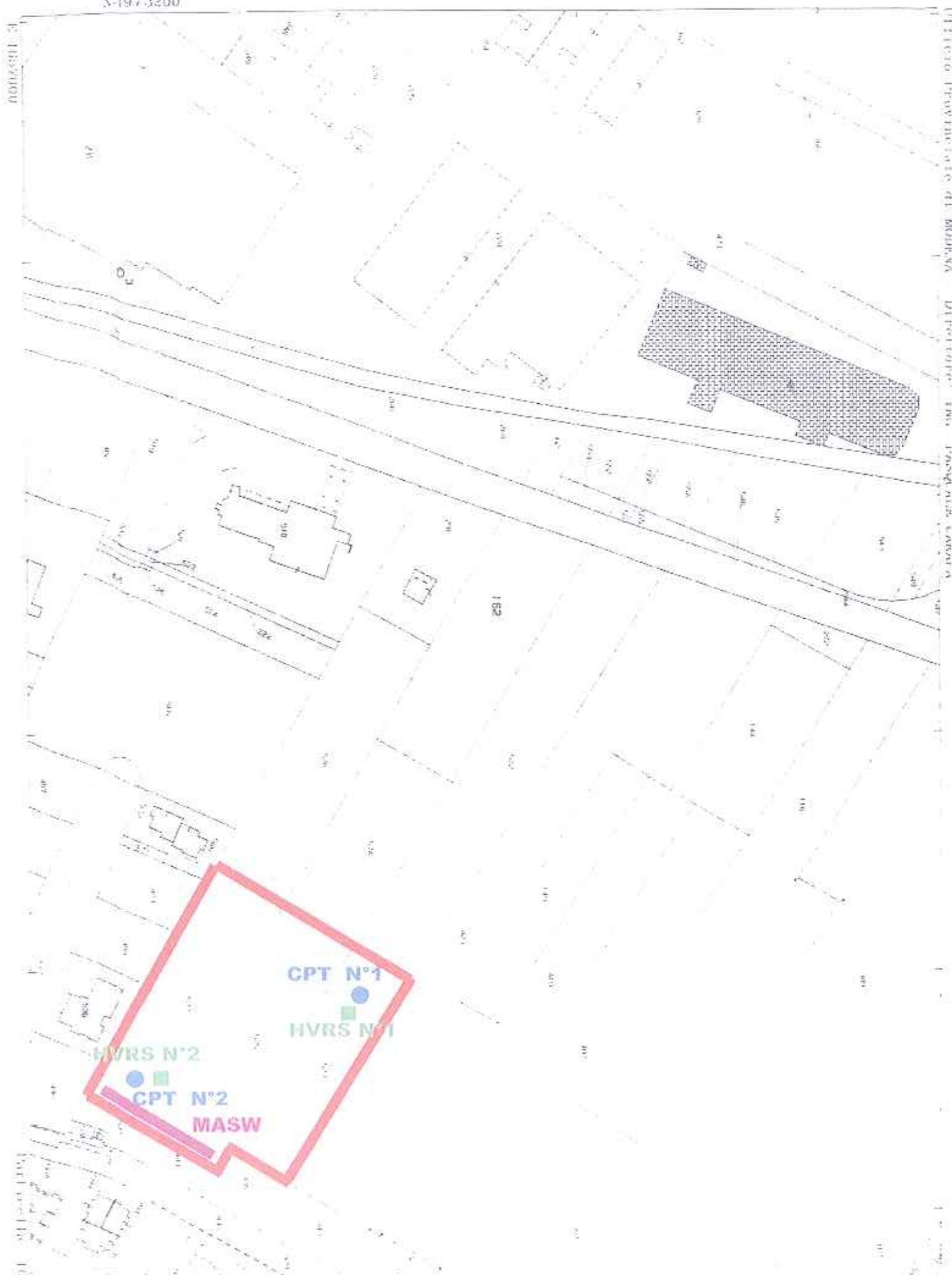
P.IVA: 03042940365 – Tel. 3356388878 – email: soc.geoprogetti@tin.it

#### ALLEGATI

- 1) UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE
- 2) DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE
- 3) DIAGRAMMI VALUTAZIONI LITOLOGICHE
- 4) PARAMETRI GEOTECNICI
- 5) DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

