



Via Doria, 74  
19124 La Spezia (ITALY)  
Tel. 0187.770500 • Fax 0187.770634  
e-mail: eptacons@tin.it



## AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELLA SPEZIA



***ADEGUAMENTO DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE  
PREGRESSE ALLE N.T.C 2018 (D.M 17/01/2018 E CIRCOLARE DEL  
21/01/2019 N.7), A SUPPORTO DEL PROGETTO DI ADEGUAMENTO  
STATICO –SISMICO DEL PLESSO SOLASTICO CAPPELLINI-SAURO IN  
FREGIO A VIALE ITALIA-VIALE SAN BARTOLOMEO, NEL COMUNE  
DELLA SPEZIA.***

***(CUP I44119000090006 CIG ZE52AC4476)***

**TECNICO:**

Dott. Geol. Marco Zanicchi



**DATA:** Febbraio 2020

**Ns. Rif:** 2372

## 1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferitoci con Determinazione Dirigenziale n. 1081 del 22/11/2019 prot. 28759 del 27/11/2019 (esecutiva del 27/11/2019) del Funzionario Delegato del Servizio "Manutenzione e costruzione edilizia" della Provincia della Spezia, è stato svolto l'adeguamento delle relazioni geologiche preliminari pregresse (afferenti i singoli plessi scolastici Nazario Sauro e Giovanni Cappellini), a supporto della progettazione esecutiva dell'adeguamento statico-sismico dell'intero plesso scolastico, vedi TAV.1.

Nella fattispecie le relazioni preliminari prese in esame riguardavano i progetti:

- "progettazione preliminare di carattere strutturale ed attività connesse relative ad adeguamento statico-sismico allo stato limite di salvaguardia della vita umana (SLU) ex DM 14/01/2008 dell'edificio scolastico provinciale denominato N. Sauro sito in La Spezia – Viale Italia": **R.T.P. Ing. Stefano Pasquali (mandatario etc.) anno 2010**
- "progetto preliminare relativo all'adeguamento sismico dell'istituto scolastico G. Cappellini": **R.T.P. Prof. Ing. Paolo Riva e C, anno 2009.**

Analizzando la documentazione disponibile risulta che il complesso dei laboratori e palestre affacciante su via A. Saffi, ed il fabbricato I.T.I.S. non risultavano investigate con specifiche prove pertanto nel paragrafo metodologia vengono dettagliate le prove in situ integrative previste per ottenere una miglior distribuzione delle informazioni stratigrafiche e geotecniche.

Per la stesura del presente rapporto sono state prese in considerazione le prescrizioni del DM 17.01.2018 (capitolo 6 – progettazione geotecnica) nonché della circolare esplicativa n. 7 del 21.01.2019.

Per la caratterizzazione sismica del terreno sono stati considerati sia in DPCM 3274/03 che il successivo OPCM 3519/06, la conseguente DGRL di recepimento n. 1308 del 24.10.2008, nonché la DGR n 1362 del 19.11.2010. ( e L.R 50/2012).

In merito al Piano di Bacino per l'ambito 20 Golfo della Spezia l'area pianeggiante di intervento ricade in Pg0 a suscettività al dissesto molto bassa.



Nel piano di cui sopra, per tale classe di suscettività al dissesto, si demanda alla normativa geologica d'attuazione dello strumento urbanistico, la definizione della suscettività al dissesto e la definizione delle modalità tecnico-esecutive dell'intervento, affinché quanto progettato non aggravi le eventuali condizioni di stabilità del versante oppure lo stesso intervento subisca gli effetti deformativi e di rottura dei terreni di fondazione.

Viste le "norme geologiche d'attuazione" del P.U.C. 2003 del Comune della Spezia, la struttura edilizia complessiva del plesso scolastico eccede i 5000 mc, pertanto ricade nella categoria IVb "grandi opere".

La superficie pianeggiante su cui insiste il manufatto in progetto è classificata, nella carta di suscettibilità d'uso, come a "suscettibilità condizionata- pericolosità media-

“C1”, come visibile nello stralcio cartografico che segue e solo in una piccolissima parte orientale in C1A3 per la possibilità di fenomeni di alluvionamento e/o ristagno.



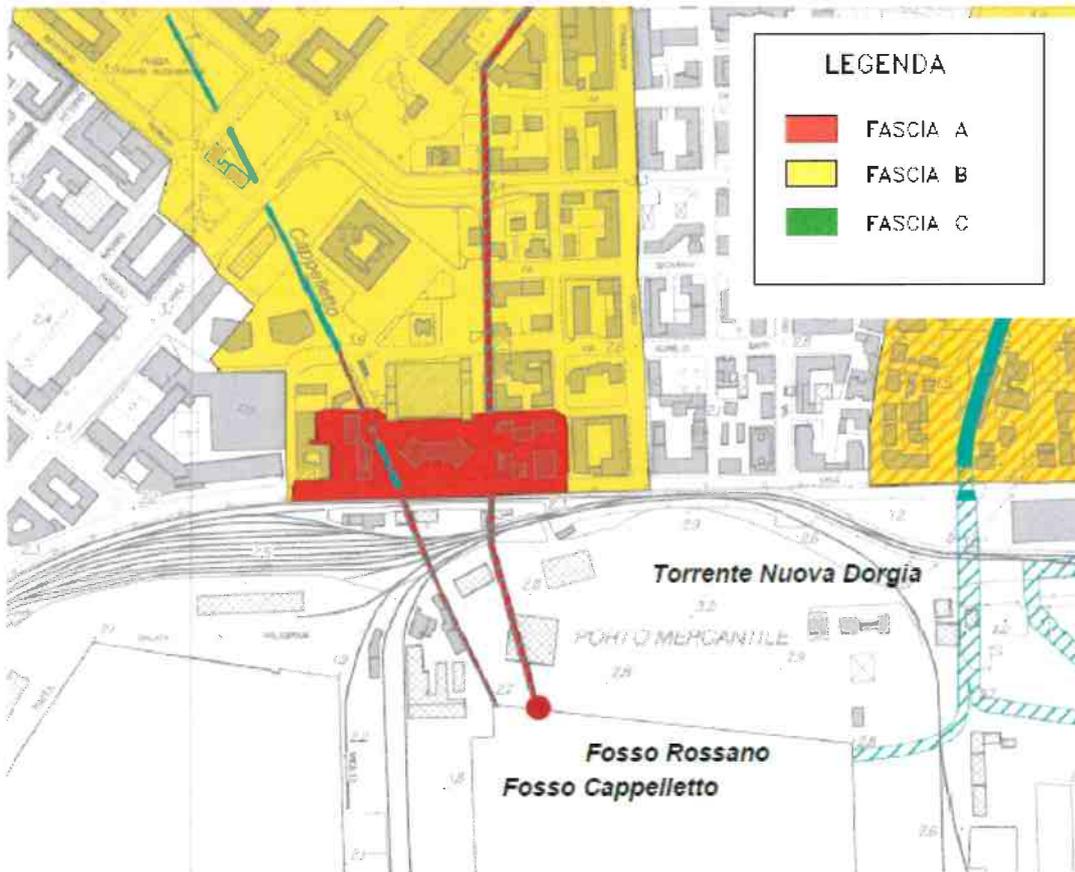
Suscegnibilità		
 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio - PERICOLOSITÀ: medio - - CLASSE: A	 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio-alta - PERICOLOSITÀ: medio - - CLASSE: B	 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio-alta - PERICOLOSITÀ: medio - - CLASSE: C
 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio-alta - PERICOLOSITÀ: medio - - CLASSE: C1 CARATTERISTICA	 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio-alta - PERICOLOSITÀ: medio - - CLASSE: C2	 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio-alta - PERICOLOSITÀ: medio - - CLASSE: C3 CARATTERISTICA
 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio-alta - PERICOLOSITÀ: medio - - CLASSE: C3	 SUSCEGNIBILITÀ DI TIPO: medio-alta - PERICOLOSITÀ: alta - - CLASSE: D	 Spazio
 zona ridotta		

Le norme geologiche d’attuazione prevedono per la classe in questione ed in base al tipo costruttivo, le indagini del modo 5/a.

Queste comprendono, nella fase di progetto, la stesura di una relazione geologico-  
 tecnica esecutiva di 2° livello, quindi nella fase di realizzazione una indagine esecutiva  
 di 3° livello alle indagini geognostiche di tipo completo, oltre alla relazione geologica  
 di fine lavori e collaudo.

In merito agli aspetti idraulici, dal Piano di Bacino per l’ambito 20 Golfo della Spezia,

risulta che l'area viene lambita dalla esondazione dei torrenti Rossano e Cappelletto, che spinge la sua fascia di inondabilità (fascia B a Tr 200 anni di cui alla tavola 6 del PAI suddetto) alla sola via A. Saffi, nella parte orientale del plesso scolastico.



## 2. METODOLOGIA E FINALITA' DELLO STUDIO

La metodologia per l'espletamento delle indagini è stata articolata secondo le seguenti fasi:

- Reperimento di prove in situ delle precedenti progettazioni preliminari di cui:
  - 1 stesa sismica masw (Dott. Geol. Marco Zanicchi: anno 2010)

- 3 prove penetrometriche dinamiche DPM (Dott. Geol. Marco Zanicchi: anno 2010)
- 2 prove penetrometriche pesanti DPSH fornite dall'Amministrazione Provinciale effettuata in occasioni di lavori per la prevenzione incendi (Dott.ssa Geol.Roberta Giorgi: Geolink anno 2009);
- Sondaggi geognostici S3 ed S5 a carotaggio continuo eseguiti nel 1970 dalla società Geotec per la costruzione del palazzo di giustizia, il secondo dei due ubicato nell'angolo meridionale dell'area della costruzione (profondità raggiunta 27 m dal p.c.)
- Esecuzione di specifiche prove integrative nella parte sud orientale dell'area (fabbricati Istituto Cappellini) consistenti in 1 prova DPSH spinta a 15 m dal p.c. e n. 3 tentativi arrestatisi in superficie alle profondità di 1.60, 2.00 e 2.00 m dal p.c. per la presenza di un orizzonte di riporto molto addensato e non superabile dalla punta del penetrometro dinamico (nonostante il preforo fatto realizzare nella buca del salto in lungo dalle maestranze della Amministrazione Provinciale).
- elaborazione dei risultati delle prove e considerazioni conclusive.

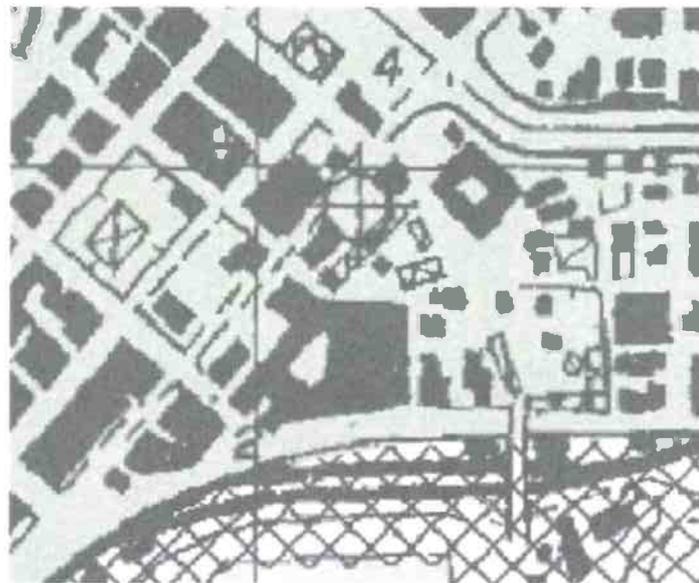
Tale articolazione è finalizzata alla valutazione della compatibilità geoambientale dell'intervento in progetto, andando a sviluppare il modello geologico, come previsto dal DM 17.01.2018, geotecnico sino a giungere alle definizioni degli aspetti sismici e la relativa classificazione sismica del suolo.

### **3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA**

I sedimenti della piana di Spezia sono costituiti da depositi di origine marina, fluviale e lacustre.

La componente marina è costituita da litofacies prevalentemente sabbiose con frazioni argillose e limose con scarsi ciottoli di natura calcarea o arenacea, i depositi fluviale sono caratterizzati da granulometria variabile da ghiaia ad argilla con ciottoli subarrotondati la componente lacustre è invece caratterizzata da sedimenti limo-sabbiosi argillosi con frequenti livelli torbosi.

Dalla carta geologica “Sarzana” tavoletta n 248.1 è stato fatto un estratto a scala 1:5.000:



DEPOSITI OLOCENICI

Olocene	}	a		<b>Depositi di frana</b> Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo di età recente.
		a <sub>1</sub>		<b>Depositi di frana antica</b> Accumulo gravitativo di materiali eterogenei ad età antica.
		b <sub>1</sub>		<b>Coltri eluvio colluviali</b> Coperture del rilievo dovute ad alterazione in situ e, in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice poltica e/c sabbiosa.
		b		<b>Depositi alluvionali dei corsi d'acqua attuali</b> Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi accumulati lungo le principali aste fluviali o torrentizie, soggetti ad evoluzione degli stessi i processi fluviali.
		b <sub>n-1</sub>		<b>Depositi alluvionali terrazzati</b> Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi. I terrazzi sono numerati, in ordine crescente, a partire dal più recente (b <sub>1</sub> ). I depositi dei terrazzi più vecchi (b <sub>n-1</sub> ) sono debolmente riciclati.

I terreni sono classificati come bn1 depositi alluvionali.

Per ricostruire la situazione litostratigrafica locale si sono effettuate una serie di indagini specifiche integrative oltre a valutare il materiale messo a disposizione della Committenza.

La caratterizzazione dei terreni interessati dai fabbricati del plesso scolastico viene ricavata dalle indagini più significative (in termini di profondità raggiunte) a nostra disposizione, che consistevano in 3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti, raffrontate con i risultati delle prove DPM e della MASW. Per gli orizzonti più profondi il raffronto è stato fatto con il log stratigrafico del sondaggio S3 eseguito al centro dell'area oggi occupata dal Palazzo di Giustizia (studio geologico GEOTEC 1970) riportato in allegato.

Dall'elaborazione delle prove suddette e dai sondaggi S3 e S5 (per l'ubicazione si veda la tavola 2), si può ricostruire un modello geologico suddiviso nei seguenti strati (vedi sezioni di tavola 3):

- **Strato A:** da 0.00 a -1.80/3.50 m da p.c., costituito da **Ripporto prevalentemente sabbioso e ghiaioso** (nella prova DPSH2-2020 eseguita nell'aiuola la parte superficiale è rappresentata da suolo vegetale). Le prove DPSH1, DPSH3 e DPSH4 (2020) si sono arrestate entro l'orizzonte di riporto a profondità inferiori a 2.00 m dal p.c.;
- **Strato B:** da -1.80/3.50 a -7.30 m da p.c., costituito da **Sabbie limose sciolte con intercalazioni argillose e livelli torbosi**;
- **Strato C:** da -7.30 a -13.00 m da p.c., costituito da **Sabbie debolmente limose** prevalenti mediamente addensate con rari livelli di ghiaietto;
- **Strato D:** da -13.00 a -15.00 m da p.c., costituito da **Sabbia limosa debolmente argillosa** addensata;
- **Strato E:** da -15.00 a -20.00 m da p.c., costituito da **Argille prevalenti debolmente sabbiose** mediamente consistenti con livelli torbosi;

- **Strato F:** da -20.00 a -26.00 m da p.c., costituito da **Argille prevalenti consistenti;**
- **Strato G:** oltre -26.00 m da p.c., costituito da **ghiaie e ciottoli di arenaria;**

Il livello idrico della falda locale risulta molto variabile in ragione del periodo di misura: infatti nel 2010 le prove, eseguite nel Plesso N. Sauro, evidenziavano (a fine estate ) un livello idrico a -3.00 m dal p.c. mentre le prove eseguite all'inizio del 2020 indicavano un livello idrico non veniva intercettato sino a 2.00 m dal p.c. (tentativi vari nella buca del salto in alto del cortile centrale). Altresì nella prova 2 eseguita nell'aiuola all'ingresso del plesso ITIS su Via G. Doria, nell'ambito delle stesse prove integrative, il livello idrico a fine prova si stabilizzava a -1.40 m dal p.c. indicando un debole artesianesimo nella falda contenuta nei livelli sabbiosi inferiori.

#### **4. INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA - (METODOLOGIA MASW)**

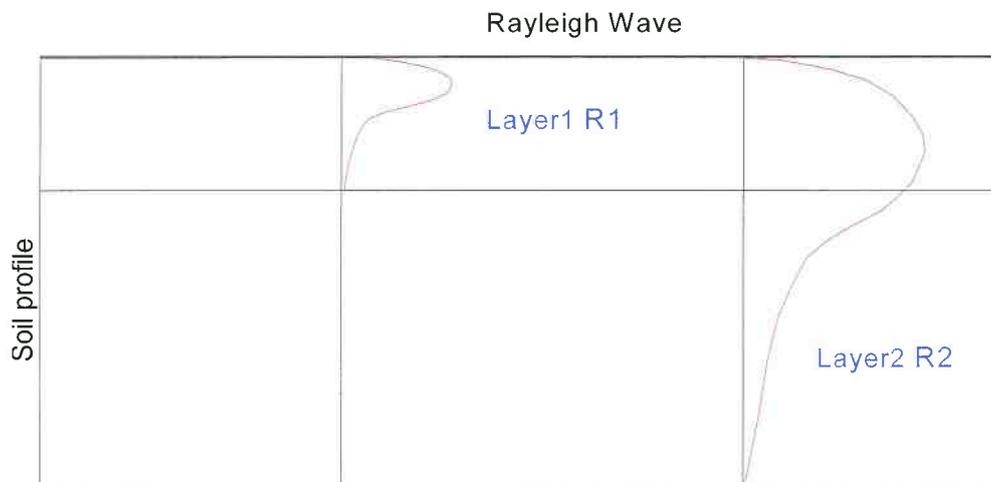
Le MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono una metodologia d'investigazione che permette di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali.

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidità e ai parametri elastici dei suoli attraversati.