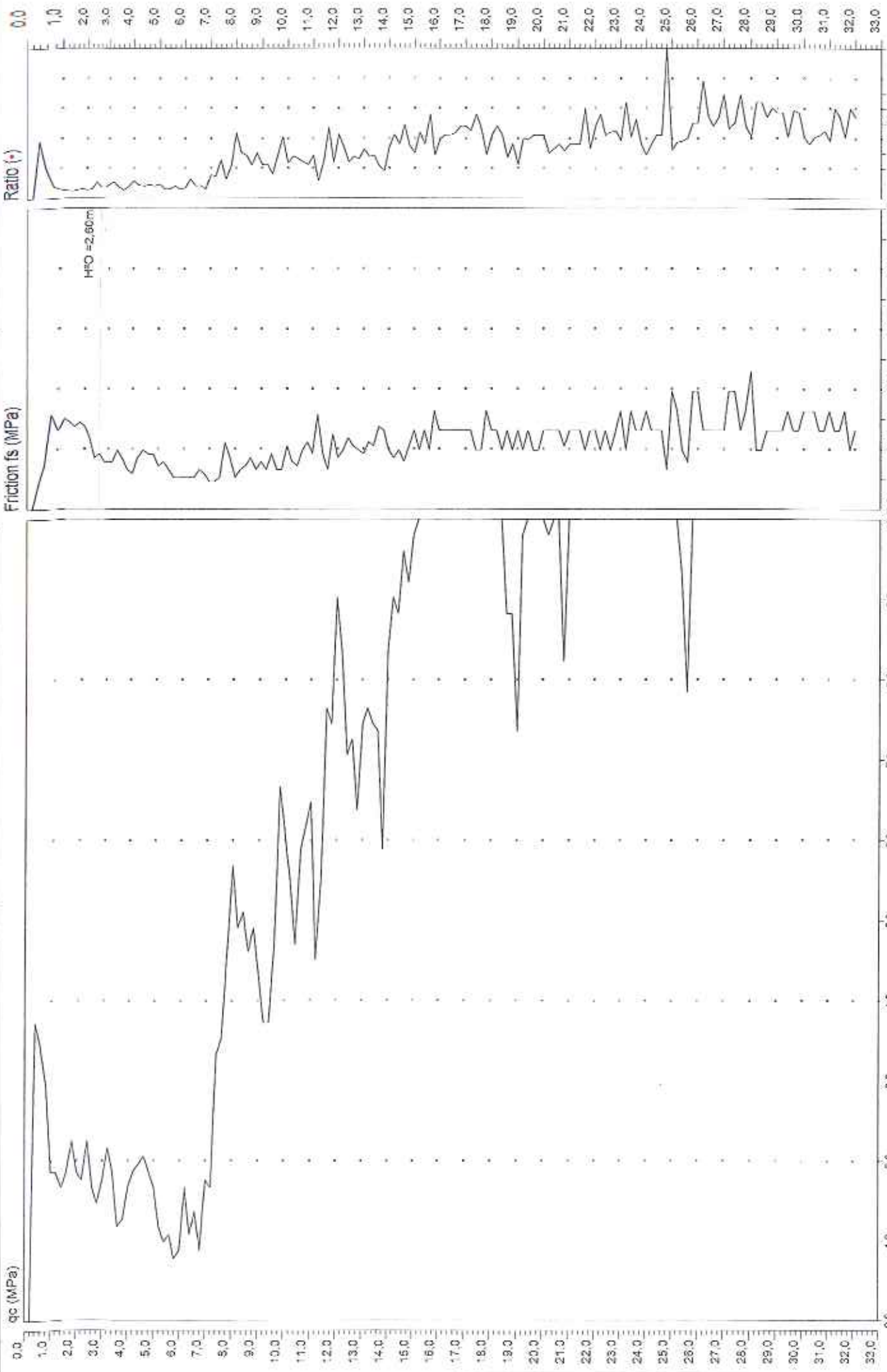


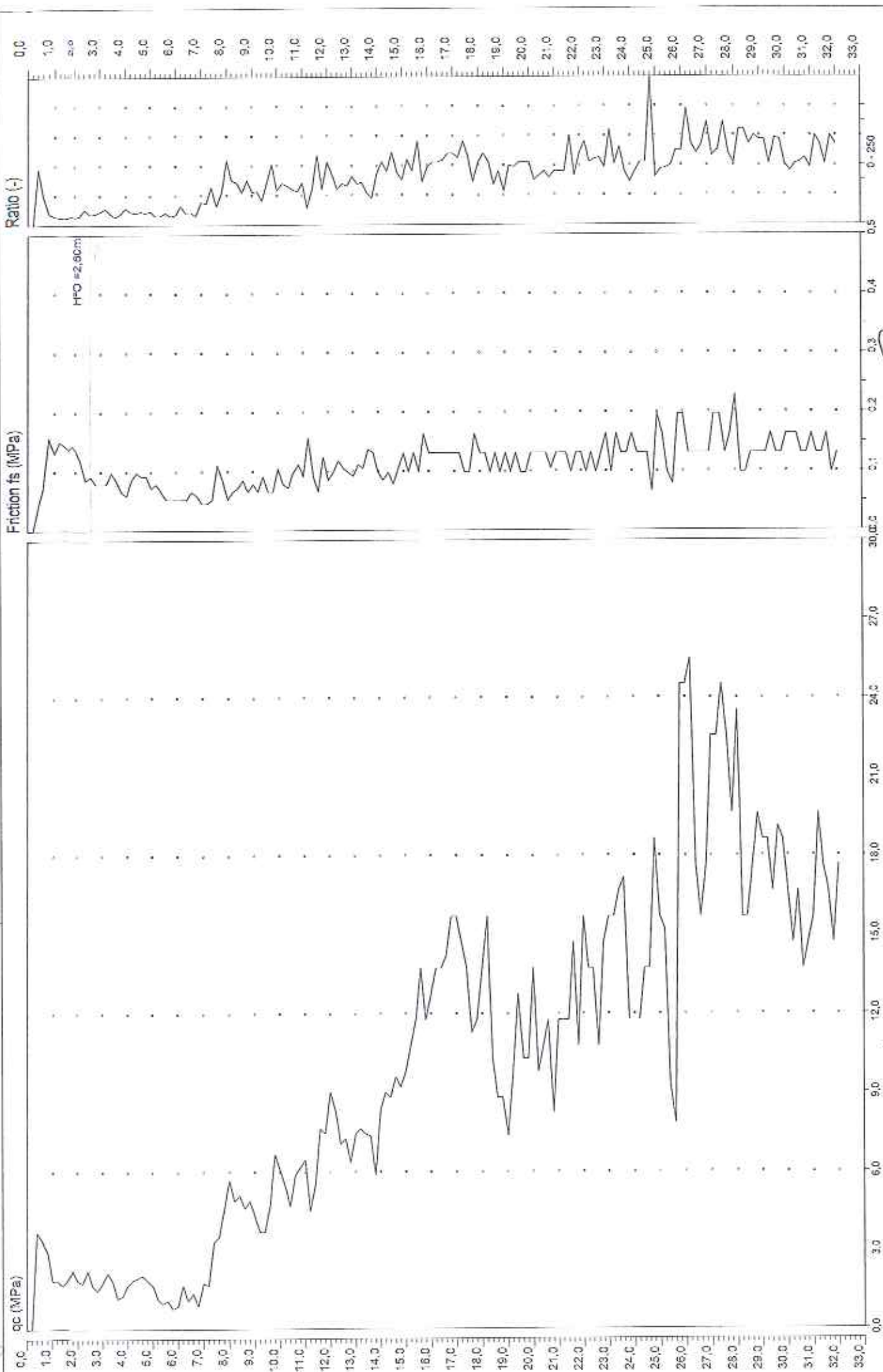
N-1973200



## **DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE**

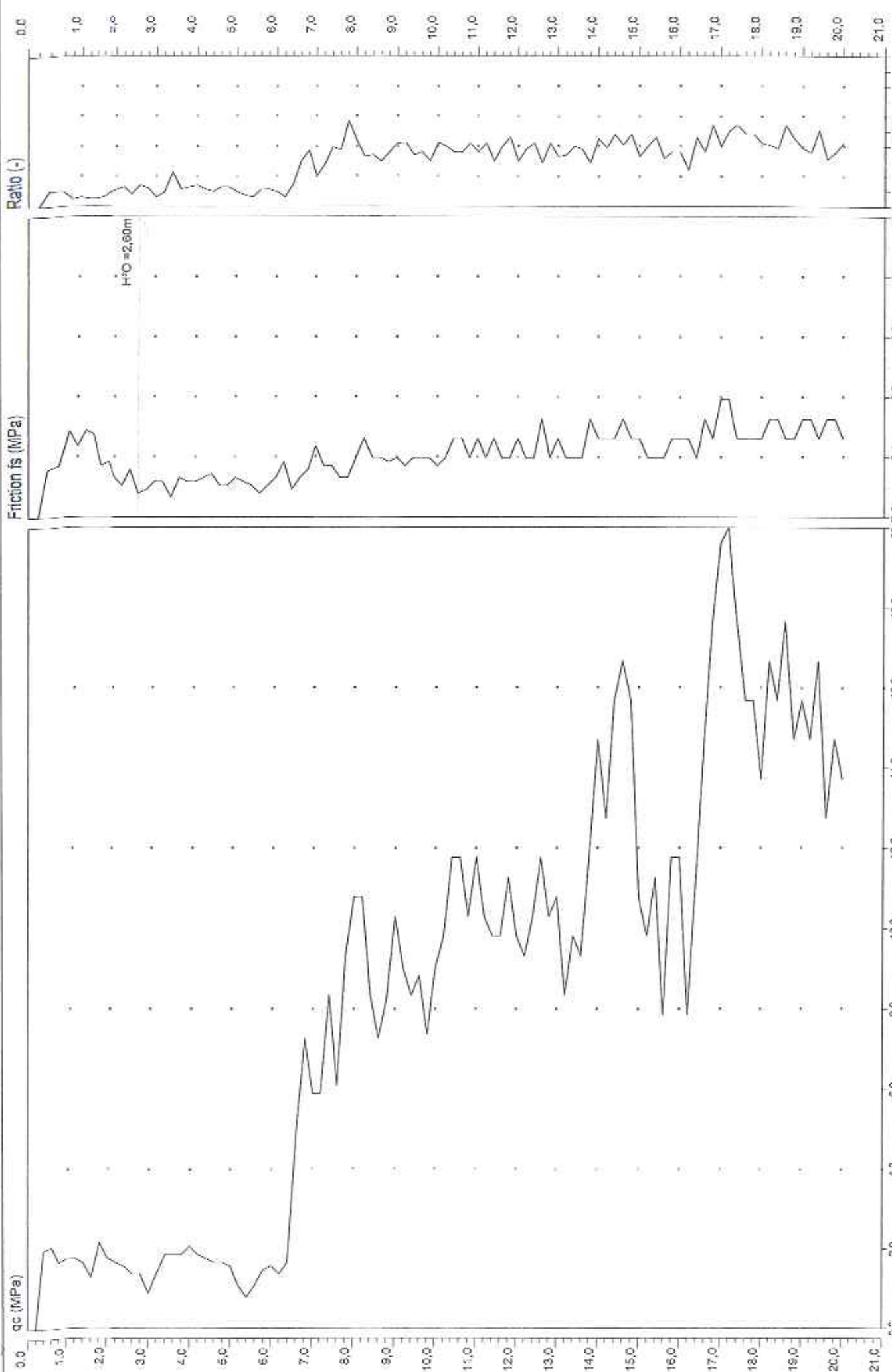






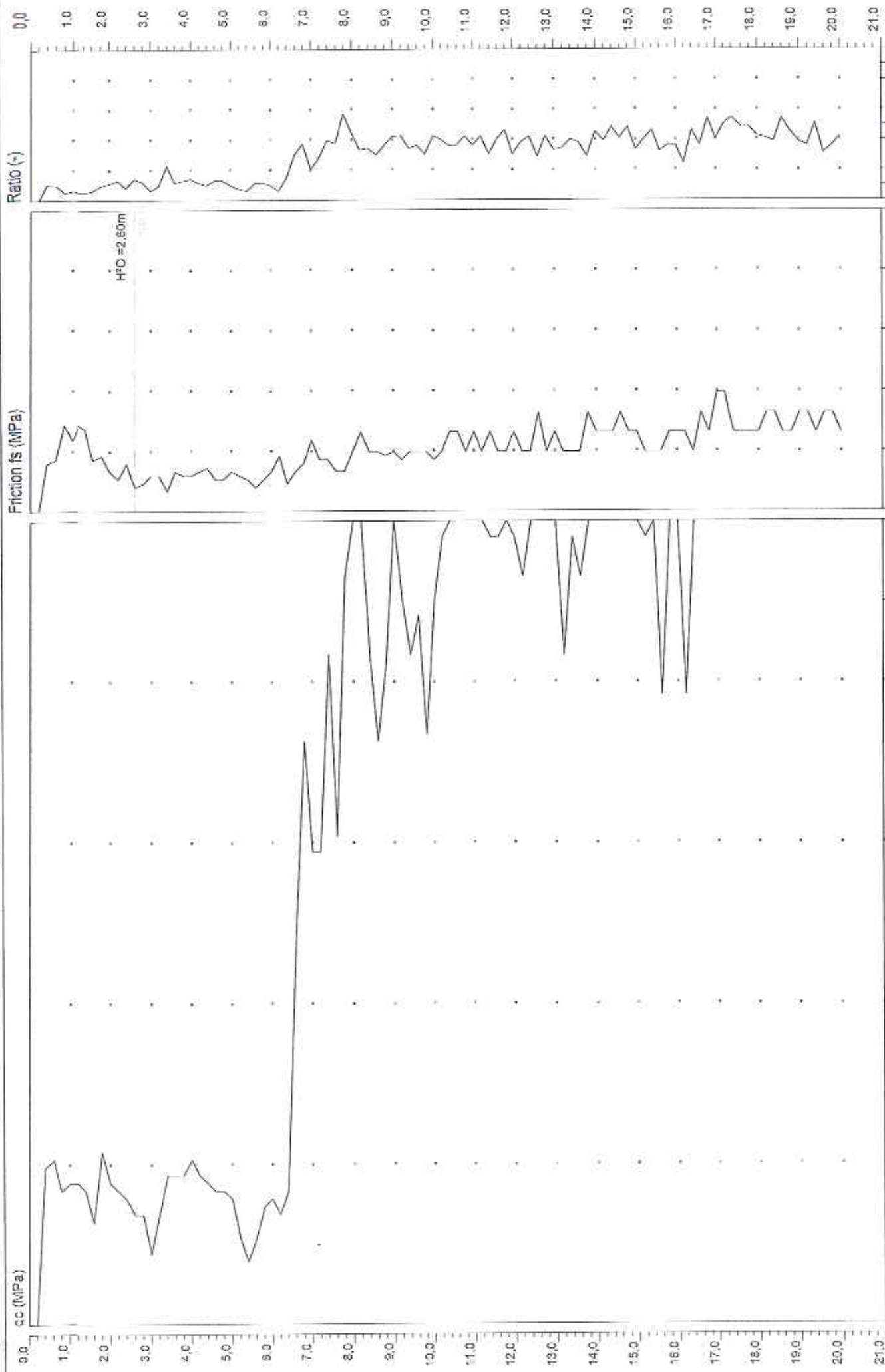


Prova n° 2



Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

Spesimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI





## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \%$  :

- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

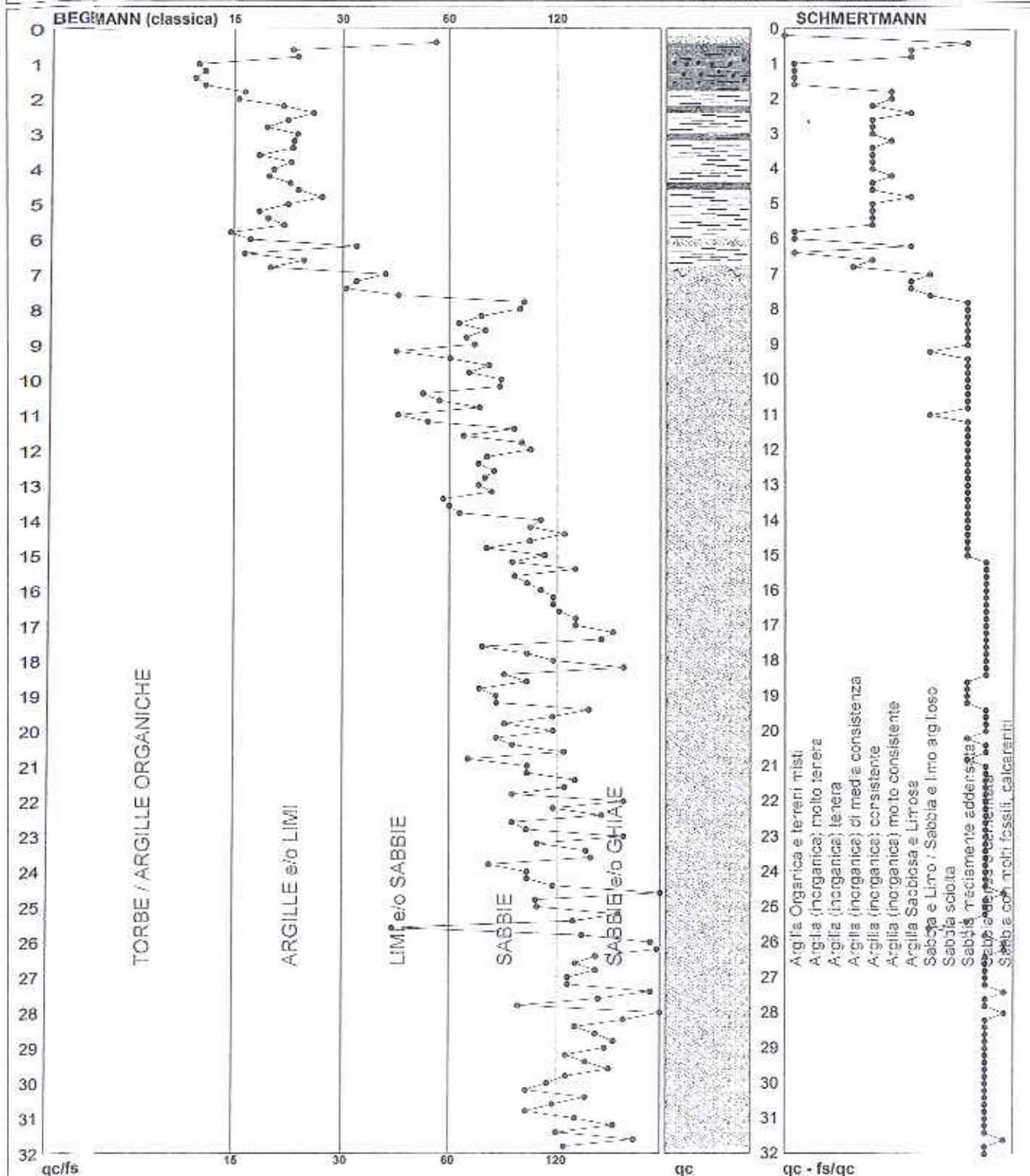
referimento

**1**

**056-2012**

Committente: COMUNE DI SAN POSSIDONIO  
Cantiere: SAN POSSIDONIO Via Focherini  
Località: SAN POSSIDONIO Via Focherini

U.M.: MPa  
Scala: 1:160  
Pagina: 1  
Elaborato:  
Data esec.: 04/07/2012  
Falda: -2,60 m 2.60



Torbe / Argille org.	5 punti, 3,14%	Argilla Organica e terreni misti	7 punti, 4,40%	Argilla Sabbiosa e Limosa	7 punti, 4,40%
Argille e/o Limi	27 punti, 16,98%	Argilla (inorganica) media consist.	1 punto, 0,63%	Sabbia e Lino / Sabbia e lino arg.	5 punti, 3,14%
Limi e/o Sabbia	17 punti, 10,69%	Argilla (inorganica) consistente	15 punti, 9,43%	Sabbia mediamente addensata	43 punti, 27,04%
Sabbie	77 punti, 48,43%	Argilla (inorganica) molto consist.	4 punti, 2,52%	Sabbia densa o cementata	70 punti, 44,03%
Sabbia e/o Ghiaie	33 punti, 20,75%			Sabbia con molti fossili, calcareniti	6 punti, 3,77%

nota:

FON025



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**2**
**056-2012**

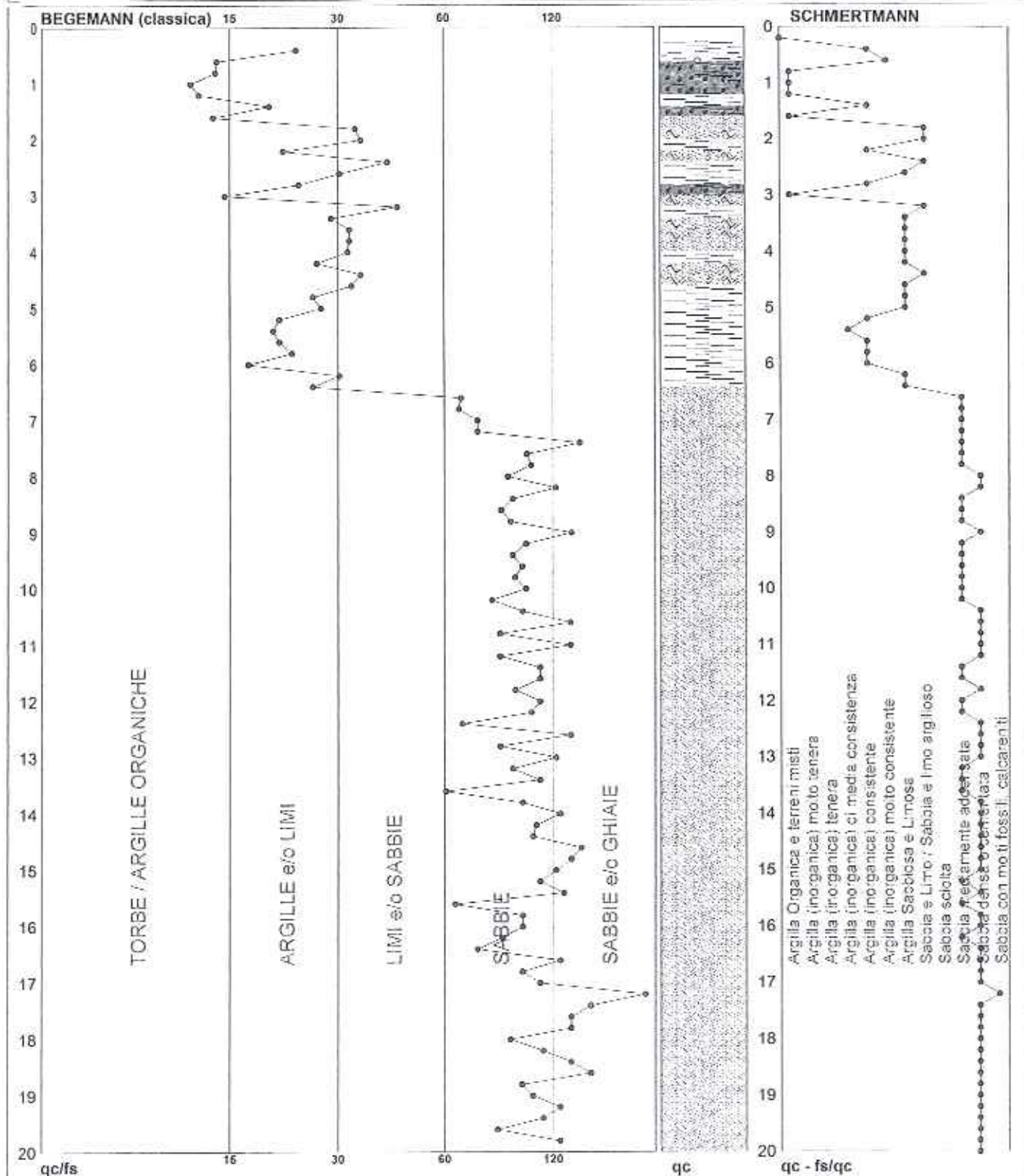
Committente: **COMUNE DI SAN POSSIDONIO**  
 Cantiere: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**  
 Località: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**

U.M.:  
 Scala:  
 Pagina:  
 Elaborato:

MPa  
 1:100  
 1

Data exec.: 04/07/2012

Falda: -2,60 m 2.60



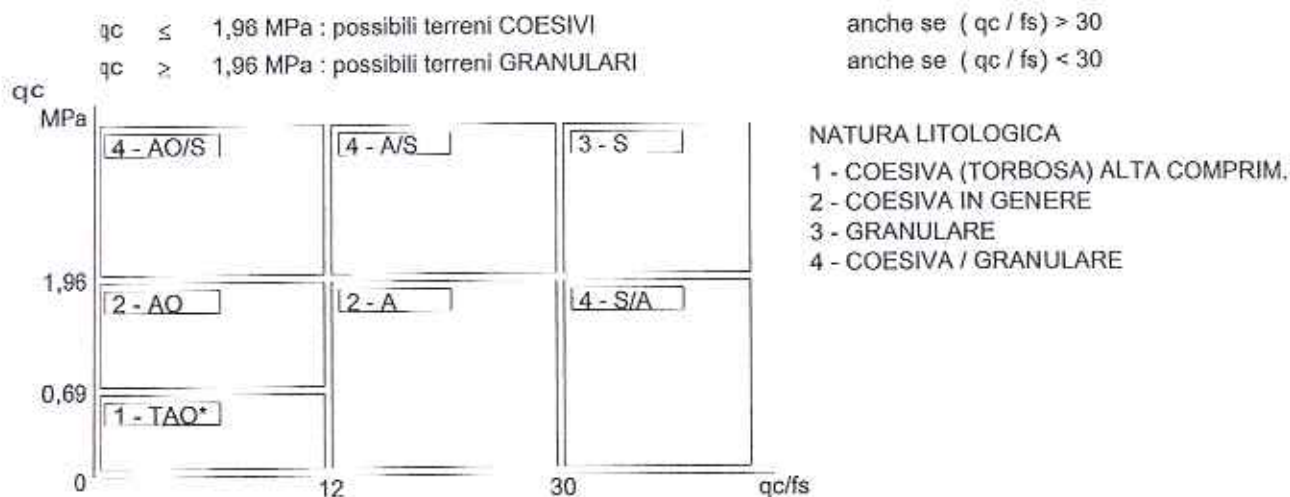
Torbe / Argille org.	7 punti, 7,07%	Argilla Organica e terreni misti:	5 punti, 5,05%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	11 punti, 11,11%
Argille e/o limi:	16 punti, 16,16%	Argilla (inorganica) media consist.	1 punto, 1,01%	Sabbia e Limo / Sabbia o limo arg.	5 punti, 5,05%
limi e/o Sabbie:	10 punti, 10,10%	Argilla (inorganica) consistente:	8 punti, 8,08%	Sabbia mediamente addensata:	26 punti, 26,26%
Sabbie:	56 punti, 56,57%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1,01%	Sabbia densa o cementata:	40 punti, 40,40%
Sabbie e/o Ghiaie:	10 punti, 10,10%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 1,01%

nota:

FON025

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $q_c / f_s$  (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma' - q_c$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u - q_c$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u - \sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi ) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% ( Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E' - q_c$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo -  $q_c$  - natura ]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni : Dr -  $R_p - \sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 ) ]
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi' - Dr - q_c - \sigma'_{vo}$  ]  
 $\phi'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\phi'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\phi'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\phi'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\phi'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\phi'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g) - Dr$  ]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Burrow e Stokoe 1983 )



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT**  
riferimento

**1**  
**056-2012**

Committente: **COMUNE DI SAN POSSIDONIO**  
Cantiere: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**  
Località: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**

U.M.: **MPa** Data esec.: **04/07/2012**  
Pagina: **1**  
Elaborato: **Falda: -2.60 m 2.60**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ tm³	n°vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE													
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)	σMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.			
0.20	—	—	—	1.85	3.6	154	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.40	3.7	52.1	—	1.85	7.3	178	—	—	—	—	—	100	43	41	38	36	44	30	2.00	6.2	9.3	11.2	—	—	—
0.60	3.4	21.9	—	1.85	10.9	176	114.3	89.9	19.4	29.2	10.3	90	42	38	36	33	42	29	—	5.7	8.6	10.3	—	—	—
0.80	2.9	22.6	—	1.85	14.5	173	98.0	68.4	16.7	25.0	8.8	77	41	38	33	31	40	29	—	4.9	7.4	8.6	—	—	—
1.00	1.9	12.4	—	1.85	18.1	166	76.0	37.7	12.9	19.4	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.20	1.9	12.9	—	1.85	21.8	166	76.0	30.0	12.9	19.4	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.40	1.7	12.1	—	1.85	25.4	165	70.9	22.7	12.1	18.1	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.60	1.9	12.9	—	1.85	29.0	166	76.0	20.9	12.9	19.4	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.80	2.3	16.4	—	1.85	32.6	169	85.1	20.8	14.5	21.7	6.8	48	37	31	28	26	35	28	—	3.8	5.6	6.8	—	—	—
2.00	1.9	15.8	—	1.85	36.3	166	76.0	15.8	12.9	19.4	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.20	1.8	20.7	—	1.85	39.9	166	73.5	13.5	12.5	18.7	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.40	2.3	24.7	—	1.85	43.5	169	85.1	14.5	14.5	21.7	6.8	41	36	29	26	25	33	28	—	3.8	5.6	6.8	—	—	—