E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive cioè, le alte frequenze e quindi con lunghezze d'onda corta, si propagano

prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere sia *attiva* che *passiva* o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra 5 e i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Dall'utilizzo del metodo passivo invece si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto quelli più superficiali.

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo Bison 9024 DIFP consente la rappresentazione degli impulsi sismici mediante stampa su carta termica e visualizzazione su PC tramite un apposito programma; le onde vengono registrate simultaneamente su 24 geofoni e risulta possibile sommare fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore;
- Geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, e relativo cavo di collegamento a 24 fili;
- Energizzazione con mazza battente o cannoncino minibang

La procedura elaborativa, che prevede l'utilizzo del programma è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Acquisizione dei dati trasformazione in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dati (sorgente – ricettori)
- (Encoding Field Geometry Field Setup)
- Generazione dell'immagine di dispersione (Analysis Dispersion Overtone)
- Estrazione della curva di dispersione (Curve extraction)
- Inversione (Analysis inversion)
- Estrazione del profilo delle velocità in onde S (S-Velocity Vs Profile)

In generale i sistemi di elaborazione dati prevedono una prima azione in cui si esegue il calcolo delle velocità di fase apparente sperimentale (curva di dispersione). Al termine della prima parte si passa al calcolo della velocità di fase apparente numerica corrispondente al modello di suolo assegnato attraverso una procedura manuale o automatica.

Infine si estrapola il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Dai dati rilevati si riscontra che le  $V_{s30}$  è di **346,04 m /s** pertanto i terreni sono classificati in categoria C. La prova MASW, reperita in bibliografia, raffrontando i valori di velocità  $V_s$  ottenuti nei vari strati risulta coerente con quanto emerso dalle prove penetrometriche più prossime e dai sondaggi.

## **5. CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI**

Per l'attribuzione dei caratteri fisici e meccanici ai terreni investigati, sono state utilizzate le informazioni ottenute dalle prove penetrometriche DPSH (controllate con i risultati della DPM3 più profonda e dalle prove di laboratorio eseguite sui sondaggi del 1970 per la costruzione del Palazzo di Giustizia), in base alla resistenza offerta dai terreni stessi alla penetrazione della punta conica; tale dato, espresso dal numero di colpi necessari all'avanzamento della punta ogni 10 o 20 cm ( a seconda del tipo di prova), consente, attraverso opportune approssimazioni, l'impiego delle numerose correlazioni dello Standard Penetration Test con i parametri di resistenza al taglio, di densità relativa e di deformabilità. Per gli orizzonti più profondi "E", "F" e "G" i parametri orientativi derivano dalla media dei risultati di prove di laboratorio eseguite nell'ambito dei sondaggi del Palazzo di Giustizia sopracitati.

I terreni locali, almeno sino alla profondità di circa 15 m dal p.c., hanno palesato caratteristiche prevalentemente incoerenti.

E' stato utilizzato per l'interpretazione dei test l'approccio statistico previsto dal Nuovo Testo Unico sulle Costruzioni (14.01.2008) volto a determinare il valore caratteristico  $R_k$  dei parametri di resistenza al taglio e compressibilità. E' stato infatti determinato il "frattile 5%" (ossia quel valore che ha solo il 5% di probabilità di essere minorato), per i parametri relativi alla resistenza al taglio ed al peso di volume.

Questo é derivante dalla nota formula;

$$R_k = R_m - 1.645\sigma$$

Ove:

R<sub>k</sub> = valore caratteristico della resistenza

R<sub>m</sub> = valore medio del parametro di resistenza considerato

-1.645 coefficiente valido per il 5% percentile di una distribuzione gaussiana

σ = deviazione standard del campione

Per quanto riguarda il modulo E<sub>s</sub> il T.U non impone la scelta del frattile 5%, bensì il frattile 50% (corrispondente al valore della mediana), tale valore è stato determinato nei calcoli.

Va preventivamente specificato che i valori del numero di colpi delle varie prove DPSH sono stati corretti in ragione del coefficiente caratteristico dell'attrezzatura penetrometrica super pesante utilizzata per la prova.

Per quanto riguarda le prove DPM reperite in bibliografia è stata verificata la rispondenza dei risultati del test penetrometrico eseguito N<sub>DL030(10)</sub> con il valore di N<sub>SPT</sub> secondo le seguenti relazioni:

I diagrammi riportati nelle figure successive evidenziano una corrispondenza media fra il numero di colpi N <sub>SPT</sub> per infissioni di 30 cm e il numero di colpi N <sub>DL030</sub> per infissioni di 10 cm. In pratica:		
$0,7 - 0,8 N_{SPT(30)} \leq N_{DL030(10)} \leq 1,2 N_{SPT(30)}$		
ed in particolare sono evidenti le seguenti relazioni:		
terreni prevalentemente coesivi		
$0,7 \div 0,8 N_{SPT(30)} \leq N_{DL030(10)}$	per	$8 \leq N_{DL030} \leq 14$
$0,8 - 1,0 N_{SPT(30)} \leq N_{DL030(10)}$	per	$14 \leq N_{DL030} \leq 18$
terreni prevalentemente incoerenti		
$0,95 \div 1,0 N_{SPT(30)} \leq N_{DL030(10)}$	per	$8 \leq N_{DL030} \leq 15$
$1,0 \div 1,2 N_{SPT(30)} \leq N_{DL030(10)}$	per	$15 \leq N_{DL030} \leq 30$

Che portano per i terreni sin questione a definire la relazione N<sub>DL030</sub>=N<sub>Spt</sub> come quella più ragionevole.

I valori di angolo d'attrito ottenuti delle varie prove sono stati mediati tra quanto risultava dai diagrammi di:

De Mello, 1971

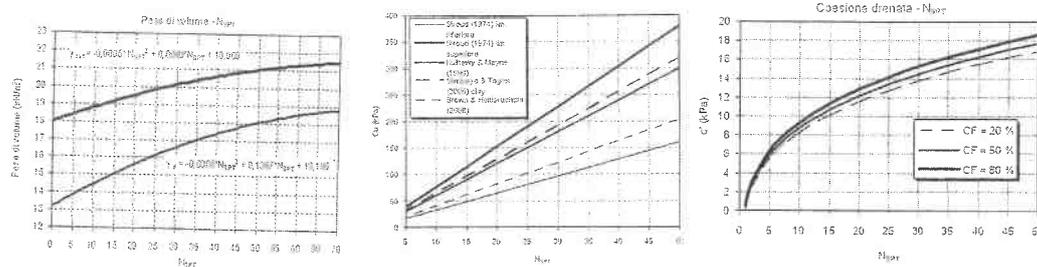
Road Bridge Specification 1982

Japanese National Railway 1982

Peck, Hanson, Thornburn

In merito alla deformabilità per la determinazione del modulo è stato utilizzato il diagramma di Schultze e Menzenbach 1961 e Farrent per le varie prove. E' bene precisare che il parametro di deformabilità in questione, essendo calcolato da SPT, risulta assimilabile più ad un modulo di deformazione non drenato ( $E_u$ ), in quanto la prova penetrometrica dinamica genera una sollecitazione e di conseguenza provoca la rottura del terreno, in tempi rapidi, non consentendo la completa dissipazione delle pressioni interstiziali, sebbene per la natura dei terreni sia ipotizzabile un comportamento prevalentemente drenante.

Per la determinazione del modulo edometrico  $E_{ed}$  si sono considerate le relazioni di Menzenbach, Farrent e Malcev, mentre per la definizione di parametri quale la coesione efficace e apparente ed il peso di volume si è fatto uso di diagrammi contenuti nel testo "stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata" F. Roccaforte e C. Cucinotta D. Flaccovio Editore di seguito prospettati:



Per la determinazione della  $C_u$  si è utilizzata la relazione di Kulahawy e Mayne 1990 indicata per i terreni a grana fine con scarsa componente argillosa, così come per la determinazione della  $c'$  un percentuale di fine del 20-30%.

I parametri caratteristici ottenuti dalla varie prove condotte così come quelli derivanti dalle prove di laboratorio sono stati nuovamente mediati tra loro per ottenere il valore caratteristico medio dell'orizzonte.

I parametri caratteristici a seconda dell'approccio progettuale previsto devono essere ridotti secondo un coefficiente parziale differente a seconda che si usino le diverse combinazioni dell'approccio 1 (DA1-Comb.1 =M1 oppure DA1 – Comb.2= M2) o la sola combinazione dell'approccio 2 ( DA2 = M1). Pertanto si prospettano nel seguito i parametri corrispondenti ai due approcci come da tabella 6.2II delle NTC.

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_s$	$\gamma_\varphi$	1.0	1.25
Coestione efficace	$c'_s$	$\gamma_c$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$C_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0

## CONSUNTIVO DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI M1

PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	ORIZZ. A	ORIZZ. B	ORIZZ. C	ORIZZ. D	ORIZZ. E	ORIZZ.F
Spessore strato	m	0.00- 1.80/3.50	1.80/3.50- 7.30	7.30-13.00	13.00-15.00	15.00-20.00	20.00-26.00
$\gamma_K$ coeff. rid. 1.0	T/mc	1.81	1.77	1.79	1.89	2.1	1.9
$\varphi_K$ coeff. Rid. 1.0	(°)	30	26.3	28.3	29.5	6	40
$C'_k$ coeff. Rid. 1.0	Kg/cmq	0.09	0.095	0.08	0.25	0.5	0.52
$C_{uk}$ coeff. Rid 1.0	Kg/cmq	0.63	0.42	0.55	2.0	>2.0*	0.01*
Esk	Kg/cmq	250	133	169	354	>400*	>500*
Eedk	Kg/cmq	148	53	81	222	>350*	>400*

(\*) PARAMETRI STIMATI SU DIVERSE LITOLOGIE DA DATI BIBLIOGRAFICI A MAGGIORE SCALA

## CONSUNTIVO DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI PER M2

PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	ORIZZ. A	ORIZZ. B	ORIZZ. C	ORIZZ. D	ORIZZ. E	ORIZZ.F
Spessore strato	m	0.00-1.80/3.50	1.80/3.50-7.30	7.30-13.00	13.00-15.00	15.00-20.00	20.00-26.00
$\gamma_K$ coeff. rid. 1.0	T/mc	1.81	1.77	1.79	1.89	2.1	1.9
$\phi_K$ coeff. rid. 1.25 su $\tan\phi_K$	(°)	24.7	21.6	23.3	24.3	4.9	33.9
C'k coeff. rid. 1.25	Kg/cmq	0.072	0.076	0.064	0.20	0.4	0.416
Cuk coeff. Rid. 1.4		0.45	0.3	0.39	1.43	>1.43	0.007
Esk	Kg/cmq	250	133	169	354	>400*	>500*
Eedk	Kg/cmq	148	53	81	222	>350*	>400*

### 6. INDICAZIONI RICAVABILI DALLE MASW

Le MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) partendo dalla misurazione delle velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  oltre che la classificazione del terreno possono dare indicazione sulle caratteristiche dei materiali attraversati e della stratificazione del terreno investigato.

In particolare dal grafico della velocità delle  $V_s$  allegato analizzando le velocità caratteristiche degli strati individuati fino ai 30 m di profondità si rileva che :

- il valore di velocità di parte dell'orizzonte B più sciolto e geotecnicamente scadente trova riscontro anche nella masw, mostrando il minor valore di velocità delle onde SH (circa 150 m/s);
- i valori sino alla profondità di 9.50 mostrano velocità simili ed inferiori a 300 m/s (orizzonti A+B+C+D della ricostruzione stratigrafica);
- dopo il valore delle  $V_s$  aumenta mantenendosi su valori prossimi a 500 m/sec con un picco di crescita tra circa 16 e 20 m a poco più di 600 m/sec); visto lo spessore modesto di tale picco tutto lo spessore da 9.50 a 30.00 m dal p.c. è stato assegnato ad un unico orizzonte

Pertanto sostanzialmente conferma l'andamento rilevato dalle altre prove .

In termini di amplificazione sismica, ossia il rapporto fra lo scuotimento sismico valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A, utilizzando la relazione di Midorikawa 1987 modificata da Riga (2008), di solito utilizzata per la definizione delle carte di pericolosità, che cita:

$$Fa \text{ (fattore di amplificazione sismica)} = 68 * V_{S30} \exp^{-0.63}$$

si ottiene un valore di Fa di 1.709.

## **7. COMPORTAMENTO DEI TERRENI IN PROSPETTIVA SISMICA**

In merito alle verifiche in condizioni dinamiche si puntualizza che l'Ordinanza 3274 del Consiglio dei Ministri pubblicata in data 20.03.2003, nonché la successiva deliberazione di ratifica della Giunta Regionale della Liguria), l'OPCM 3519/2006 (affidente i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone) e la DGR della Liguria n 1308 del 24.10.2008 di recepimento e di nuova classificazione sismica del territorio regionale, classifica il territorio del Comune della Spezia come in zona sismica 3.

Stante la categoria C di suolo di fondazione deve essere calcolato prima il valore della accelerazione massima prevista per il sito in esame partendo dal valore di  $a_{g(A)}$  massimo per il terreno di tipo A ed introducendo i coefficienti riduttivi (stratigrafico e topografico)  $S_s$  e  $S_T$ , secondo la formula:

$$a_{\max(\text{classe corrispondente})} = S_s * S_T * a_{g(A)}$$

Trattandosi della piana di Spezia il coefficiente  $S_T$  è pari a 1.

Per quanto riguarda il coefficiente stratigrafico la normativa DM 17.01.2018 richiede che siano definiti per primo la vita nominale dell'opera (ossia in numero di anni per i quali questa viene usata con questa destinazione d'uso). Trattandosi di una scuola la classe d'uso è la III con coefficiente di utilizzo  $C_u = 1.5$ . Da tale valore di può ricavare il valore del periodo di riferimento sismico  $VR = VN * C_u$ . Pertanto il valore di VR risulta pari a 75 anni.

Tabella C.3.2.L.- Valori di  $T_R$  espressi in funzione di  $V_R$

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$ al variare del periodo di riferimento $V_R$
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(^{\dagger}) 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultima (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni} (^{\dagger})$

In funzione delle coordinate geografiche del punto di intervento espresse in WGS84 corrette con ED 50

Long. 9,83555

Lat. 44,1121

Dal foglio elettronico del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Spettri NTC. Xsl ver. 1.0.3" e dall'applicativo di Geostru "Parametri Sismici" si ottengono i valori per i diversi stati limite specifici per il sito in questione:

	SLO	SLD	SLV	SLC
Tr (anni)	45	75	712	1462

Ag (g)	0.048	0.059	0.143	0.182
Fo	2.523	2.544	2.390	2.383
Tc (s)	0.239	0.259	0.295	0.304

	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
Ss	1.50	1.50	1.49	1.44
Cc	1.68	1.64	1.57	1.56
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Kh	0.015	0.018	0.051	0.063
Kv	0.007	0.009	0.026	0.031
Amax	0.711	0.867	2.090	2.568
Beta	0.20	0.20	0.24	0.24

Trattandosi di sedimento alluvionale (parleremo in seguito dell'aspetto liquefazione), con spessore presumibilmente superiore a 30 (fino a 30 m dal p.c. in posizione più verso monte, quale quella del Palazzo di Giustizia, nel sondaggio n.3 è stata riscontrata la presenza dei sedimenti alluvionali) con miglioramento della proprietà meccaniche con la profondità, è giustificato l'inserimento nella classe C.

Circa il calcolo della possibilità di liquefazione si devono condurre alcune considerazioni in merito alla magnitudo del sisma di progetto.

Analizzando gli studi del Prof. Eva a tempo di ritorno 200 anni per la piana della Spezia si avrebbe un valore pari a 6.5 mentre con Tr 50 anni il valore scende a 5.5 (vedi figura seguente).

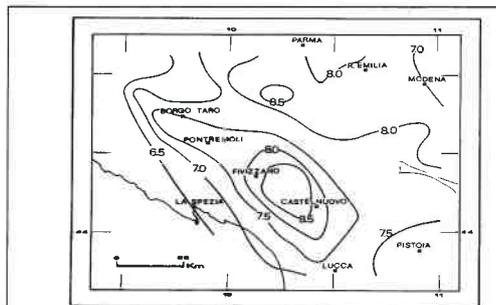


Figure 12. Expected intensity for a return period of 200 years, derived from direct statistical analysis.

Seismic Hazard in the Northwestern Apennines

239

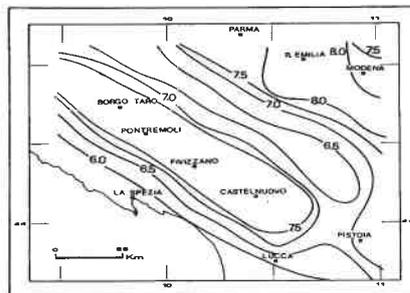
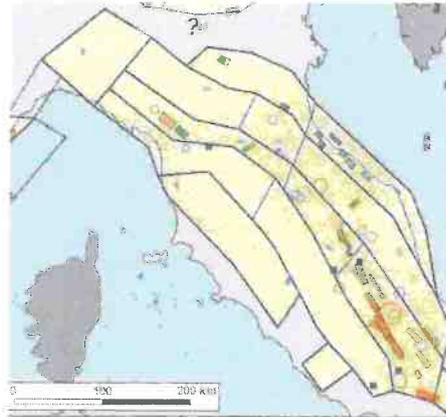


Figure 8. Expected intensity for a return period of 50 years.