2.60	1.7	21.3	—	0.97	45.4	165	70.9	11.0	12.1	18.1	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.80	1.5	18.6	—	0.95	47.3	184	65.3	9.4	11.3	17.0	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.00	1.8	22.5	—	0.98	49.2	166	73.5	10.4	12.5	18.7	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.20	2.2	22.0	—	0.93	51.0	168	82.9	11.5	14.1	21.1	8.5	36	36	28	25	24	32	28	—	3.8	5.4	6.5	—	—	—
3.40	1.9	21.8	—	0.89	53.0	166	76.0	9.9	12.9	19.4	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.60	1.2	17.9	—	0.92	54.8	162	56.0	6.5	14.2	21.2	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.80	1.3	21.7	—	0.93	56.6	162	59.3	6.6	14.5	21.7	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.00	1.7	19.5	—	0.97	58.5	165	70.9	6.0	14.1	21.1	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.20	1.9	19.0	—	0.99	60.4	166	76.0	8.4	14.4	21.6	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.40	2.0	21.5	—	0.93	62.2	167	78.4	8.4	14.8	22.2	5.9	28	35	27	24	22	31	27	—	3.3	4.9	5.9	—	—	—
4.60	2.1	22.6	—	0.93	64.1	167	80.7	8.4	15.2	22.9	6.2	29	35	27	24	22	31	27	—	3.4	5.1	6.2	—	—	—
4.80	1.9	20.0	—	0.99	66.0	166	76.0	7.5	16.2	24.3	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.00	1.7	21.3	—	0.97	67.9	165	70.9	6.6	17.4	26.1	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.20	1.2	17.9	—	0.92	69.7	162	56.0	4.8	19.4	29.0	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.40	1.0	18.9	—	0.90	71.5	160	49.0	3.9	20.0	30.1	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.60	1.1	20.8	—	0.91	73.3	161	52.6	4.1	20.5	30.7	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.80	0.8	15.1	—	0.86	75.0	159	39.2	2.8	20.0	30.0	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.00	0.9	17.0	—	0.88	76.7	160	44.1	3.1	21.2	31.9	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.20	1.7	32.1	—	0.91	78.4	165	70.9	5.5	21.2	31.8	5.3	17	33	25	22	20	28	27	—	2.8	4.2	5.0	—	—	—
6.40	1.1	16.4	—	0.91	80.2	161	52.6	3.7	22.6	34.0	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.60	1.4	23.3	—	0.94	82.1	163	62.4	4.5	22.9	34.4	4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.80	0.9	19.1	—	0.88	83.8	160	44.1	2.8	22.4	33.6	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.00	1.8	38.3	—	0.91	85.6	168	73.5	5.2	23.5	35.2	5.5	16	33	25	22	20	28	27	—	2.9	4.4	5.3	—	—	—
7.20	1.7	32.1	—	0.91	87.4	165	70.9	4.8	24.2	36.3	5.3	14	33	24	21	20	28	27	—	2.8	4.2	5.0	—	—	—
7.40	3.3	30.1	—	0.89	89.1	176	—	—	—	—	—	37	36	26	25	23	31	29	1.23	5.6	8.3	10.0	—	—	—
7.60	3.5	41.4	—	0.89	90.8	177	—	—	—	—	—	39	36	28	25	23	32	30	1.22	5.9	8.8	10.6	—	—	—
7.80	4.6	88.7	—	0.91	92.6	184	—	—	—	—	—	47	37	29	28	24	33	31	1.29	7.7	11.5	13.8	—	—	—
8.00	5.7	86.6	—	0.93	94.5	191	—	—	—	—	—	54	38	30	27	25	34	31	1.45	9.5	14.2	17.1	—	—	—
8.20	4.9	68.5	—	0.92	96.2	186	—	—	—	—	—	49	37	29	28	25	33	31	1.30	8.2	12.3	14.7	—	—	—
8.40	5.1	59.8	—	0.92	98.0	187	—	—	—	—	—	50	37	29	28	25	33	31	1.31	8.5	12.7	15.3	—	—	—
8.60	4.6	70.1	—	0.91	99.8	184	—	—	—	—	—	46	37	29	26	24	33	31	1.23	7.7	11.5	13.8	—	—	—
8.80	4.9	62.5	—	0.92	101.6	186	—	—	—	—	—	47	37	29	28	24	33	31	1.25	8.2	12.3	14.7	—	—	—
9.00	4.3	65.7	—	0.91	103.4	182	—	—	—	—	—	42	36	28	25	24	32	31	1.18	7.2	10.8	12.9	—	—	—
9.20	3.7	40.9	—	0.90	105.2	178	—	—	—	—	—	37	36	27	24	23	31	30	1.16	6.2	9.3	11.2	—	—	—
9.40	3.7	56.7	—	0.90	106.9	178	—	—	—	—	—	37	36	27	24	23	31	30	1.16	6.2	9.3	11.2	—	—	—
9.60	4.7	71.6	—	0.91	108.7	185	—	—	—	—	—	44	37	28	25	24	32	31	1.19	7.8	11.8	14.1	—	—	—
9.80	6.7	63.8	—	0.95	110.6	198	—	—	—	—	—	56	38	30	27	25	34	32	1.45	11.1	16.7	20.0	—	—	—
10.00	6.1	77.5	—	0.94	112.4	194	—	—	—	—	—	52	38	30	27	25	34	32	1.34	10.1	15.2	18.2	—	—	—
10.20	5.5	76.7	—	0.93	114.2	190	—	—	—	—	—	48	37	29	26	24	33	31	1.24	9.1	13.7	16.5	—	—	—
10.40	4.7	48.0	—	0.91	116.0	185	—	—	—	—	—	43	36	28	25	24	32	31	1.15	7.8	11.8	14.1	—	—	—
10.60	5.9	53.1	—	0.93	117.8	192	—	—	—	—	—	50	37	29	26	25	33	32	1.27						



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT**

referimento

**1**

**056-2012**

Committente: **COMUNE DI SAN POSSIDONIO**  
 Cantiere: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**  
 Località: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**

U.M.: **MPa** Data esec.: **04/07/2012**  
 Pagina: **2**  
 Elaborato: **Falda: -2.60 m 2.60**

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma^*$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{Vo}$ kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
10.00	13.7	105.3		1.06	212.2	244	--	--	--	--	--	65	39	30	27	25	35	36	1.72	22.9	34.3	41.2	
10.20	9.8	75.2		1.00	214.2	218	--	--	--	--	--	53	38	29	26	24	33	34	1.30	16.3	24.5	29.4	
10.40	10.8	82.7		1.02	216.2	224	--	--	--	--	--	56	38	29	26	25	33	34	1.40	18.0	27.0	32.3	
20.00	11.8	112.1		1.03	218.2	231	--	--	--	--	--	59	38	30	27	25	34	35	1.49	19.6	29.4	35.3	
20.80	8.2	63.2	A	0.97	220.1	208	--	--	--	--	--	46	37	28	25	23	31	33	1.14	13.7	20.6	24.7	
21.00	11.8	90.2		1.03	222.1	231	--	--	--	--	--	58	38	29	26	25	33	35	1.48	19.6	29.4	35.3	
21.20	11.8	90.2		1.03	224.2	231	--	--	--	--	--	58	38	29	26	25	33	35	1.47	19.6	29.4	35.3	
21.40	11.8	120.0		1.03	226.2	231	--	--	--	--	--	58	38	29	26	25	33	35	1.47	19.6	29.4	35.3	
21.60	14.7	112.8		1.08	228.3	250	--	--	--	--	--	65	39	30	27	26	36	38	1.74	24.5	36.6	44.1	
21.80	10.6	82.7		1.02	230.3	224	--	--	--	--	--	54	38	29	26	24	33	34	1.35	18.0	27.0	32.3	
22.00	15.7	160.0		1.09	232.4	256	--	--	--	--	--	67	39	31	28	28	35	36	1.82	26.1	39.2	47.0	
22.20	13.7	105.3		1.06	234.5	244	--	--	--	--	--	62	39	30	27	25	34	36	1.62	22.9	34.3	41.2	
22.40	13.7	140.0		1.06	236.6	244	--	--	--	--	--	62	39	30	27	25	34	36	1.62	22.9	34.3	41.2	
22.60	10.6	82.7		1.02	238.6	224	--	--	--	--	--	54	38	29	26	24	33	34	1.32	18.0	27.0	32.3	
22.80	14.7	89.8		1.08	240.7	250	--	--	--	--	--	64	39	30	27	25	34	36	1.69	24.5	36.6	44.1	
23.00	15.7	160.0		1.09	242.8	256	--	--	--	--	--	68	39	30	27	26	35	36	1.77	26.1	39.2	47.0	
23.20	15.7	95.8		1.09	244.9	256	--	--	--	--	--	66	39	30	27	26	34	36	1.77	26.1	39.2	47.0	
23.40	16.7	127.8		1.11	247.1	263	--	--	--	--	--	68	39	31	28	26	35	37	1.85	27.0	41.7	50.0	
23.60	17.2	131.6		1.11	249.3	266	--	--	--	--	--	68	39	31	28	26	35	37	1.89	28.6	42.9	51.5	
23.80	11.8	71.9		1.03	251.3	231	--	--	--	--	--	55	38	29	26	24	33	35	1.38	19.6	29.4	35.3	
24.00	11.8	90.2		1.03	253.3	231	--	--	--	--	--	55	38	29	26	24	33	35	1.37	19.6	29.4	35.3	
24.20	11.8	90.2		1.03	255.3	231	--	--	--	--	--	55	38	29	26	24	33	35	1.37	19.6	29.4	35.3	
24.40	13.7	105.3		1.06	257.4	244	--	--	--	--	--	60	38	30	26	25	33	36	1.54	22.9	34.3	41.2	
24.60	13.7	209.0		1.06	259.5	244	--	--	--	--	--	60	38	29	26	25	33	36	1.54	22.9	34.3	41.2	
24.80	18.6	95.0		1.14	261.7	276	--	--	--	--	--	70	40	31	28	26	35	37	1.99	31.0	46.6	55.9	
25.00	15.7	95.8		1.09	263.9	256	--	--	--	--	--	64	39	30	27	25	34	36	1.69	26.1	39.2	47.0	
25.20	15.2	155.0		1.08	266.0	253	--	--	--	--	--	63	39	30	27	25	34	36	1.64	25.3	38.0	46.6	
25.40	9.3	118.8	A	0.99	267.9	215	--	--	--	--	--	46	37	27	24	23	31	34	1.13	15.5	23.3	27.9	
25.60	7.8	40.0	A	0.97	269.8	205	--	--	--	--	--	40	36	27	23	22	30	33	1.04	13.1	19.6	23.6	
25.80	24.5	125.0		1.15	272.1	314	--	--	--	--	--	79	41	32	29	27	36	39	>2.00	40.8	61.3	73.5	
26.00	24.5	188.0		1.16	274.3	314	--	--	--	--	--	78	41	32	29	27	38	39	>2.00	40.8	61.3	73.5	
26.20	25.5	195.5		1.15	276.6	320	--	--	--	--	--	80	41	32	29	27	37	40	>2.00	42.5	63.7	76.4	
26.40	17.6	135.3		1.12	278.8	269	--	--	--	--	--	67	39	30	27	26	34	37	1.81	29.4	44.1	52.9	
26.60	15.7	120.3		1.09	280.9	256	--	--	--	--	--	62	39	30	27	25	34	36	1.64	26.1	39.2	47.0	
26.80	17.6	135.3		1.12	283.1	269	--	--	--	--	--	66	39	30	27	26	34	37	1.80	29.4	44.1	52.9	
27.00	22.5	115.0		1.15	285.3	301	--	--	--	--	--	75	40	31	29	27	38	39	>2.00	37.8	56.4	67.6	
27.20	22.5	115.0		1.15	287.6	301	--	--	--	--	--	74	40	31	28	27	38	39	>2.00	37.8	56.4	67.6	
27.40	24.5	188.0		1.15	289.9	314	--	--	--	--	--	77	40	32	29	27	38	39	>2.00	40.8	61.3	73.5	
27.60	22.5	137.7		1.15	292.1	301	--	--	--	--	--	74	40	31	28	27	38	39	>2.00	37.8	56.4	67.6	
27.80	19.8	85.8		1.15	294.4	282	--	--	--	--	--	69	40	31	28	26	35	38	1.94	32.7	49.0	58.8	
28.00	23.5	240.0		1.16	296.6	308	--	--	--	--	--	75	40	31	29	27	36	39	>2.00	39.2	58.8	70.6	
28.20	15.7	160.0		1.09	298.8	256	--	--	--	--	--	61	39	29	26	25	33	36	1.59	26.1	39.2	47.0	
28.40	15.7	120.3		1.09	300.9	256	--	--	--	--	--	61	39	29	26	25	33	36	1.58	26.1	39.2	47.0	
28.60	17.6	135.3		1.12	303.1	289	--	--	--	--	--	65	39	30	27	25	34	37	1.73	29.4	44.1	52.9	
28.80	19.8	150.4		1.15	305.3	282	--	--	--	--	--	68	39	30	27	26	35	38	1.89	32.7	49.0	58.8	
29.00	18.6	142.9		1.14	307.6	276	--	--	--	--	--	66	39	30	27	25	34	37	1.80	31.0	46.6	55.9	
29.20	18.6	113.8		1.14	309.8	276	--	--	--	--	--	66	39	30	27	25	34	37	1.80	31.0	46.6	55.9	
29.40	16.7	127.8		1.11	312.0	263	--	--	--	--	--	62	39	30	26	25	33	37	1.64	27.8	41.7	50.0	
29.60	19.1	146.6		1.14	314.2	279	--	--	--	--	--	67	39	30	27	25	34	38	1.84	31.9	47.8	57.3	
29.80	18.6	113.8		1.14	316.4	276	--	--	--	--	--	65	39	30	27	25	34	37	1.80	31.0	46.6	55.9	
30.00	16.7	101.8		1.11	318.6	263	--	--	--	--	--	61	39	29	26	25	33	37	1.64	27.8	41.7	50.0	
30.20	14.7	89.8		1.08	320.7	250	--	--	--	--	--	57	38	29	26	24	33	36	1.48	24.5	36.6	44.1	
30.40	16.7	127.8		1.11	322.9	263	--	--	--	--	--	61	39	29	26	25	33	37	1.64	27.8	41.7	50.0	
30.60	13.7	105.3		1.06	324.9	244	--	--	--	--	--	54	38	28	25	24	32	36	1.40	22.9	34.3	41.2	
30.80	14.7	89.8		1.08	327.0	250	--	--	--	--	--	57	38	29	26	24	33	36	1.48	24.5	36.6	44.1	
31.00	15.7	120.3		1.09	329.2	256	--	--	--	--	--	59	38	29	26	24	33	36	1.56	26.1	39.2	47.0	
31.20	19.6	150.4		1.15	331.4	282	--	--	--	--	--	65	39	30	27	25	34	38	1.88	32.7	49.0	58.8	
31.40	17.6	107.8		1.12	333.6	269	--	--	--	--	--	62	39	29	26	25	33	37	1.72	29.4	44.1	52.9	
31.60	16.7	170.0		1.11	335.8	263	--	--	--	--	--	60	38	29	26	24	33	37	1.64	27.8	41.7	50.0	
31.80	14.7	112.8		1.08	337.9	250	--	--	--	--	--	56	38	29	25	24	32	36	1.48	24.5	36.6	44.1	
32.00	17.6	--		1.12	340.1	269	--	--	--	--	--	62	39	29	26	25	33	37	1.72	29.4	44.1	52.9	



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT**

riferimento

**2**
**056-2012**

Committente: **COMUNE DI SAN POSSIDONIO**  
 Cantiere: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**  
 Località: **SAN POSSIDONIO Via Focherini**