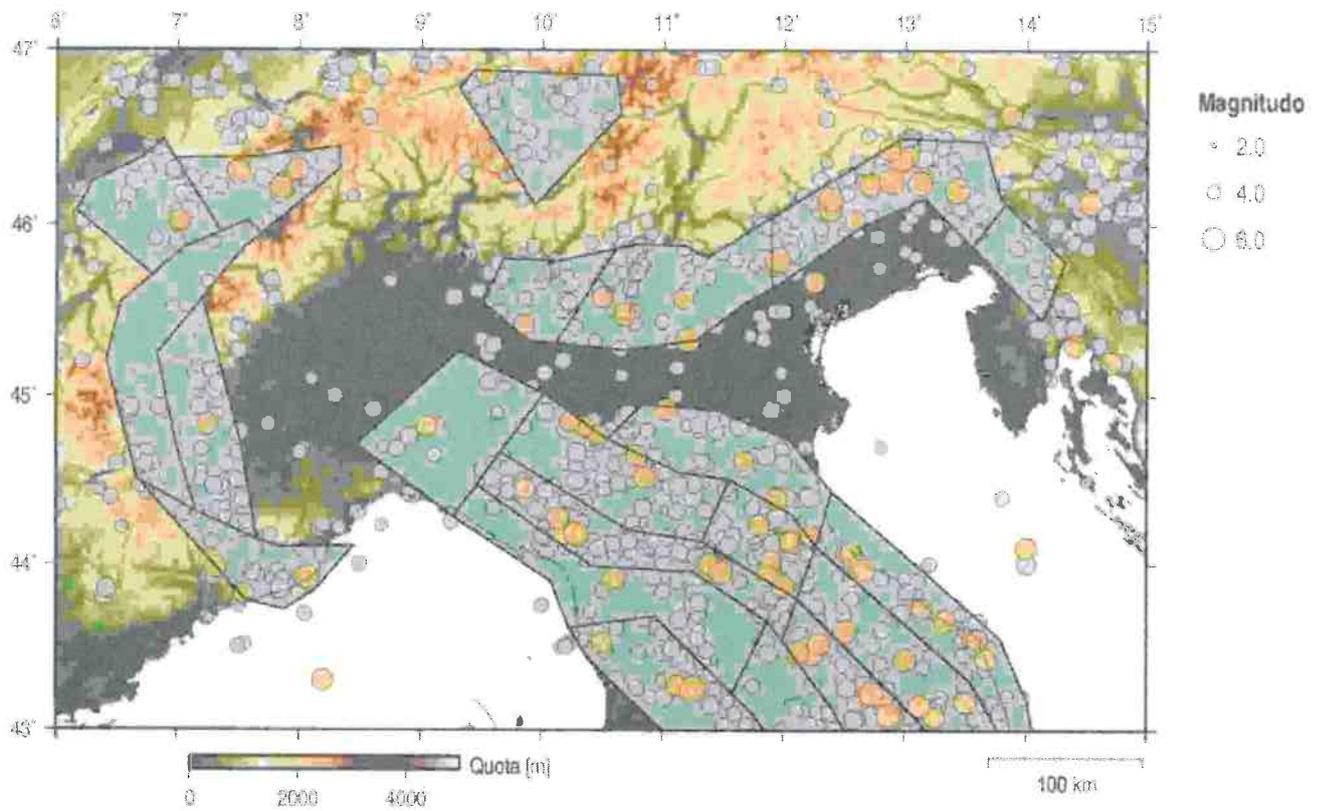
Dati più recenti ed in particolare la zonazione sismogenetica effettuata nel 2004 (ZS9) la zona risulta definita come 916, coincidente con i settori in distensione tirrenica caratterizzata da sismicità di bassa energia, che sporadicamente può raggiungere valori di magnitudo relativamente elevati .



Se analizziamo inoltre la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche si vede che non sono ubicate nell'area di studio.



Se analizziamo infine la geometria delle sorgenti sismiche, si nota che nell'area di studio si hanno sorgenti tutte a magnitudo inferiore a 5.4 Ms,



(in arancione eventi con  $M_s > 5.4$ )

Anche in questo caso si osserva che il valore di magnitudo desunto dal Prof. Eva per Tr 200 anni risulta troppo elevato.

Stante il fatto che nell'ordinanza 3274/03 non si fa riferimento al valore di magnitudo da applicare nei calcoli, è maggiormente ragionevole l'applicazione di un valore intermedio tra quello suddetto (6 Ms) ed il valore massimo registrato in serie storica dai dati soprariportati (magnitudo 5.4); si è quindi utilizzato il valore di magnitudo 6.0 che, peraltro, rappresenta il limite per la possibilità di liquefazione (la liquefazione è praticamente impossibile con magnitudo inferiore a 6 Ms).

Utilizzando la relazione di Andrus&Stokoe 1997 in base al valore delle Vs e della percentuale di fine contenuto nei terreni dei singoli strati, risulta un indice di liquefazione molto basso (vedi allegato a fine testo)

Va ricordato che nelle NTC2018 rispetto alle precedenti del 2008, per la definizione dell'azione sismica relativa alle categorie di sottosuolo e condizioni topografiche, sono state fornite diverse definizioni per le categorie di sottosuolo B, D ed E, e sono state cancellate le classi S1 e S2.

Infatti, per la definizione della classe di suolo, con le NTC2018, la velocità equivalente delle onde di taglio è riferita all'intero volume significativo di terreno e non più ai soli primi 30 metri e non sono più ammesse le correlazioni tra i risultati ottenuti tramite prove in sito e la velocità delle onde di taglio.

Nel nostro caso sebbene la prova MASW presa a riferimento (rappresenti graficamente i primi 30 m di sequenza) nella realtà, vista la possibilità avuta di allungare lo stendimento in maniera tale da raggiungere profondità più elevate, la stessa prova è rappresentativa di uno spessore maggiore di 30 m (quindi andando definire il valore di Vs-eq). A questo proposito prove sismiche passive su stazione singola (tromografo digitale) eseguite in aree limitrofe lungo viale San Bartolomeo, hanno mostrato uno spessore di sedimento (con Vs minore) sino ad oltre 35 m, soprastante ad uno spesso orizzonte (presumibilmente il substrato roccioso arenaceo alterato e via via più sano

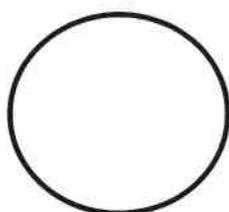
scendendo in profondità presente sino ad oltre 150 m dal p.c.) con velocità più elevata che si intuisce dalle registrazioni ottenute con la MASW poco sotto i 30 m.

Le onde di taglio a questo proposito sono state direttamente determinate e non derivano correlazioni con altri tipi di prova quali e NSPT.

**TAV. 1**

## **INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

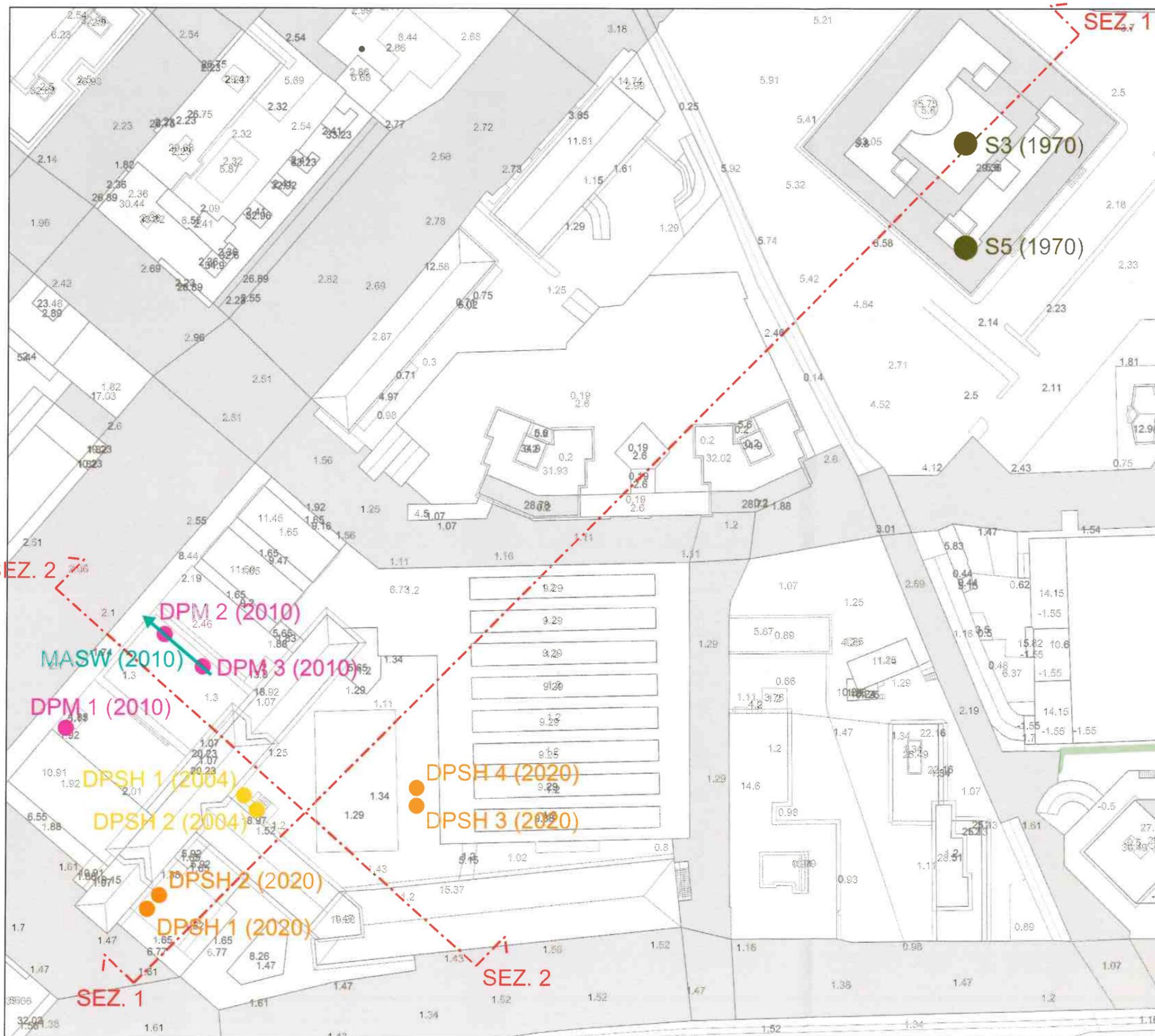
### **Legenda**



Area in studio

**SCALA 1 : 25.000**

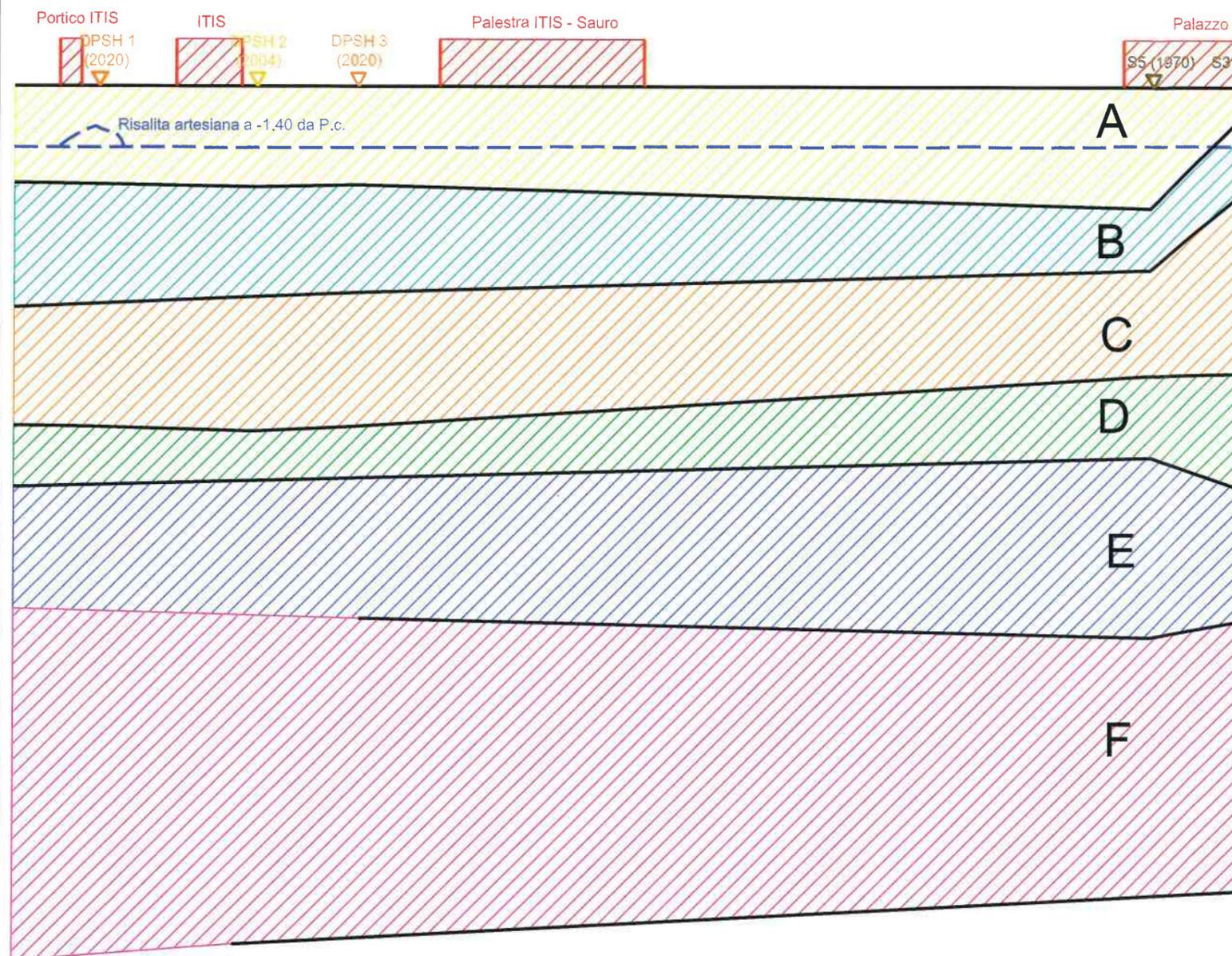




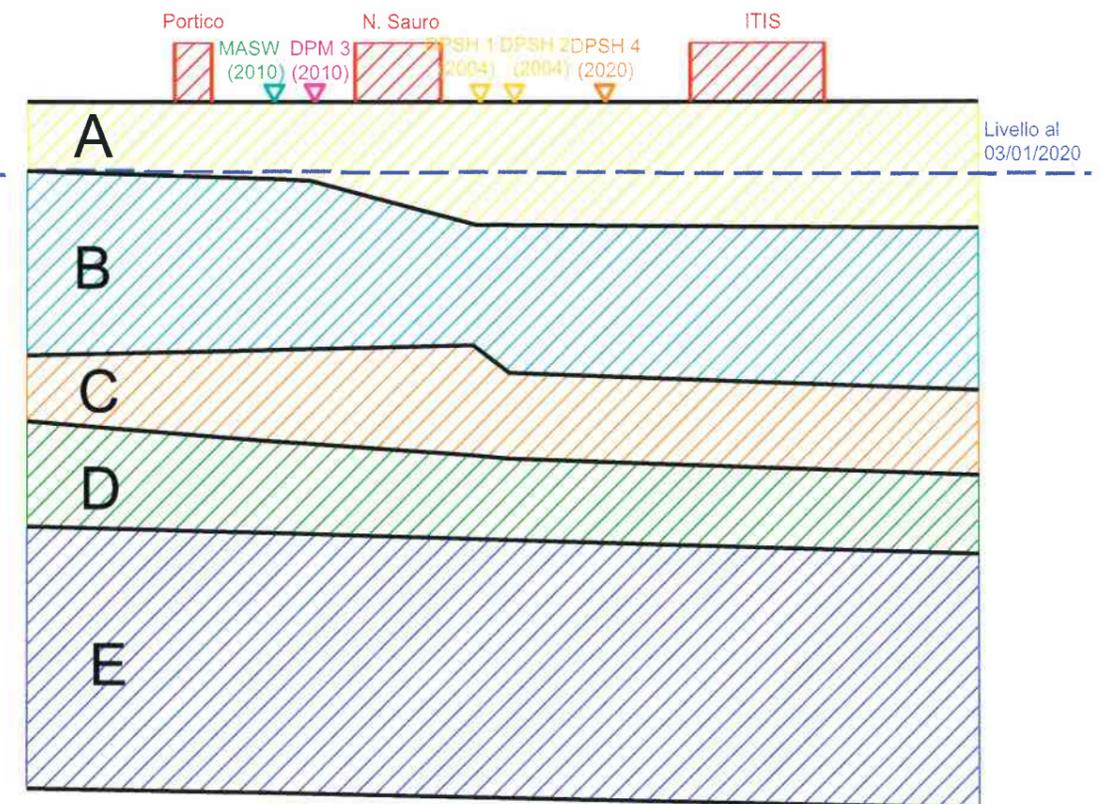
### Legenda

- S3 (1970)** Sondaggi Geotec 1970 a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati per prove di laboratorio geotecnico (progetto costruzione Palazzo di Giustizia)
- DPSH 2 (2004)** Prove penetrometriche dinamiche super pesanti Studio Associato Te Am 2004 Geolink (progetto realizzazione scala antincendio)
- DPM 2 (2010)** Prove penetrometriche dinamiche medio pesanti Studio Eptaconsult 2010 (progetto preliminare adeguamento statico-sismico edificio scolastico N. Sauro)
- MASW (2010)** Prova MASW Studio Eptaconsult 2010 (progetto preliminare adeguamento statico-sismico edificio scolastico N. Sauro)
- DPSH 3 (2020)** Prove penetrometriche dinamiche super pesanti Studio Eptaconsult 2020 (integrazione prove bibliografiche per progettazione esecutiva adeguamento statico-sismico plessi scolastici N. Sauro - G. Cappellini)
- Tracce di sezioni litostratigrafiche interpretative

**Tav. 2**  
 Carta di ubicazione delle prove  
 Scala 1:1000

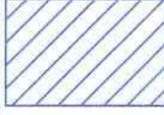


Sezione 1 - 1  
Scala X 1:1250  
Scala Y 1:200



Sezione 2 - 2  
Scala X 1:1250  
Scala Y 1:200

### Legenda

-  Strato A - Rapporto prevalente sabbioso e ghiaioso
-  Strato B - Sabbie limose sciolte con intercalazioni argillose e livelli torbosi
-  Strato C - Sabbie debolmente limose prevalenti mediamente addensate con rari livelli di ghiaietto
-  Strato D - Sabbia limosa debolmente argillosa addensata
-  Strato E - Argille prevalenti debolmente sabbiose mediamente consistenti con livelli torbosi
-  Strato G - Ghiaie e ciottoli di arenaria
-  Livello di falda al 03/01/2020