U.M.: **MPa**      Data esec.: **04/07/2012**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato: **Falda: -2.60 m 2.60**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma$ U/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE												
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.		
0.20	—	—	—	1.85	3.6	154	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.40	2.0	23.0	—	1.85	7.3	167	78.4	99.9	13.3	20.0	5.9	80	41	38	35	33	41	27	—	3.3	4.9	5.9	—	—
0.60	2.1	14.3	—	1.85	10.9	187	80.7	76.9	13.7	20.6	6.2	72	40	36	33	31	40	27	—	3.4	5.1	6.2	—	—
0.80	1.7	14.2	—	1.85	14.5	165	70.9	45.6	12.1	18.1	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.00	1.8	12.2	—	1.85	18.1	166	73.5	36.1	12.5	18.7	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.20	1.8	12.9	—	1.85	21.8	166	73.5	28.8	12.5	18.7	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.40	1.7	19.5	—	1.85	25.4	165	70.9	22.7	12.1	18.1	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.60	1.3	14.0	—	1.85	29.0	162	59.3	15.3	10.1	15.1	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.80	2.2	32.8	—	1.85	32.6	168	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.00	1.8	34.0	—	1.85	36.3	166	73.5	15.2	12.5	18.7	5.5	47	37	31	28	26	35	28	2.00	3.6	5.4	6.5	—	—
2.20	1.7	21.3	—	1.85	39.9	165	70.9	12.9	12.1	18.1	5.3	37	36	29	26	24	33	27	—	2.9	4.4	5.3	—	—
2.40	1.6	40.0	—	1.85	43.5	164	68.2	11.0	11.6	17.4	5.1	29	35	28	24	23	31	27	—	2.6	3.9	4.7	—	—
2.60	1.4	29.8	—	0.94	45.4	163	62.4	9.3	10.8	16.2	4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.80	1.4	23.3	—	0.94	47.2	163	62.4	8.9	11.2	16.8	4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.00	0.9	15.0	—	0.88	48.9	160	44.1	5.5	13.2	19.9	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.20	1.4	42.4	—	0.89	50.7	163	62.4	8.1	12.1	18.2	4.7	21	34	26	23	22	30	26	—	2.3	3.4	4.1	—	—
3.40	1.9	28.4	—	0.99	52.6	166	76.0	8.9	12.9	19.4	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.60	1.9	31.7	—	0.92	54.4	166	76.0	9.5	13.1	19.6	5.7	29	35	27	24	23	31	27	—	3.1	4.7	5.6	—	—
3.80	1.9	31.7	—	0.92	56.2	168	76.0	9.2	13.4	20.0	5.7	28	35	27	24	23	31	27	—	3.1	4.7	5.6	—	—
4.00	2.1	31.3	—	0.85	57.9	167	—	—	—	—	—	31	35	28	24	23	31	27	1.62	3.4	5.1	6.2	—	—
4.20	1.9	28.0	—	0.99	59.8	166	76.0	8.5	14.2	21.3	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.40	1.8	34.0	—	0.91	61.6	168	73.5	7.8	14.9	22.3	5.5	24	31	26	23	22	30	27	—	2.9	4.4	5.3	—	—
4.60	1.7	32.1	—	0.91	63.4	165	70.9	7.2	15.7	23.6	5.3	22	34	28	23	21	30	27	—	2.8	4.2	5.0	—	—
4.80	1.7	25.4	—	0.97	65.3	165	70.9	7.0	16.4	24.6	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.00	1.6	26.7	—	0.96	67.2	164	68.2	6.4	17.4	26.1	5.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.20	1.1	20.8	—	0.91	69.0	161	52.6	4.5	19.2	28.9	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.40	0.8	20.0	—	0.86	70.6	159	39.2	3.0	19.3	29.0	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.60	1.1	20.8	—	0.91	72.4	161	52.6	4.2	20.2	30.3	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.80	1.5	22.4	—	0.95	74.3	164	65.3	5.3	20.3	30.4	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.00	1.6	17.2	—	0.96	76.2	164	68.2	5.5	20.7	31.0	5.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.20	1.4	29.8	—	0.94	78.0	163	62.4	4.7	21.7	32.5	4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.40	1.7	25.4	—	0.97	79.9	165	70.9	5.4	21.7	32.6	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.60	4.9	62.5	—	0.92	81.7	186	—	—	—	—	—	53	38	30	27	25	34	31	1.47	8.2	12.3	14.7	—	—
6.80	7.3	61.7	—	0.96	83.0	201	—	—	—	—	—	68	39	32	29	27	38	32	1.96	12.1	18.1	21.8	—	—
7.00	5.9	69.0	—	0.93	85.4	192	—	—	—	—	—	58	38	31	28	26	35	32	1.62	9.8	14.7	17.6	—	—
7.20	5.9	69.0	—	0.93	87.2	192	—	—	—	—	—	57	38	31	28	26	35	32	1.59	9.8	14.7	17.6	—	—
7.40	8.3	128.9	—	0.98	89.2	208	—	—	—	—	—	69	39	32	29	27	37	33	>2.00	13.9	20.8	25.0	—	—
7.60	6.1	92.5	—	0.94	91.0	194	—	—	—	—	—	57	38	31	28	26	35	32	1.58	10.1	15.2	18.2	—	—
7.80	9.3	85.0	—	0.99	92.9	215	—	—	—	—	—	72	40	33	30	28	37	34	>2.00	15.5	23.3	27.9	—	—
8.00	10.8	82.7	—	1.02	94.9	224	—	—	—	—	—	78	40	33	30	28	38	34	>2.00	18.0	27.0	32.3	—	—
8.20	10.8	110.0	—	1.02	98.9	224	—	—	—	—	—	76	40	33	30	28	38	34	>2.00	18.0	27.0	32.3	—	—
8.40	8.3	85.0	—	0.98	98.8	208	—	—	—	—	—	66	39	32	29	27	36	33	1.91	13.9	20.8	25.0	—	—
8.60	7.3	79.6	—	0.96	100.7	201	—	—	—	—	—	61	39	31	28	26	35	32	1.68	12.1	18.1	21.8	—	—
8.80	8.2	84.0	—	0.97	102.6	208	—	—	—	—	—	65	39	31	28	26	35	32	1.84	13.7	20.6	24.7	—	—
9.00	10.3	120.7	—	1.01	104.6	221	—	—	—	—	—	72	40	33	30	28	37	34	>2.00	17.2	25.7	30.9	—	—
9.20	9.0	92.0	—	0.99	106.5	213	—	—	—	—	—	67	39	32	29	27	36	33	1.92	15.0	22.5	27.0	—	—
9.40	8.3	85.0	—	0.98	108.4	208	—	—	—	—	—	64	39	31	28	26	35	33	1.78	13.9	20.8	25.0	—	—
9.60	8.8	90.0	—	0.98	110.3	212	—	—	—	—	—	65	39	31	28	26	35	33	1.84	14.7	22.1	26.5	—	—
9.80	7.4	86.2	—	0.96	112.2	202	—	—	—	—	—	59	38	31	28	26	35	32	1.57	12.3	18.1	22.1	—	—
10.00	9.0	92.0	—	0.99	114.2	213	—	—	—	—	—	65	39	31	28	26	35	33	1.83	15.0	22.5	27.0	—	—
10.20	9.8	75.2	—	1.00	116.1	218	—	—	—	—	—	68	39	32	29	27	36	34	1.93	16.3	24.5	29.4	—	—
10.40	11.8	90.2	—	1.03	118.1	231	—	—	—	—	—	74	40	33	30	28	37	35	>2.00	19.6	29.4	35.3	—	—
10.60	11.8	120.0	—	1.03	120.2	231	—	—	—	—	—	73	40	33	30	28	37	35	>2.00	19.6	29.4	35.3	—	—
10.80	10.3	78.9	—	1.01	122.1	221	—	—	—	—	—	68	39	32	29	27	36	34	>2.00	18.6	29.4	35.3	—	—
11.00	11.8	120.0	—	1																				