**Tav. 3**  
Sezioni litostratigrafiche  
interpretative  
Scala X 1:1250  
Scala Y 1:200



Via Giacomo Doria, 74 - 19124 La Spezia  
Tel. 0187.770500 - Fax 0187.770634  
e-mail: eptacons@tin.it

**ALLEGATI:**

- 1) *logos sondaggi Palazzo di Giustizia: Geotec anno 1970*
- 2) *diagrammi prova MASW complesso N. Sauro: Eptaconsult anno 2010*
- 3) *istogrammi prove penetrometriche DPM: Eptaconsult anno 2010*
- 4) *Istogrammi prove penetrometriche DPSH scala antincendio complesso  
N. Sauro-G.Cappellini: Geolink anno 2004*
- 5) *Istogrammi prove penetrometriche DPSH integrative: Eptaconsult anno  
2020*
- 6) *Tabulato verifica alla liquefazione metodo Andrus&Stokoe 1997*

# S T R A T I G R A F I A

LOCALITÀ: La Spezia

SONDAGGIO N. 3

COMMITTENTE: Amm. Comunale La Spezia

PERFORAZIONE: a rotazione

DEL 28/7/1970

col. strat.	descrizione	umid. nat. %	peso di vol. t/m <sup>3</sup>	ang. attr. φ°	coesione Kg/cm <sup>2</sup>	note
	Terreno di riporto					
	Sabbia					
	Sabbia con ghiaia mi.					
	Sabbia argillosa					
	Ghiaia sabbiosa					
	Sabbia fine	22,4	n.d.	n.d.	n.d.	
	Sabbia con intercalazioni di ghiaia min.					
	Sabbia ghiaiosa	22,1	1,884	40°	0,000	
	Sabbia e ghiaia min.					
	Sabbia e ghiaia minuta con residui organici					
	Argilla arenacea					
	Argilla arenacea con intercalazioni di torba	29,4	1,740	22°	0,350	
	Argilla arenacea con intercalaz. ghiaiose					
	Argilla	23,8	2,023	6°	0,525	
	Argilla arenacea con grigio con torba					
	Conchiglie arenarie fram. in sabbia					

**GEOTEC**  
 STUDIO GEOLOGICO TECNICO  
 Piazza Caduti Libertà - Tel. 2317  
 LA SPEZIA

# S T R A T I G R A F I A

LOCALITA': La Spezia

SONDAGGIO N. 2

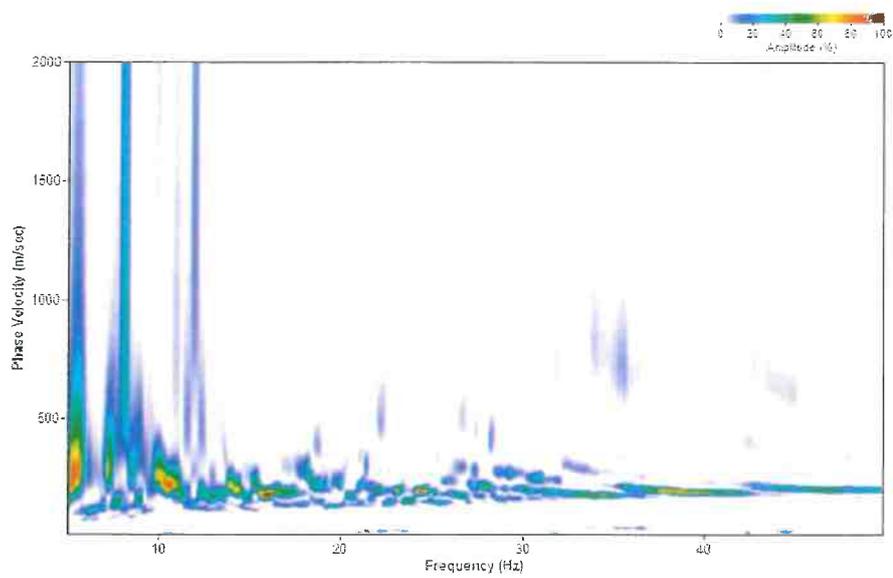
COMMITTENTE: Amm.ne Comunale

PERFORAZIONE: A Rotazione

DEL 4/8/1971

col. strat.	descrizione	umid. nat. %	peso di vol. t/m <sup>3</sup>	ang. attr. φ°	coesione Kg/cm <sup>2</sup>	...
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Terreno di riporto					
5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Sabbia Sabbia argillosa con torba	41,2	1,723	26°	0,000	
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Sabbia con intercalazioni di ghiaia					
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Sabbia argillosa con ghiaia unita a resti organici marini	34,8	1,856	28°	0,000	
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Argilla arenacea con torba					
7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Sabbia	27,4	1,935	40°	0,000	
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Argilla arenacea con ghiaia minuta					
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Argilla	23,6	2,012	6°	0,525	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Argilla arenacea con torba					

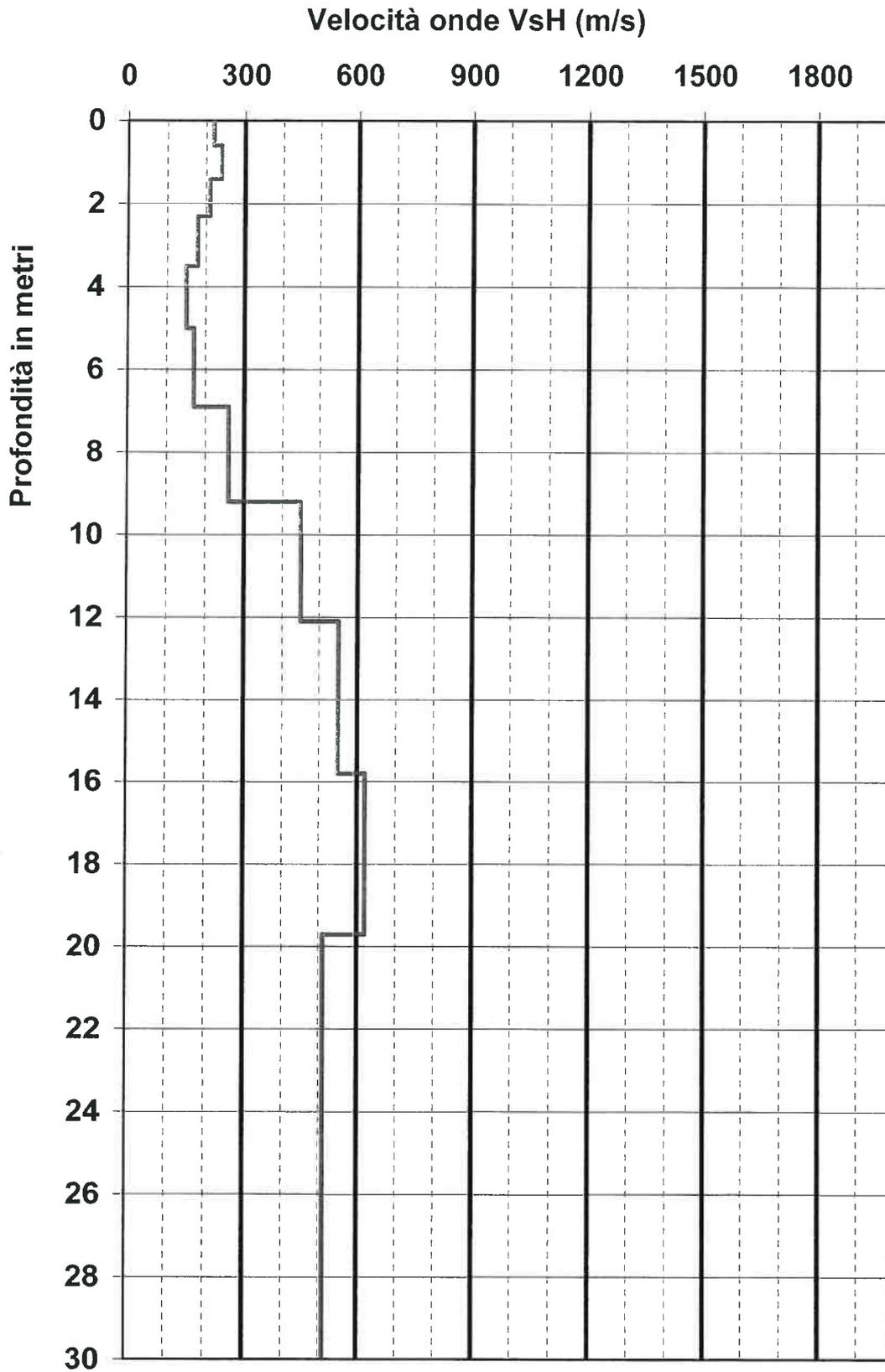
**GEOTEC**  
 STUDIO GEOLOGIA TECNICA  
 Piazza Caduti Libertà, 7 - tel. 28171  
 LA SPEZIA



Valore di V30 estrapolato = 346 m/s  
 Classe di appartenenza C secondo O.P.C.M. 3274/03

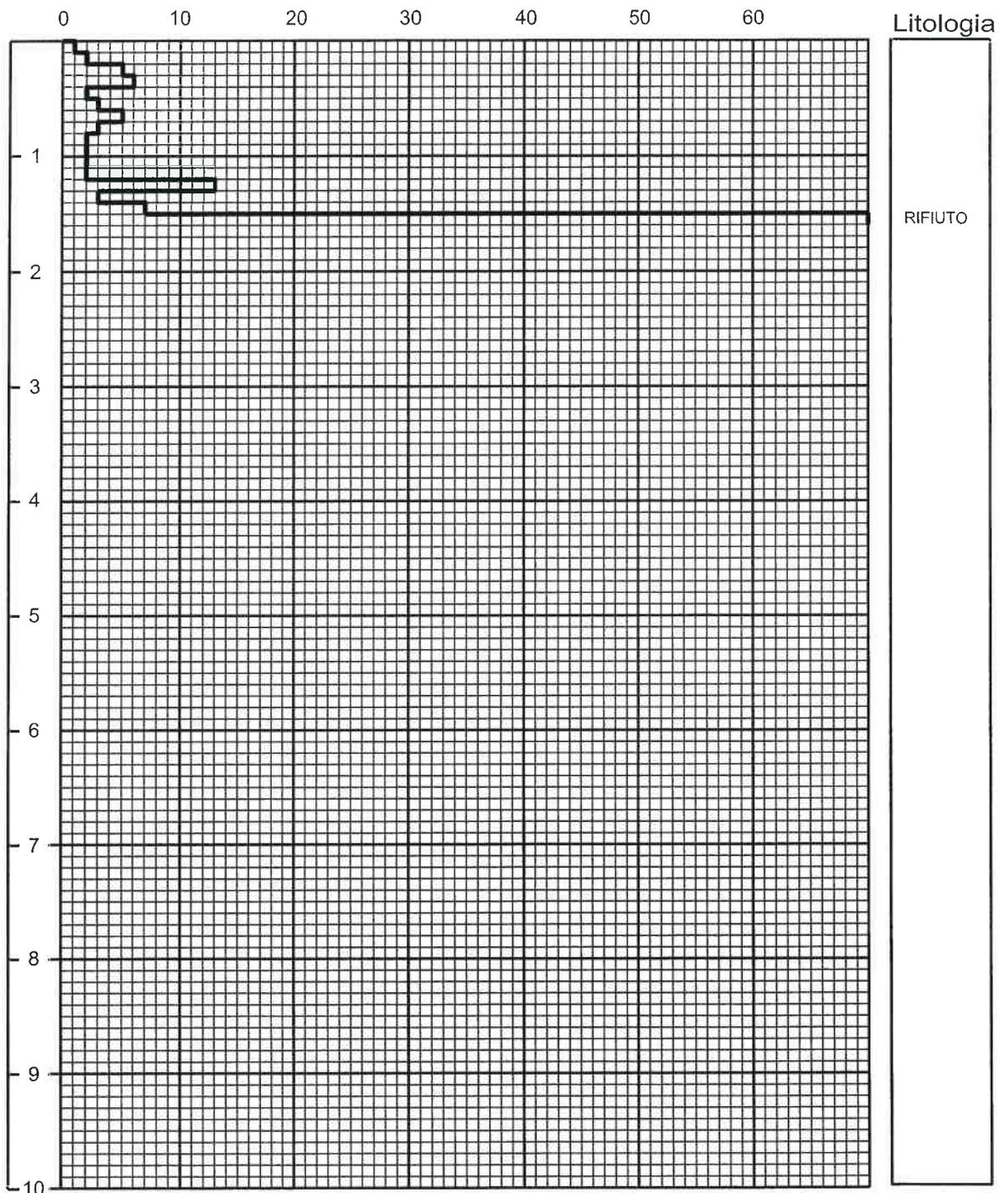
<b>INDAGINE GEOFISICA</b>	
Comune della Spezia	
Istituto "N. SAURO"	
Indagine per microzonazione sismica	
Analisi del segnale acquisito	
Aprile 2010	

Comune della Spezia  
Istituto "N. SAURO"  
Prospezione Sismica MASW  
INTERPRETAZIONE  
Grafico della velocità sismica onde S



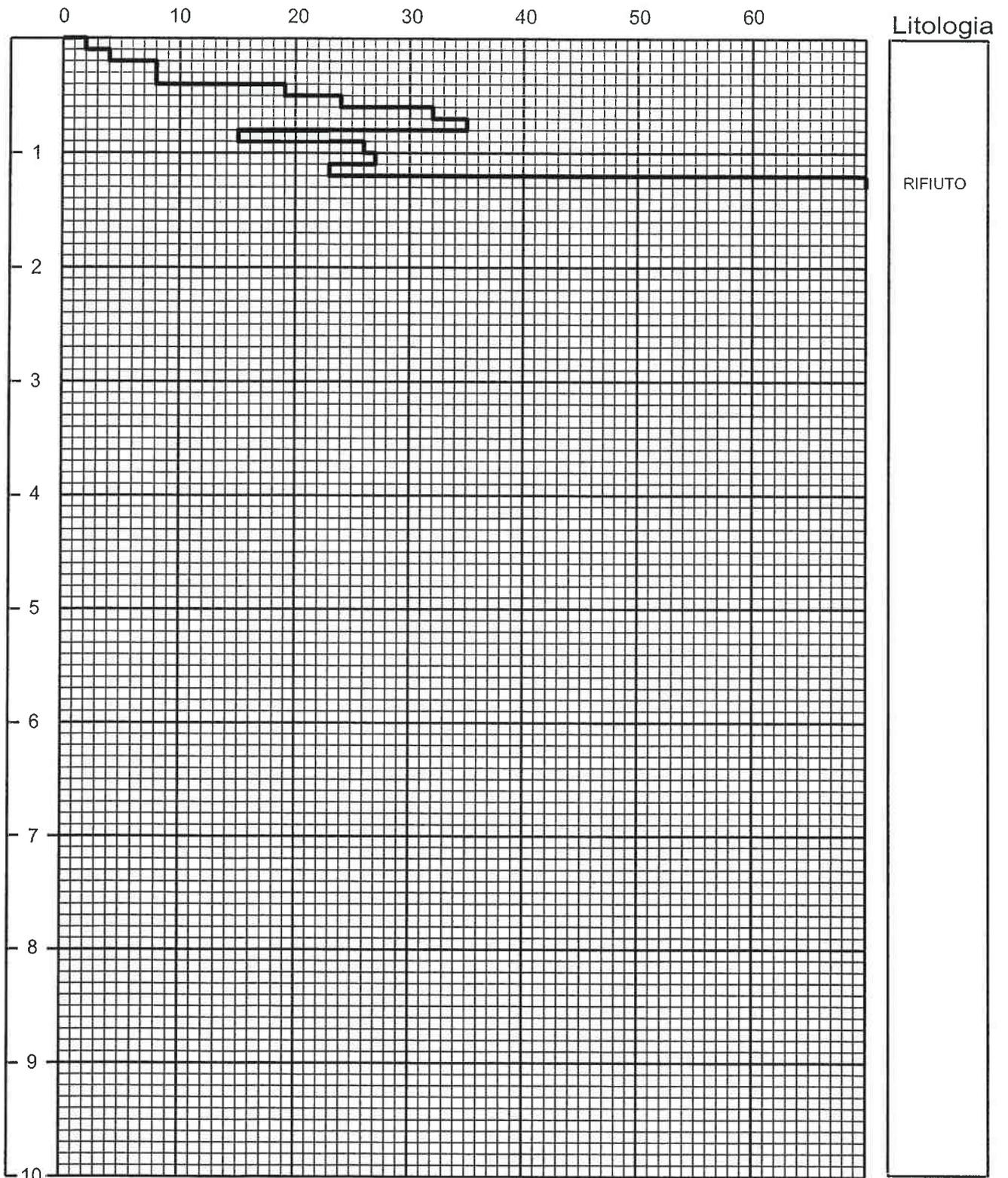
N DL030 ↗

# DYNAMIC - PENETROMETER TEST



Note :

Committente	Provincia della Spezia	Cantiere	Istituto Nazario Sauro
Prova S.P.T. n	1	Data	2010
Quota Ass. P.C.		Operatore	

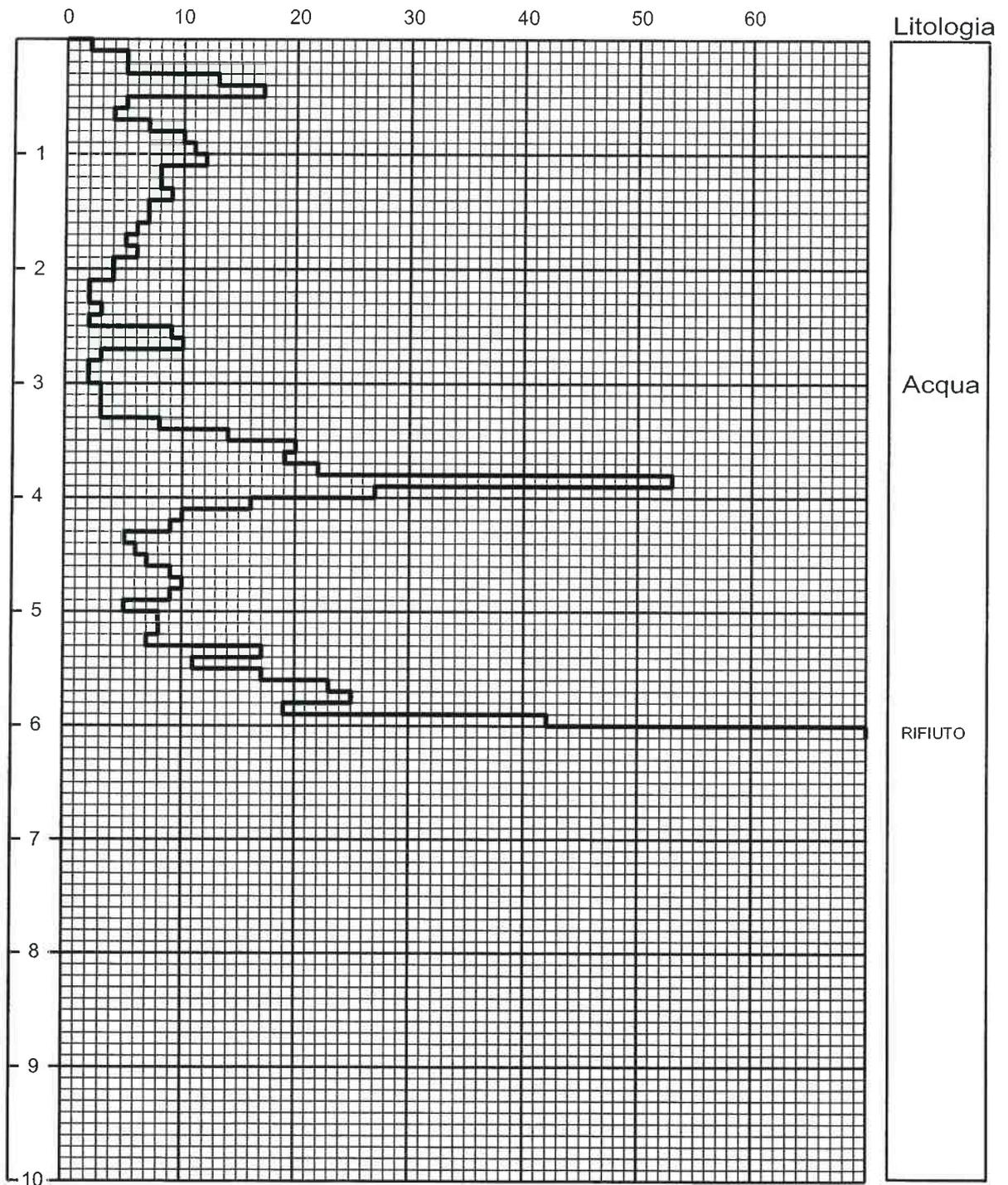


Note :

Committente	Provincia della Spezia	Cantiere	Istituto Nazario Sauro
Prova S.P.T. n	2	Data	2010
Quota Ass. P.C.		Operatore	

N DL030L

# DYNAMIC - PENETROMETER TEST



Note :

Committente	Provincia della Spezia	Cantiere	Istituto Nazario Sauro
Prova S.P.T. n	3	Data	2010
Quota Ass. P.C.		Operatore	

# COMUNE DI LA SPEZIA

Provincia della Spezia

## COMPLESSO SCOLASTICO SEDE ISTITUTO ITNS "N.Sauro" e ITIS "G.Cappellini" LA SPEZIA

Lavori di adeguamento alla normativa in materia di prevenzione incendi  
e sicurezza finalizzati all'ottenimento del Certificato di Prevenzione

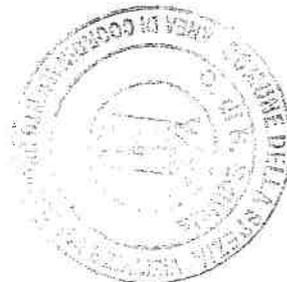
Relazione Geologico Geotecnica  
di supporto alla realizzazione di scala  
antincendio

Progettista: **Geom. Marco Rolla**.

*GEOLINK - Studio Geologico Associato  
di Roberta Giorgi e Marco Palazzetti  
Via Brigate Muccini, 42 19038 Sarzana (SP)  
Via del Poggetto- 55100 Lucca  
tel. 0583/510474 - fax: 0583/509084*



Luglio 2004



## INDICE

1.- PREMESSA .....	1
2.- VALUTAZIONI GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE RELATIVE ALLA ZONA IN ESAME	2
2.1.- MORFOLOGIA.....	2
2.2.- INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'AREA.....	2
2.3.- SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEI TERRENI.....	2
2.4.- IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA .....	4
3. VALUTAZIONI GEOTECNICHE SULLA FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI.....	5
3.1.- SPECIFICHE DI PROGETTO .....	5
3.2.- VALUTAZIONE DELLA PRESSIONE ULTIMA E AMMISSIBILE SUL TERRENO .....	5
3.3.- VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI.....	6
4.- CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	7
5.- CONCLUSIONI .....	8

### TAVOLE NELTESTO

TAV. 1 – Corografia	(scala 1:10000)
TAV. 2 –Carta geologica	(scala 1:10000)
TAV. 3 – Planimetria	(scala 1:500)
TAV. 4 – Sezione geologica	(scala 1:100)

### ALLEGATI NELTESTO

Prove penetrometriche dinamiche

## 1.- PREMESSA

Nel presente rapporto tecnico s'illustrano le indagini geologico tecniche svolte di supporto al progetto per i lavori di adeguamento alla normativa in materia di prevenzione incendi e sicurezza finalizzati all'ottenimento del certificato di prevenzione incendi per il complesso scolastico sede degli istituti ITNS "N.Sauro" e ITIS "G.Cappellini" nel capoluogo della Spezia.

Le indagini, in ottemperanza a quanto previsto nella normativa del D.M. 11.03.1988, sono state finalizzate ad una valutazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni di fondazione in modo da definirne i parametri necessari alla corretta impostazione delle opere fondazionali e per stimare, in particolare, la capacità portante ed i cedimenti teorici assoluti e differenziali prevedibili.

Tra i lavori di adeguamento previsti le indagini hanno riguardato essenzialmente le problematiche legate alla realizzazione di una scala antincendio nel cortile interno del complesso scolastico in adiacenza ala scala 2 del Blocco N.2 (vedi Tav.3)

## 2.- VALUTAZIONI GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE RELATIVE ALLA ZONA IN ESAME

### 2.1.- Morfologia

La zona in esame si trova in prossimità della linea di costa (circa 100m) ad una quota media circa 2.0 m s.l.m.

La morfologia è ovviamente pianeggiante, anche a causa dell'intensa urbanizzazione della zona, caratterizzata anche da intense opere di bonifica e interramenti artificiali, che hanno completamente cancellato l'originaria morfologia della linea di costa. (dune, retrodune).

In particolare l'area in esame è costituita da aree esterne pertinenti al complesso scolastico per la quasi totalità asfaltate, e caratterizzata dalla presenza di uno spessore di 2-3m di materiale di riporto e bonifica che costituiscono i terreni di fondazione su cui poggia l'intero complesso.

### 2.2.- Inquadramento geologico e condizioni di stabilità dell'area

La cartografia geologica esistente e le prove penetrometriche eseguite hanno permesso di riconoscere e distinguere cartograficamente la seguente formazione che caratterizza tutto il territorio della città capoluogo, fino alla base dei rilievi rocciosi:

#### DEPOSITI CONTINENTALI E LITORALI RECENTI

Sabbie e ghiaie recenti dei litorali attuali, detriti di falda e depositi eluvio-colluviali: in particolare la stratigrafia del sito esaminato è caratterizzata, al di sotto dei metri di riporto da sabbie marine limose o debolmente limose che passano verso il basso a sabbie marine di granulometria media-grossolana.

La scarsa acclività dell'area, inferiore all'1% si traduce in una buona stabilità generale, non si evidenziano processi gravitativi in atto o quiescenti e neppure indizi di dissesto idrogeologico superficiale.

### 2.3.- Successione stratigrafica dei terreni

Per effettuare una ricostruzione stratigrafica dei terreni di fondazione alla scala dell'intervento sono state eseguite

- n.2 prove penetrometriche dinamiche di tipo super-pesante con penetrometro PAGANI TG63-100ISM.C (DPSH) di cui un'attrezzatura a piezometro per il controllo della falda freatica

Tali indagini sono risultate sufficienti a chiarire in prima analisi le problematiche di natura stratigrafica e geotecnica proprie dell'area. Per un maggiore dettaglio si rimanda ai diagrammi contenuti in allegato.

Le prove sono state ubicate come in Tav.3, agli estremi della struttura metallica in progetto.

La stratigrafia nell'area riscontrata può essere così schematizzata:

Prova P1

	m da p.c.	descrizione
1	0-0-3.50	ghiaie e ciottoli con matrice sabbiosa (terreno di riporto)
2	3.50-6.80	sabbie marine fini-medie debolmente limose, scarsamente addensate
3	6.80-10.50	sabbie marine medie-grossolane maggiormente addensate

**Prova P2**

	m da p.c.	descrizione
1	0-0-3.50	ghiaie e ciottoli con matrice sabbiosa (terreno di riporto)
2	3.50-7.60	sabbie marine fini-medie debolmente limose, scarsamente addensate
3	7.60-11.50	sabbie marine medie-grossolane mediamente addensate

Ai terreni descritti possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici, sulla base di dati di letteratura e dei valori di resistenza dinamica misurata  $R_d$

STRATIGRAFIA	$\gamma_d$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$c_u$ Kg/c m <sup>2</sup>	$\phi'$ (°)	$E_d$ Kg/cm <sup>2</sup>	$E$ (medio) Kg/cm <sup>2</sup>
ghiaie e ciottoli con matrice sabbiosa (terreno di riporto)	1.75-1.80	1.95-2.00	0.00	30-32	90-100	180
sabbie marine fini-medie debolmente limose, scarsamente addensate	1.70-1.80	1.90-1.95	0.00	28-29	32-42	90
sabbie marine medie-grossolane mediamente addensate	1.75-1.85	1.95-2.00	0.00	30-32	42-60	110

(dove  $c_u$  = coesione non drenata;  $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace;  $\gamma_{sat}$  = peso di volume del terreno saturo;  $\gamma_d$  = peso di volume del terreno drenato;  $E_d$ : modulo edometrico;  $E$  = modulo di deformazione (Young);).

#### 2.4.- Idrogeologia e idrografia

La circolazione idrica superficiale è regolata dalla rete di scolo e allontanamento dei discendenti e delle aree esterne impermeabile del complesso scolastico che converge nel sistema di fognatura comunale della zona.

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea durante l'esecuzione delle prove è stata rilevata una falda freatica misurata nel perforo P2 attrezzato a piezometro.

Livello medio falda: -2.00 m da p.c. (data rilev 90.07.2004)

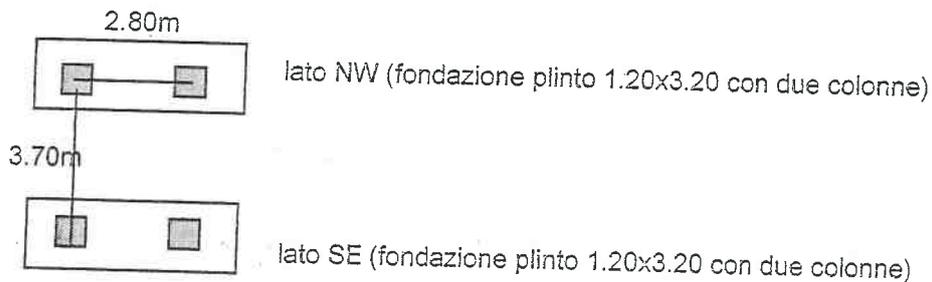
### 3. VALUTAZIONI GEOTECNICHE SULLA FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI

#### 3.1.- Specifiche di progetto

Il progetto prevede la realizzazione dei lavori di adeguamento alla normativa in materia di prevenzione incendi e sicurezza, finalizzati all'ottenimento del Certificato di Prevenzione Incendi per il Complesso Scolastico in oggetto.

L'intervento che ha richiesto un approfondimento di indagine dal punto di vista geologico e geotecnico è la realizzazione di una scala antincendio prevista nel cortile interno del complesso scolastico in adiacenza ala scala 2 del Blocco N.2 (vedi Tav.3)

Secondo quanto indicato dal progettista, la scala poggerà su una fondazione a plinti di dimensioni 1.20m×3.20m posti ad una profondità di 0.80-1.0 m dal piano campagna su ognuno dei quali scaricano due colonne gemelle ad interasse di circa 2.80.



Sempre dai dati indicativi forniti dal progettista i carichi trasmessi dalle colonne NW sono diversi da quelli SE (lato dell'uscita di sicurezza).

Carichi trasmessi sul plinto NW sono circa 15000/16000 kg per ogni colonna

Carichi trasmessi sul plinto SE circa 20000/22000 kg per ogni colonna

I carichi statici stimati sono circa il 20% dei valori indicati (0.1-0.3kg/cm<sup>2</sup>)

Al fine di verificare l'idoneità delle scelte progettuali sopra indicate, si è provveduto ad una valutazione della capacità portante e dei possibili cedimenti dei terreni stessi sotto i carichi di progetto, al fine anche di escludere il ricorso a fondazioni profonde (pali).

#### 3.2.- Valutazione della pressione ultima e ammissibile sul terreno

Facendo riferimento alla fondazione su plinti previste dal progetto e tenendo conto di tutti i parametri geologici, idrogeologici e geotecnici descritti sinora, si è provveduto al calcolo della capacità portante e del carico ammissibile dei terreni di fondazione, secondo la formula di Terzaghi:

$$q_{lim} = N_q \gamma_1 D + N_c c + N_\gamma \gamma_2 B/2$$

dove:

D = profondità d'incastro della fondazione

$\gamma_1$  = peso di volume del terreno a fianco della fondazione

$\gamma_2$  = peso di volume del terreno al di sotto della fondazione

c = coesione del terreno

B = larghezza della fondazione

L = lunghezza della fondazione

$N_q, N_c, N_\gamma$  = coefficienti adimensionali funzioni di  $\phi$

I parametri utilizzati per il calcolo sono :

$\phi = 28^\circ/30^\circ$   
 $c_u = 0 \text{ kg/cm}^2$   
 $\gamma = 1.75 \text{ t/m}^3$   
 $\gamma'$  (sotto falda) =  $1 \text{ t/m}^3$   
 Coefficiente di sicurezza  $F = 3$

Il calcolo è stato effettuato con elaboratore ed i risultati possono essere così riassunti:

Plinto $B=1.20 \text{ m}$ , $L=3.20 \text{ m}$ , $D=0.8 \text{ m}$	$Q_{ult}$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$Q_a (F=3)$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
terreno incoerente ( $c_u=0$ ); $\phi = 28^\circ$	2.87	0.99
terreno incoerente ( $c_u=0$ ); $\phi = 30^\circ$	3.89	1.30

Dall'esame di tale prospetto, si può osservare che i valori del carico di sicurezza si mantengono al di sopra dei valori del carico di progetto supposto.

### 3.3.- Valutazione dei cedimenti

Per quanto riguarda i carichi unitari utilizzati per il calcolo dei cedimenti sono stati considerati più valori indicativo di incremento di pressione sul substrato di fondazione di  $\Delta q = 0.2 - 0.4 - 0.6 \text{ kg/cm}^2$ .

I possibili assestamenti o cedimenti del terreno, a seguito del consolidamento sotto carico dello stesso, vengono di seguito calcolati sia secondo la teoria dell'elasticità che con il metodo edometrico, nell'ipotesi di un terreno stratificato, per uno spessore complessivo di 10m al di sotto della fondazione.

La determinazione dell'entità dei cedimenti è stata effettuata mediante calcolo automatico ed i risultati possono essere così riassunti:

#### 1. Teoria dell'elasticità (Modulo di deformazione o di Young)

incremento di carico netto $\Delta\sigma \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	cedimento primario $\Delta H \text{ (cm)}$	
	P1	P2
0.1	0.10	0.10
0.2	0.20	0.19
0.4	0.37	0.37
0.6	0.55	0.54

#### 2. Metodo edometrico (Modulo edometrico)

incremento di carico netto $\Delta\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	cedimento primario $\Delta H$ (cm)	
	P1	P2
0.1	0.21	0.22
0.2	0.43	0.44
0.4	0.87	0.87
0.6	1.30	1.31

Come si evidenzia dai risultati la lieve differenza stratigrafica tra le due prove, non si traduce in un'entità significativa di cedimenti differenziali.

Il problema legato a possibili cedimenti differenziali sarà legato pertanto alla eccentricità dei carichi sulle singole fondazioni o alla differenza di incremento di carico tra le due fondazioni (dovrebbe essere intorno ai 0.20 cm)

Sarà pertanto cura del progettista verificare la compatibilità dei cedimenti differenziali con la struttura, sulla base degli effettivi incrementi di carico assoluti e di quelli differenziali esistenti tra le due coppie di colonne gemelle (cioè tra le due fondazioni).

#### 4.- CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il Comune di La Spezia è stato classificato, in base alla recente Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003, 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica." nella seguente classe

Zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $a_d/g$	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) $a_d/g$
3	0.05-0.15	0.15

Ai fini della definizione dell' azione sismica di progetto, può essere definita la seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

tipo D : Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s;  $N_{spt} < 15$ ,  $c_u < 70$  Kpa

## 5.- CONCLUSIONI

I dati rilevati nel corso della presente indagine geognostica evidenziano che nell'area di previsto intervento i terreni di fondazione sono costituiti, al di sotto di un paio di metri di terreno di riempimento/bonifica, da sabbie normalconsolidate caratterizzate da uno scarso grado di addensamento nei primi metri che aumenta in profondità a medio addensamento.

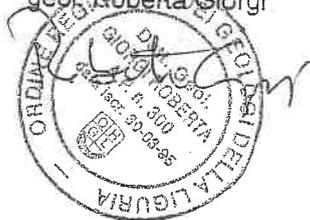
Viste le caratteristiche complessive dei terreni di sottofondo, la tipologia fondazionale prevista, e sulla base delle ipotesi progettuali formulate, la struttura di progetto è idonea a garantire il buon funzionamento statico sia in termini di pressioni ammissibili che di cedimenti assoluti.

Non occorre, pertanto ricorrere alla realizzazione di fondazioni profonde.

Come unico accorgimento costruttivo, se in corrispondenza anche di un solo plinto si dovesse raggiungere il substrato roccioso, si consiglia di approfondire anche gli altri fino al tetto della roccia per evitare la possibilità di sia pure contenuti fenomeni di cedimento differenziale.

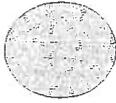
Sarzana, 11.07.2004

GEOLINK Studio Geologico Associato  
geol. Roberta Giorgi

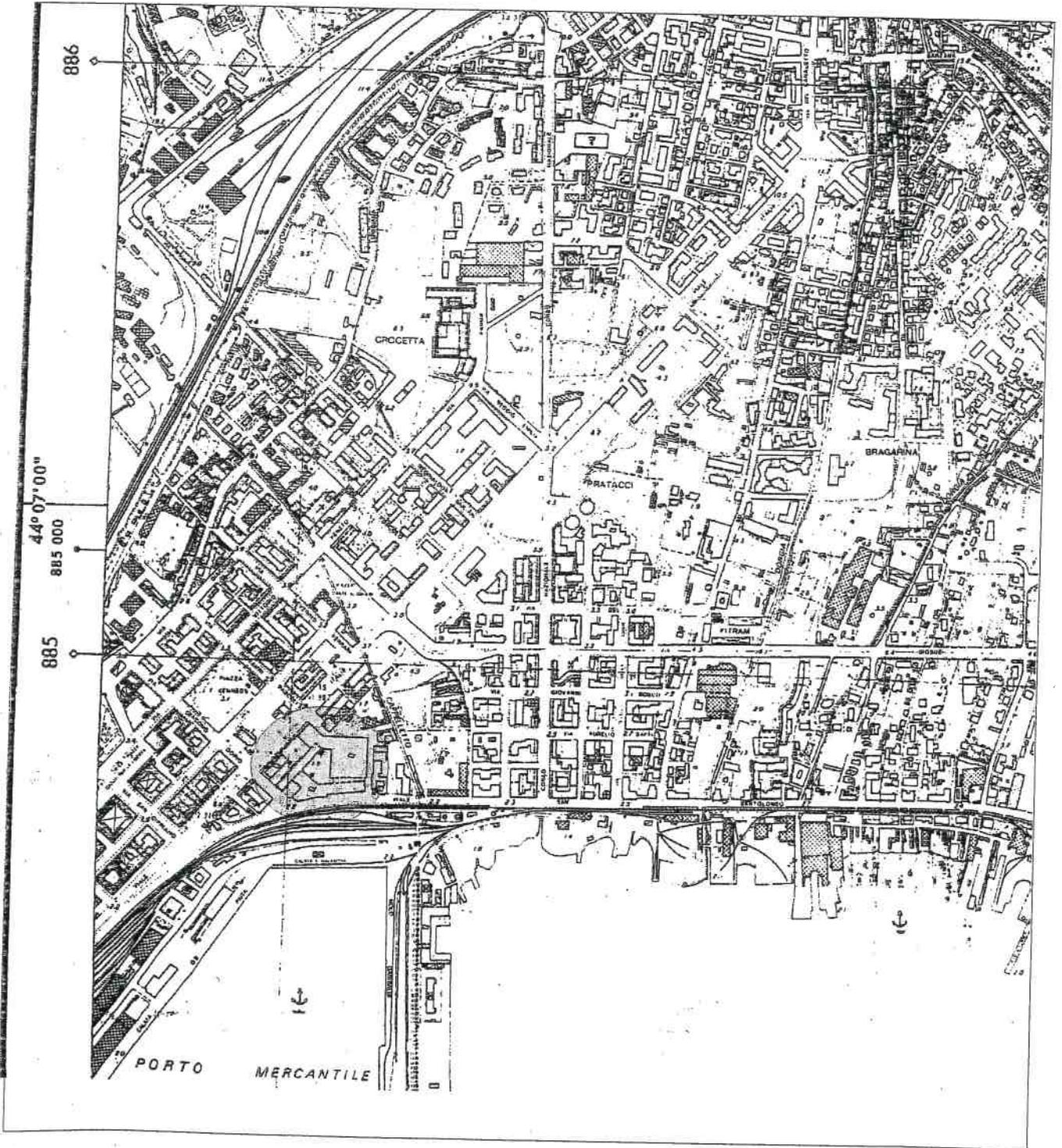


**ALLEGATO**  
**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

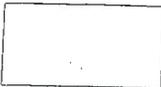
TAV.1 - COROGRAFIA (scala 1:10000)



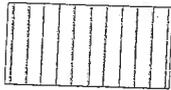
Area in esame



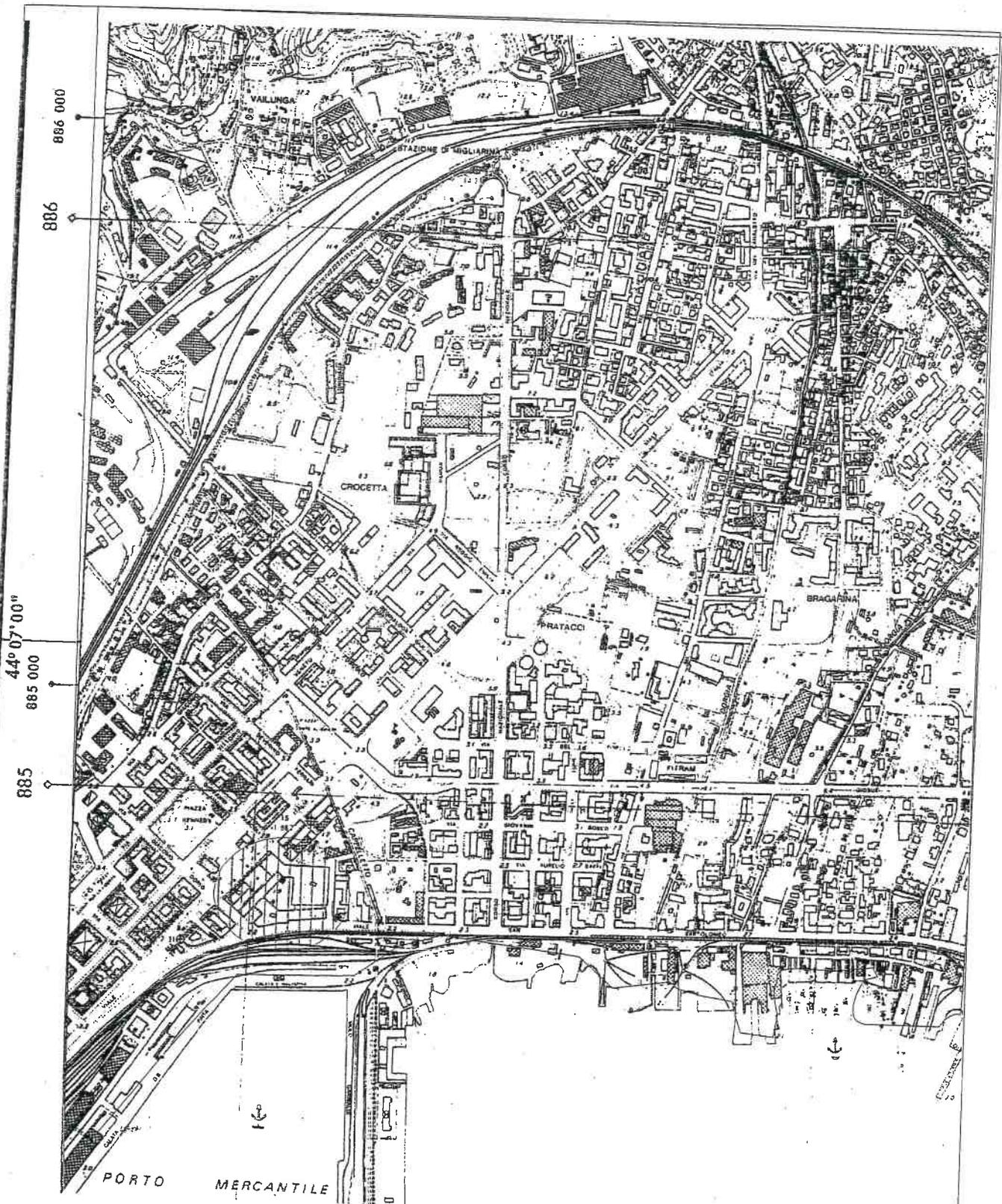
# TAV.2 - CARTA GEOLOGICA (scala 1:10000)



DEPOSITI CONTINENTALI E LITORALI RECENTI:  
sabbie e ghiaie alluvionali e dei litorali attuali, detriti di falda e depositi eluvio-colluviali



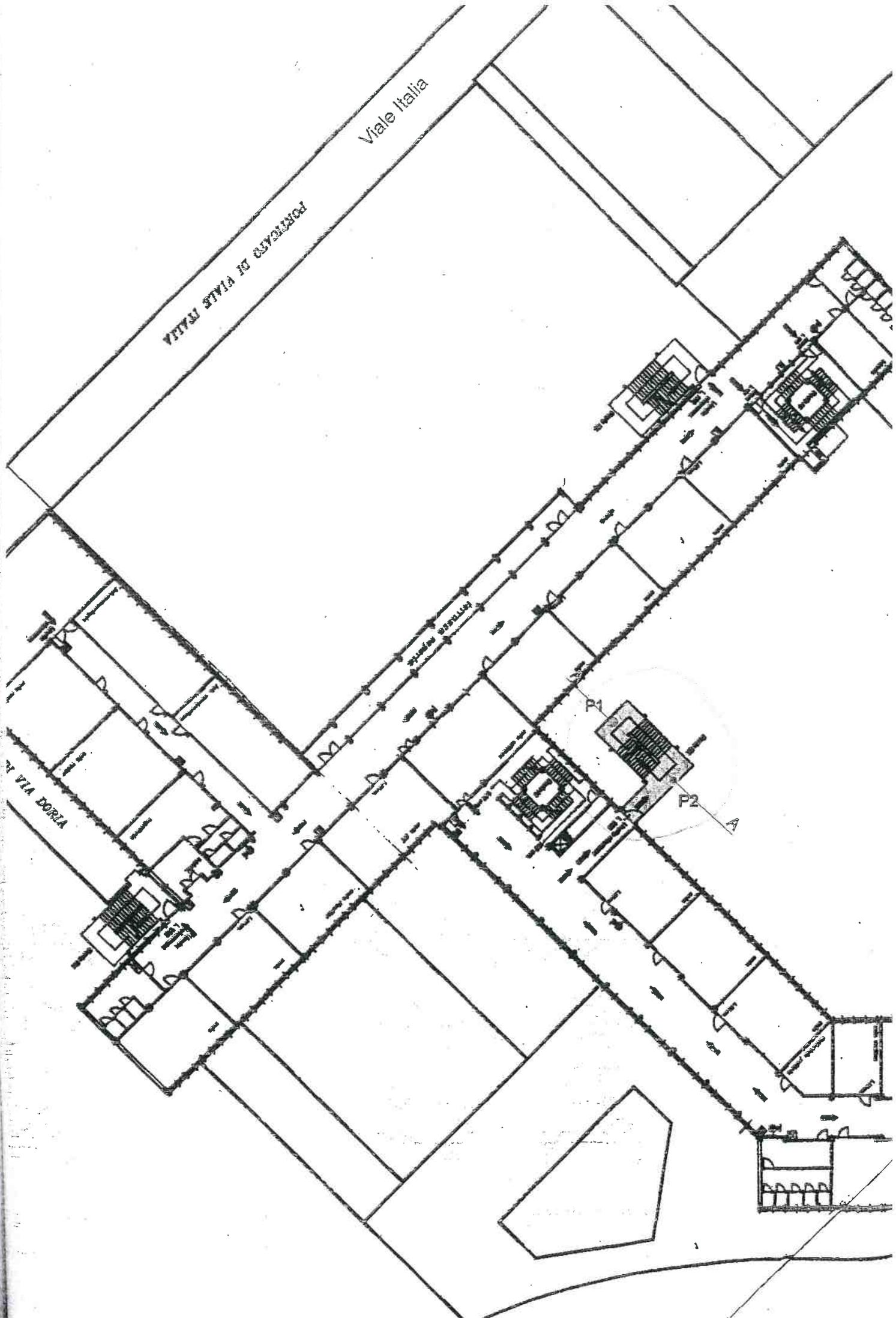
depositi litorali recenti: sabbie e sabbie debolmente limose,  
scarsamente addensate nei primi metri



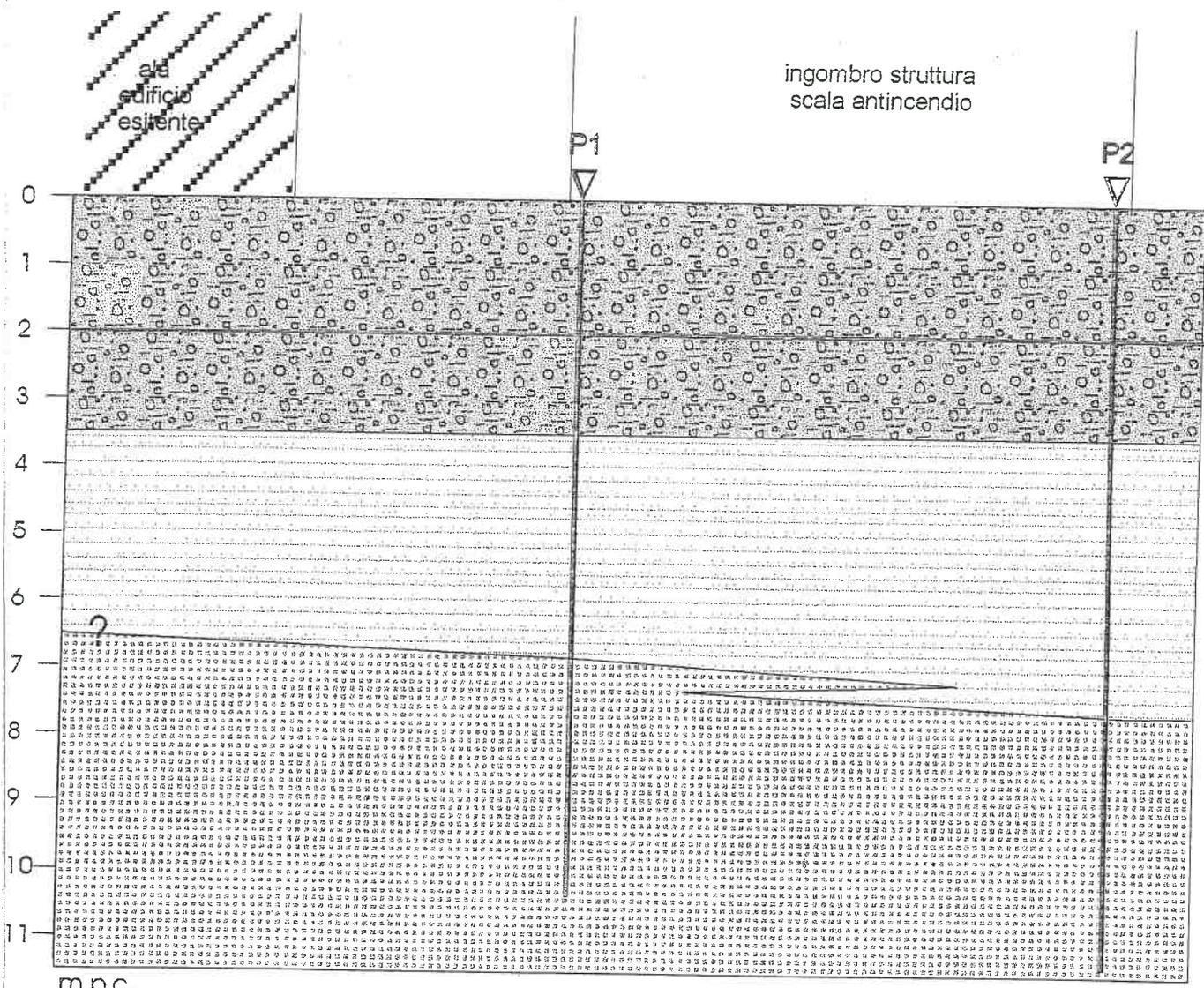
Viale Italia

PORTICATO DI VIALE ITALIA

VIA DORIA



**TAV. 4 - SEZIONE GEOLOGICA AA (scala 1:200)**



**LEGENDA**

-  Ghiaie e ciottoli centimetrico-decimetrici con scarsa matrice sabbiosa (riporto di bonifica/colmata)
-  Sabbie marine fini-medie debolmente limose, scarsamente addensate
-  Sabbie marine medie
-  livello di falda (rilev. 09.07.2004)
-  P1 prove penetrometriche

**ALLEGATO**  
**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

## PROVE PENETROMETRICHE

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

### PENETROMETRO DINAMICO IN USO: TG 63 - 100 ISM.C (DPSH)

#### CARATTERISTICHE TECNICHE

PESO MASSA BATTENTE	M = 63.50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0.63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51.00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20.43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6.31 kg
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA	P1 = 0.40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.20$ m
NUMERO COLPI DI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA PER COLPO 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )	$Q = (MH)/(A\delta) = 11.66$ kg/cm <sup>2</sup> (prova SPT: $Q_{spt} =$
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = q/Q_{spt} = 1.504$ (teoricamente: $N_{spt} = \beta_t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta  $R_{pd}$  in funzione del numero di colpi N (FORMULA OLANDESE)

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

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta [area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

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

#### UNITÀ DI MISURA (conversioni)

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 0.098067 \text{ Mpa}$$

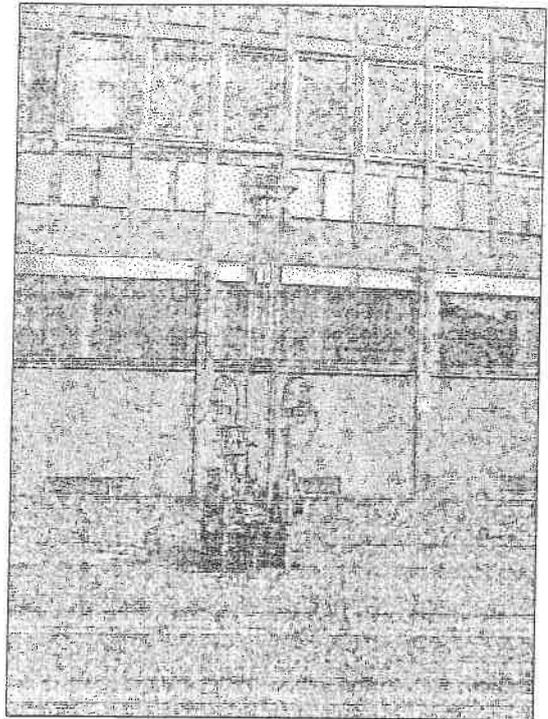
$$1 \text{ Mpa} = 1 \text{ MN / m}^2 = 10.197 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1.0197 \text{ kg/cm}^2 = 0.1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ kN} = 0.001 \text{ MN} = 101.97 \text{ kg}$$

PROVA... Nr.1

Profondità (m)	Nr. Colpi	Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>amm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	9,72	0,49
0,40	13	126,33	6,32
0,60	8	77,74	3,89
0,80	6	58,31	2,92
1,00	4	35,96	1,80
1,20	3	26,97	1,35
1,40	3	26,97	1,35
1,60	3	26,97	1,35
1,80	4	35,96	1,80
2,00	15	125,45	6,27
2,20	11	92,00	4,60
2,40	10	83,63	4,18
2,60	7	58,54	2,93
2,80	10	83,63	4,18
3,00	12	93,82	4,69
3,20	11	86,00	4,30
3,40	5	39,09	1,95
3,60	1	7,82	0,39
3,80	1	7,82	0,39
4,00	1	7,34	0,37
4,20	1	7,34	0,37
4,40	1	7,34	0,37
4,60	1	7,34	0,37
4,80	1	7,34	0,37
5,00	1	6,92	0,35
5,20	1	6,92	0,35
5,40	1	6,92	0,35
5,60	1	6,92	0,35
5,80	2	13,83	0,69
6,00	1	6,54	0,33
6,20	2	13,08	0,65
6,40	2	13,08	0,65
6,60	3	19,62	0,98
6,80	2	13,08	0,65
7,00	3	18,61	0,93
7,20	3	18,61	0,93
7,40	3	18,61	0,93
7,60	4	24,81	1,24
7,80	5	31,01	1,55
8,00	4	23,59	1,18
8,20	4	23,59	1,18
8,40	5	29,49	1,47
8,60	5	29,49	1,47
8,80	5	29,49	1,47
9,00	5	28,11	1,41
9,20	5	28,11	1,41
9,40	5	28,11	1,41
9,60	6	33,73	1,69
9,80	7	39,35	1,97
10,00	8	42,96	2,15
10,20	7	37,59	1,88
10,40	7	37,59	1,88



Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

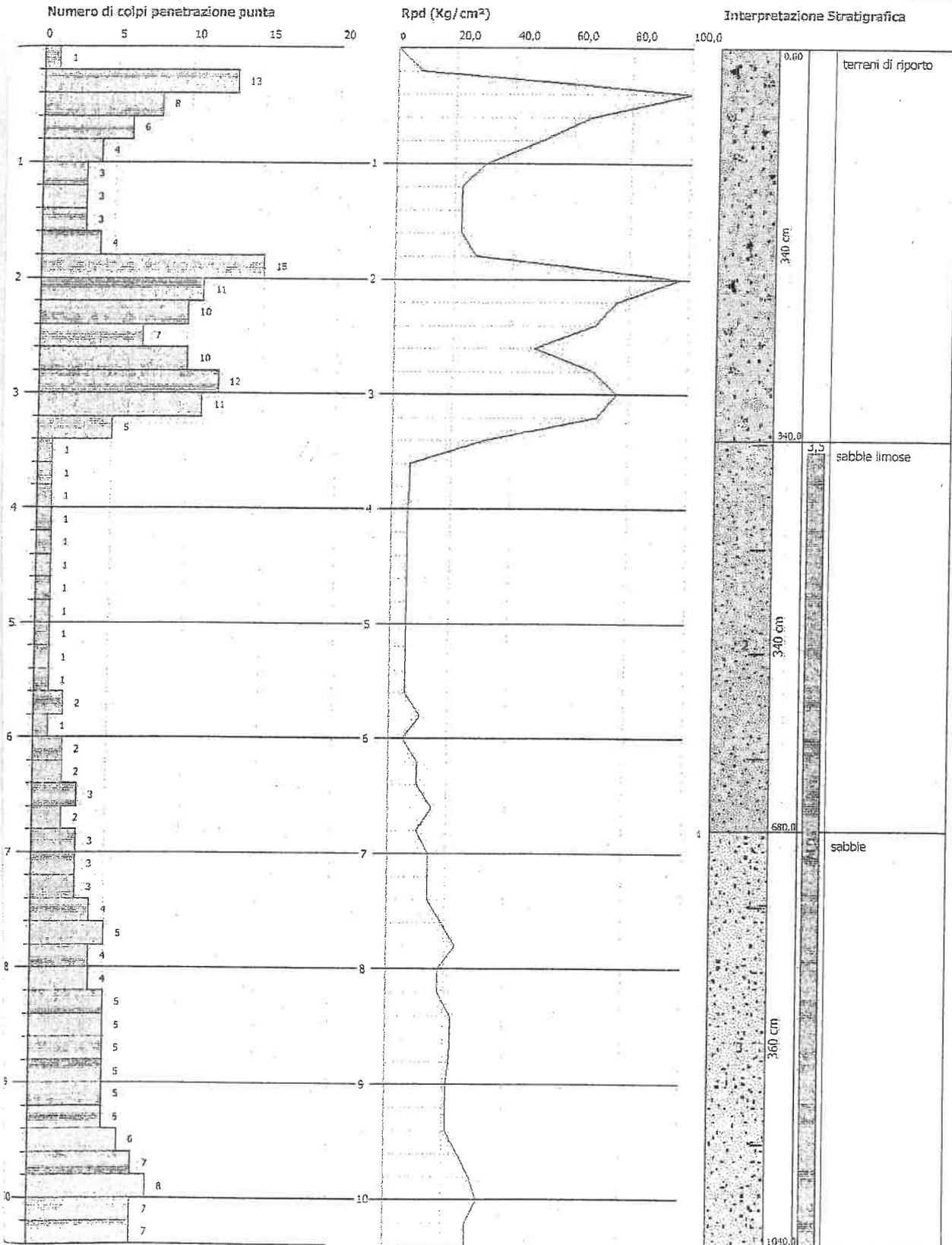
Strato	VII	VIII	IX	X	Condizione
	Nspt critico	Nspt critico	Nspt critico	Nspt critico	
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	8,46	14,1	22,56	33,84	Liquefazione possibile al VII° Mercalli
Strato 3	10,08	16,8	26,88	40,32	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 1**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : dott. geol. roberta giorgi  
 Cantiere : la spezia  
 Località : istituto nautico

Data : 23/06/2004

Scala 1:50



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

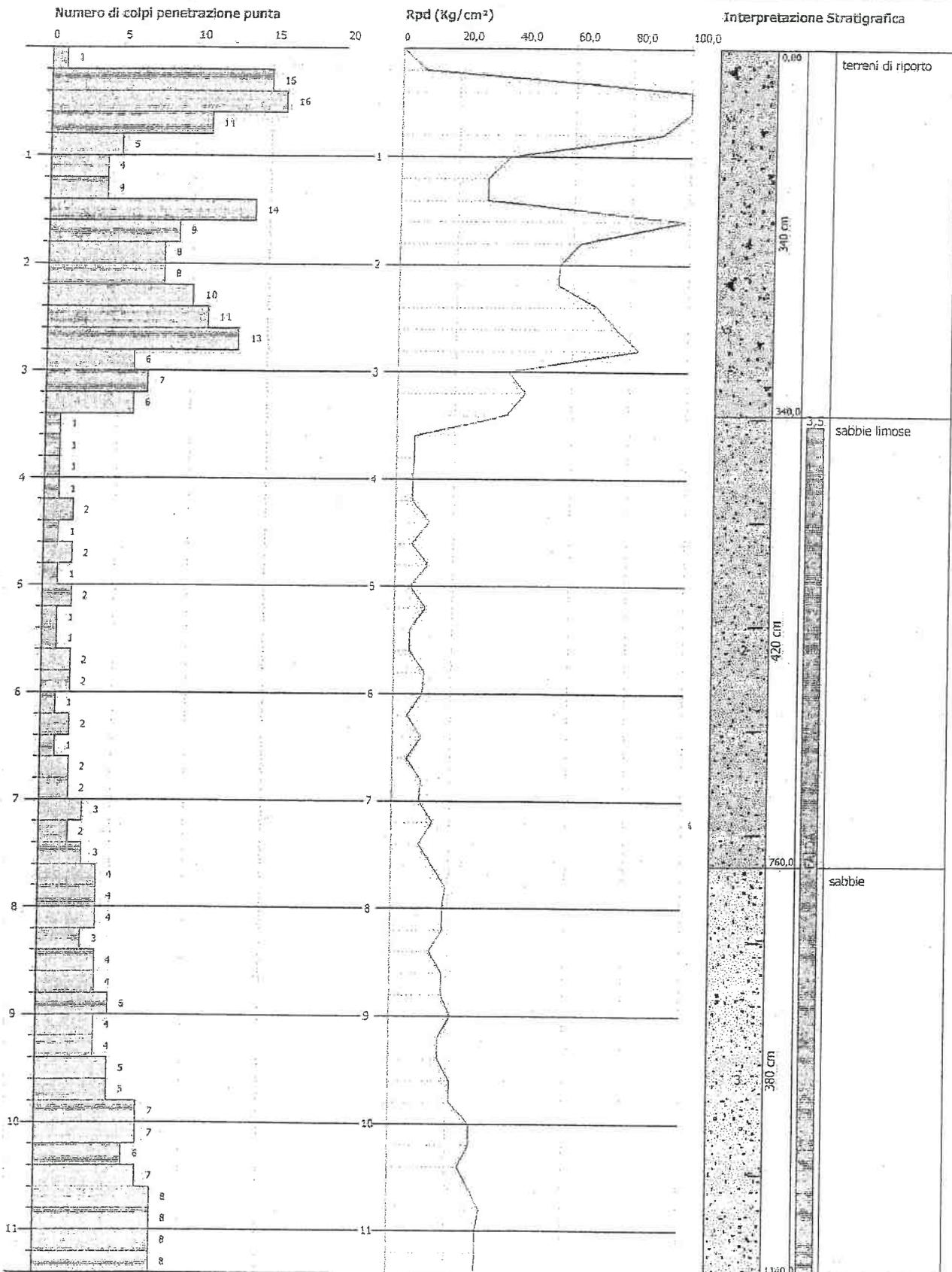
Strato	Prof. (m)	Nspt	Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Densità relativa (%)	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Potenziale Liquefazione	Modulo di reazione Ko
1	3,4	8,66	47,2	73,86	1,68	1,91	30,42	0,85	45,25	69,28	0,34	494,52	< 0,04	1,81
2	6,8	1,89	7,9	39,29	1,40	1,87	28,53	0,18	31,35	15,12	0,35	118,25	< 0,04	0,24
3	10,4	6,35	23,5	100	1,59	1,90	29,78	0,62	40,51	50,80	0,34	369,42	< 0,04	1,30

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : dott. geol. roberta giorgi  
 Cantiere : la spezia  
 Località : istituto nautico

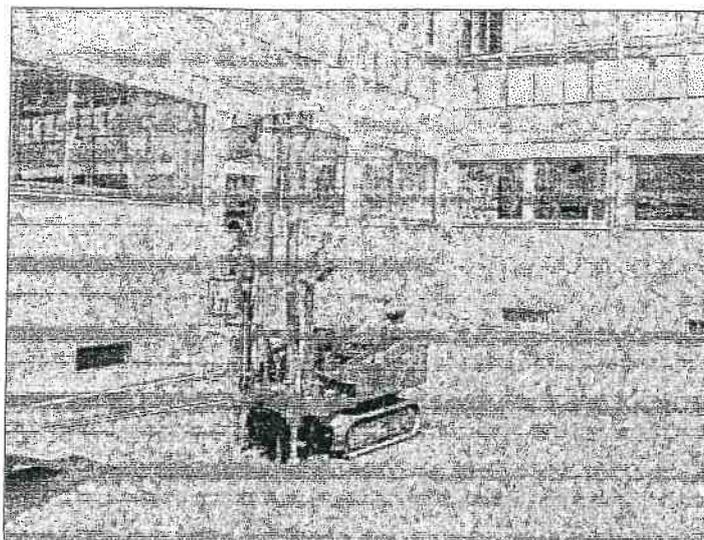
Data :23/06/2004

Scala 1:53



PROVA ... Nr.2

Profondità (m)	Nr. Colpi	Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>amm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	9,72	0,49
0,40	15	145,77	7,29
0,60	16	155,49	7,77
0,80	11	106,90	5,34
1,00	5	44,95	2,25
1,20	4	35,96	1,80
1,40	4	35,96	1,80
1,60	14	125,86	6,29
1,80	9	80,91	4,05
2,00	8	66,91	3,35
2,20	8	66,91	3,35
2,40	10	83,63	4,18
2,60	11	92,00	4,60
2,80	13	108,72	5,44
3,00	6	46,91	2,35
3,20	7	54,73	2,74
3,40	6	46,91	2,35
3,60	1	7,82	0,39
3,80	1	7,82	0,39
4,00	1	7,34	0,37
4,20	1	7,34	0,37
4,40	2	14,68	0,73
4,60	1	7,34	0,37
4,80	2	14,68	0,73
5,00	1	6,92	0,35
5,20	2	13,83	0,69
5,40	1	6,92	0,35
5,60	1	6,92	0,35
5,80	2	13,83	0,69
6,00	2	13,08	0,65
6,20	1	6,54	0,33
6,40	2	13,08	0,65
6,60	1	6,54	0,33
6,80	2	13,08	0,65
7,00	2	12,40	0,62
7,20	3	18,61	0,93
7,40	2	12,40	0,62
7,60	3	18,61	0,93
7,80	4	24,81	1,24
8,00	4	23,59	1,18
8,20	4	23,59	1,18
8,40	3	17,69	0,88
8,60	4	23,59	1,18
8,80	4	23,59	1,18
9,00	5	28,11	1,41
9,20	4	22,48	1,12
9,40	4	22,48	1,12
9,60	5	28,11	1,41
9,80	5	28,11	1,41
10,00	7	37,59	1,88
10,20	7	37,59	1,88
10,40	6	32,22	1,61
10,60	7	37,59	1,88
10,80	8	42,96	2,15
11,00	8	41,12	2,06
11,20	8	41,12	2,06
11,40	8	41,12	2,06



Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII	VIII	IX	X	Condizione
	Nspt critico	Nspt critico	Nspt critico	Nspt critico	
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	8,82	14,7	23,52	35,28	Liquefazione possibile al VII° Mercalli
Strato 3	10,53	17,55	28,08	42,12	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Densità relativa (%)	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Potenziale Liquefazione	Modulo di reazione Ko
1	3,4	10,54	58,6	81,49	1,75	1,92	30,95	1,04	49,11	84,32	0,33	594,82	< 0,04	2,22
2	7,6	2,10	8,7	43,04	1,41	1,87	28,59	0,20	31,78	16,80	0,35	130,56	< 0,04	0,29
3	11,4	6,82	24,0	100	1,61	1,90	29,91	0,67	41,47	54,56	0,34	395,07	< 0,04	1,40

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE Dpsh\_1-2-3-4: tabulati, elaborazione e grafici

Committente: Dott. Geol. Marco Zanicchi  
Descrizione: Via Doria 2 - ITS Cappellini  
Località: La Spezia

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

### PROVA ...Dpsh\_1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
Prova eseguita in data 03/01/2020  
Profondità prova 1.60 mt  
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	3	0.855	26.94	31.52
0.40	1	0.851	8.94	10.51
0.60	1	0.847	8.17	9.64
0.80	1	0.843	8.13	9.64
1.00	1	0.840	8.10	9.64
1.20	2	0.836	16.13	19.29
1.40	1	0.833	8.03	9.64
1.60	Rifiuto	--	--	--

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
0.2	3	26.94	Incoerente	0.01	1.47	4.41
0.4	1	8.94	Incoerente	0.04	1.47	1.47
0.6	1	8.17	Incoerente	0.07	1.47	1.47
0.8	1	8.13	Incoerente	0.1	1.47	1.47
1	1	8.10	Incoerente	0.13	1.47	1.47
1.2	2	16.13	Incoerente	0.16	1.47	2.94
1.4	1	8.03	Incoerente	0.18	1.47	1.47
1.6	Rifiuto	--	--	--	--	--

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh\_1

#### TERRENI INCOERENTI I

##### Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	4.41	0.00-0.20	4.41	Meyerhof 1957	52.19
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Meyerhof 1957	29.55
Strato (3) Strato	1.47	0.40-0.60	1.47	Meyerhof 1957	29.01
Strato (4) Strato	1.47	0.60-0.80	1.47	Meyerhof 1957	28.49
Strato (5) Strato	1.47	0.80-1.00	1.47	Meyerhof 1957	28
Strato (6) Strato	2.94	1.00-1.20	2.94	Meyerhof 1957	38.94
Strato (7) Strato	1.47	1.20-1.40	1.47	Meyerhof 1957	27.09

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	4.41	0.00-0.20	4.41	Japanese National Railway	28.32
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (3) Strato	1.47	0.40-0.60	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (4) Strato	1.47	0.60-0.80	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (5) Strato	1.47	0.80-1.00	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (6) Strato	2.94	1.00-1.20	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (7) Strato	1.47	1.20-1.40	1.47	Japanese National Railway	27.44

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	4.41	0.00-0.20	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) Strato	1.47	0.40-0.60	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (4) Strato	1.47	0.60-0.80	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (5) Strato	1.47	0.80-1.00	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (6) Strato	2.94	1.00-1.20	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (7) Strato	1.47	1.20-1.40	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

PROVA ...Dpsh\_2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 03/01/2020  
 Profondità prova 15.00 mt  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.96	21.01
0.40	1	0.851	8.94	10.51
0.60	1	0.847	8.17	9.64
0.80	1	0.843	8.13	9.64
1.00	3	0.840	24.29	28.93
1.20	28	0.736	198.80	270.02
1.40	25	0.733	176.68	241.09
1.60	34	0.680	205.88	302.97
1.80	19	0.776	131.44	169.31
2.00	8	0.823	58.68	71.29
2.20	16	0.770	109.80	142.57
2.40	16	0.767	109.37	142.57
2.60	6	0.814	40.46	49.69
2.80	4	0.811	26.88	33.13
3.00	10	0.809	66.97	82.82
3.20	14	0.756	87.65	115.94
3.40	9	0.803	59.88	74.54
3.60	5	0.801	30.98	38.68
3.80	3	0.798	18.53	23.21
4.00	4	0.796	24.63	30.94
4.20	3	0.794	18.42	23.21
4.40	5	0.791	30.61	38.68
4.60	4	0.789	22.91	29.03
4.80	3	0.787	17.14	21.77
5.00	4	0.785	22.79	29.03
5.20	3	0.783	17.05	21.77
5.40	5	0.781	28.34	36.28
5.60	4	0.779	21.30	27.34
5.80	4	0.777	21.25	27.34

6.00	4	0.775	21.20	27.34
6.20	4	0.774	21.15	27.34
6.40	5	0.772	26.38	34.17
6.60	4	0.770	19.90	25.83
6.80	5	0.769	24.82	32.29
7.00	4	0.767	19.82	25.83
7.20	5	0.766	24.72	32.29
7.40	5	0.764	24.67	32.29
7.60	6	0.763	28.01	36.73
7.80	6	0.761	27.96	36.73
8.00	8	0.760	37.21	48.97
8.20	9	0.759	41.79	55.09
8.40	9	0.757	41.72	55.09
8.60	8	0.756	35.18	46.54
8.80	8	0.755	35.12	46.54
9.00	7	0.753	30.68	40.72
9.20	8	0.752	35.01	46.54
9.40	7	0.751	30.59	40.72
9.60	6	0.750	24.94	33.25
9.80	6	0.749	24.90	33.25
10.00	7	0.748	29.01	38.80
10.20	6	0.747	24.83	33.25
10.40	8	0.746	33.06	44.34
10.60	8	0.744	31.52	42.34
10.80	7	0.743	27.54	37.05
11.00	8	0.742	31.43	42.34
11.20	8	0.741	31.39	42.34
11.40	10	0.740	39.18	52.92
11.60	10	0.739	37.43	50.64
11.80	10	0.738	37.38	50.64
12.00	12	0.737	44.80	60.77
12.20	13	0.686	45.17	65.83
12.40	16	0.685	55.51	81.02
12.60	15	0.684	49.82	72.81
12.80	17	0.683	56.37	82.52
13.00	19	0.682	62.91	92.23
13.20	21	0.631	64.33	101.94
13.40	22	0.630	67.28	106.79
13.60	24	0.629	70.36	111.87
13.80	28	0.628	81.95	130.52
14.00	30	0.627	87.65	139.84
14.20	28	0.626	81.67	130.52
14.40	24	0.625	69.88	111.87
14.60	28	0.623	78.26	125.53
14.80	27	0.622	75.33	121.05
15.00	25	0.621	69.62	112.08

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspst	NSPT
0.2	2	17.96	Incoerente	0.02	1.47	2.94
0.4	1	8.94	Incoerente	0.06	1.47	1.47
0.6	1	8.17	Incoerente	0.1	1.47	1.47
0.8	1	8.13	Incoerente	0.13	1.47	1.47
1	3	24.29	Incoerente	0.17	1.47	4.41
1.2	28	198.80	Incoerente	0.21	1.47	41.16
1.4	25	176.68	Incoerente	0.25	1.47	36.75
1.6	34	205.88	Incoerente	0.28	1.47	49.98
1.8	19	131.44	Incoerente	0.29	1.47	27.93

2	8	58.68	Incoerente	0.31	1.47	11.76
2.2	16	109.80	Incoerente	0.33	1.47	23.52
2.4	16	109.37	Incoerente	0.35	1.47	23.52
2.6	6	40.46	Incoerente	0.37	1.47	8.82
2.8	4	26.88	Incoerente	0.38	1.47	5.88
3	10	66.97	Incoerente	0.4	1.47	14.7
3.2	14	87.65	Incoerente	0.42	1.47	20.58
3.4	9	59.88	Incoerente	0.44	1.47	13.23
3.6	5	30.98	Incoerente	0.46	1.47	7.35
3.8	3	18.53	Incoerente	0.47	1.47	4.41
4	4	24.63	Incoerente	0.49	1.47	5.88
4.2	3	18.42	Incoerente	0.51	1.47	4.41
4.4	5	30.61	Incoerente	0.53	1.47	7.35
4.6	4	22.91	Incoerente	0.55	1.47	5.88
4.8	3	17.14	Incoerente	0.56	1.47	4.41
5	4	22.79	Incoerente	0.58	1.47	5.88
5.2	3	17.05	Incoerente	0.6	1.47	4.41
5.4	5	28.34	Incoerente	0.62	1.47	7.35
5.6	4	21.30	Incoerente	0.64	1.47	5.88
5.8	4	21.25	Incoerente	0.65	1.47	5.88
6	4	21.20	Incoerente	0.67	1.47	5.88
6.2	4	21.15	Incoerente	0.69	1.47	5.88
6.4	5	26.38	Incoerente	0.71	1.47	7.35
6.6	4	19.90	Incoerente	0.73	1.47	5.88
6.8	5	24.82	Incoerente	0.74	1.47	7.35
7	4	19.82	Incoerente	0.76	1.47	5.88
7.2	5	24.72	Incoerente	0.78	1.47	7.35
7.4	5	24.67	Incoerente	0.8	1.47	7.35
7.6	6	28.01	Incoerente	0.82	1.47	8.82
7.8	6	27.96	Incoerente	0.83	1.47	8.82
8	8	37.21	Incoerente	0.85	1.47	11.76
8.2	9	41.79	Incoerente	0.87	1.47	13.23
8.4	9	41.72	Incoerente	0.89	1.47	13.23
8.6	8	35.18	Incoerente	0.91	1.47	11.76
8.8	8	35.12	Incoerente	0.92	1.47	11.76
9	7	30.68	Incoerente	0.94	1.47	10.29
9.2	8	35.01	Incoerente	0.96	1.47	11.76
9.4	7	30.59	Incoerente	0.98	1.47	10.29
9.6	6	24.94	Incoerente	1.0	1.47	8.82
9.8	6	24.90	Incoerente	1.01	1.47	8.82
10	7	29.01	Incoerente	1.03	1.47	10.29
10.2	6	24.83	Incoerente	1.05	1.47	8.82
10.4	8	33.06	Incoerente	1.07	1.47	11.76
10.6	8	31.52	Incoerente	1.09	1.47	11.76
10.8	7	27.54	Incoerente	1.1	1.47	10.29
11	8	31.43	Incoerente	1.12	1.47	11.76
11.2	8	31.39	Incoerente	1.14	1.47	11.76
11.4	10	39.18	Incoerente	1.16	1.47	14.7
11.6	10	37.43	Incoerente	1.18	1.47	14.7
11.8	10	37.38	Incoerente	1.19	1.47	14.7
12	12	44.80	Incoerente	1.21	1.47	17.64
12.2	13	45.17	Incoerente	1.23	1.47	19.11
12.4	16	55.51	Incoerente	1.25	1.47	23.52
12.6	15	49.82	Incoerente	1.26	1.47	22.05
12.8	17	56.37	Incoerente	1.28	1.47	24.99
13	19	62.91	Incoerente	1.3	1.47	27.93
13.2	21	64.33	Incoerente	1.32	1.47	30.87
13.4	22	67.28	Incoerente	1.34	1.47	32.34
13.6	24	70.36	Incoerente	1.35	1.47	35.28
13.8	28	81.95	Incoerente	1.37	1.47	41.16

14	30	87.65	Incoerente	1.39	1.47	44.1
14.2	28	81.67	Incoerente	1.41	1.47	41.16
14.4	24	69.88	Incoerente	1.43	1.47	35.28
14.6	28	78.26	Incoerente	1.44	1.47	41.16
14.8	27	75.33	Incoerente	1.46	1.47	39.69
15	25	69.62	Incoerente	1.48	1.47	36.75

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh\_2

#### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	2.94	0.00-0.20	2.94	Meyerhof 1957	42.46
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Meyerhof 1957	29.26
Strato (3) Strato	1.47	0.40-0.60	1.47	Meyerhof 1957	28.56
Strato (4) Strato	1.47	0.60-0.80	1.47	Meyerhof 1957	27.9
Strato (5) Strato	4.41	0.80-1.00	4.41	Meyerhof 1957	47.25
Strato (6) Strato	41.16	1.00-1.20	41.16	Meyerhof 1957	100
Strato (7) Strato	36.75	1.20-1.40	36.75	Meyerhof 1957	100
Strato (8) Strato	49.98	1.40-1.60	32.49	Meyerhof 1957	100
Strato (9) Strato	27.93	1.60-1.80	21.465	Meyerhof 1957	97.64
Strato (10) Strato	11.76	1.80-2.00	11.76	Meyerhof 1957	71.62
Strato (11) Strato	23.52	2.00-2.20	19.26	Meyerhof 1957	90.85
Strato (12) Strato	23.52	2.20-2.40	19.26	Meyerhof 1957	90.07
Strato (13) Strato	8.82	2.40-2.60	8.82	Meyerhof 1957	60.43
Strato (14) Strato	5.88	2.60-2.80	5.88	Meyerhof 1957	48.93
Strato (15) Strato	14.7	2.80-3.00	14.7	Meyerhof 1957	76.73
Strato (16) Strato	20.58	3.00-3.20	17.79	Meyerhof 1957	83.73
Strato (17) Strato	13.23	3.20-3.40	13.23	Meyerhof 1957	71.63
Strato (18) Strato	7.35	3.40-3.60	7.35	Meyerhof 1957	52.98
Strato (19) Strato	4.41	3.60-3.80	4.41	Meyerhof 1957	40.72
Strato (20) Strato	5.88	3.80-4.00	5.88	Meyerhof 1957	46.66
Strato (21) Strato	4.41	4.00-4.20	4.41	Meyerhof 1957	40.11
Strato (22) Strato	7.35	4.20-4.40	7.35	Meyerhof 1957	51.4
Strato (23) Strato	5.88	4.40-4.60	5.88	Meyerhof 1957	45.64

Strato (24) Strato	4.41	4.60-4.80	4.41	Meyerhof 1957	39.24
Strato (25) Strato	5.88	4.80-5.00	5.88	Meyerhof 1957	44.99
Strato (26) Strato	4.41	5.00-5.20	4.41	Meyerhof 1957	38.69
Strato (27) Strato	7.35	5.20-5.40	7.35	Meyerhof 1957	49.61
Strato (28) Strato	5.88	5.40-5.60	5.88	Meyerhof 1957	44.07
Strato (29) Strato	5.88	5.60-5.80	5.88	Meyerhof 1957	43.78
Strato (30) Strato	5.88	5.80-6.00	5.88	Meyerhof 1957	43.49
Strato (31) Strato	5.88	6.00-6.20	5.88	Meyerhof 1957	43.21
Strato (32) Strato	7.35	6.20-6.40	7.35	Meyerhof 1957	48
Strato (33) Strato	5.88	6.40-6.60	5.88	Meyerhof 1957	42.66
Strato (34) Strato	7.35	6.60-6.80	7.35	Meyerhof 1957	47.39
Strato (35) Strato	5.88	6.80-7.00	5.88	Meyerhof 1957	42.13
Strato (36) Strato	7.35	7.00-7.20	7.35	Meyerhof 1957	46.81
Strato (37) Strato	7.35	7.20-7.40	7.35	Meyerhof 1957	46.53
Strato (38) Strato	8.82	7.40-7.60	8.82	Meyerhof 1957	50.67
Strato (39) Strato	8.82	7.60-7.80	8.82	Meyerhof 1957	50.37
Strato (40) Strato	11.76	7.80-8.00	11.76	Meyerhof 1957	57.83
Strato (41) Strato	13.23	8.00-8.20	13.23	Meyerhof 1957	60.98
Strato (42) Strato	13.23	8.20-8.40	13.23	Meyerhof 1957	60.63
Strato (43) Strato	11.76	8.40-8.60	11.76	Meyerhof 1957	56.84
Strato (44) Strato	11.76	8.60-8.80	11.76	Meyerhof 1957	56.53
Strato (45) Strato	10.29	8.80-9.00	10.29	Meyerhof 1957	52.59
Strato (46) Strato	11.76	9.00-9.20	11.76	Meyerhof 1957	55.91
Strato (47) Strato	10.29	9.20-9.40	10.29	Meyerhof 1957	52.02
Strato (48) Strato	8.82	9.40-9.60	8.82	Meyerhof 1957	47.9
Strato (49) Strato	8.82	9.60-9.80	8.82	Meyerhof 1957	47.65
Strato (50) Strato	10.29	9.80-10.00	10.29	Meyerhof 1957	51.2
Strato (51) Strato	8.82	10.00-10.20	8.82	Meyerhof 1957	47.16
Strato (52) Strato	11.76	10.20-10.40	11.76	Meyerhof 1957	54.18
Strato (53) Strato	11.76	10.40-10.60	11.76	Meyerhof 1957	53.9

Strato (54) Strato	10.29	10.60-10.80	10.29	Meyerhof 1957	50.17
Strato (55) Strato	11.76	10.80-11.00	11.76	Meyerhof 1957	53.37
Strato (56) Strato	11.76	11.00-11.20	11.76	Meyerhof 1957	53.1
Strato (57) Strato	14.7	11.20-11.40	14.7	Meyerhof 1957	59.08
Strato (58) Strato	14.7	11.40-11.60	14.7	Meyerhof 1957	58.8
Strato (59) Strato	14.7	11.60-11.80	14.7	Meyerhof 1957	58.52
Strato (60) Strato	17.64	11.80-12.00	16.32	Meyerhof 1957	61.37
Strato (61) Strato	19.11	12.00-12.20	17.055	Meyerhof 1957	62.44
Strato (62) Strato	23.52	12.20-12.40	19.26	Meyerhof 1957	66.05
Strato (63) Strato	22.05	12.40-12.60	18.525	Meyerhof 1957	64.48
Strato (64) Strato	24.99	12.60-12.80	19.995	Meyerhof 1957	66.68
Strato (65) Strato	27.93	12.80-13.00	21.465	Meyerhof 1957	68.78
Strato (66) Strato	30.87	13.00-13.20	22.935	Meyerhof 1957	70.78
Strato (67) Strato	32.34	13.20-13.40	23.67	Meyerhof 1957	71.59
Strato (68) Strato	35.28	13.40-13.60	25.14	Meyerhof 1957	73.45
Strato (69) Strato	41.16	13.60-13.80	28.08	Meyerhof 1957	77.29
Strato (70) Strato	44.1	13.80-14.00	29.55	Meyerhof 1957	78.94
Strato (71) Strato	41.16	14.00-14.20	28.08	Meyerhof 1957	76.63
Strato (72) Strato	35.28	14.20-14.40	25.14	Meyerhof 1957	72.2
Strato (73) Strato	41.16	14.40-14.60	28.08	Meyerhof 1957	75.98
Strato (74) Strato	39.69	14.60-14.80	27.345	Meyerhof 1957	74.67
Strato (75) Strato	36.75	14.80-15.00	25.875	Meyerhof 1957	72.33

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	2.94	0.00-0.20	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (3) Strato	1.47	0.40-0.60	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (4) Strato	1.47	0.60-0.80	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (5) Strato	4.41	0.80-1.00	4.41	Japanese National Railway	28.32
Strato (6) Strato	41.16	1.00-1.20	41.16	Japanese National Railway	39.35

Strato (7) Strato	36.75	1.20-1.40	36.75	Japanese National Railway	38.03
Strato (8) Strato	49.98	1.40-1.60	32.49	Japanese National Railway	36.75
Strato (9) Strato	27.93	1.60-1.80	21.465	Japanese National Railway	33.44
Strato (10) Strato	11.76	1.80-2.00	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (11) Strato	23.52	2.00-2.20	19.26	Japanese National Railway	32.78
Strato (12) Strato	23.52	2.20-2.40	19.26	Japanese National Railway	32.78
Strato (13) Strato	8.82	2.40-2.60	8.82	Japanese National Railway	29.65
Strato (14) Strato	5.88	2.60-2.80	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (15) Strato	14.7	2.80-3.00	14.7	Japanese National Railway	31.41
Strato (16) Strato	20.58	3.00-3.20	17.79	Japanese National Railway	32.34
Strato (17) Strato	13.23	3.20-3.40	13.23	Japanese National Railway	30.97
Strato (18) Strato	7.35	3.40-3.60	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (19) Strato	4.41	3.60-3.80	4.41	Japanese National Railway	28.32
Strato (20) Strato	5.88	3.80-4.00	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (21) Strato	4.41	4.00-4.20	4.41	Japanese National Railway	28.32
Strato (22) Strato	7.35	4.20-4.40	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (23) Strato	5.88	4.40-4.60	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (24) Strato	4.41	4.60-4.80	4.41	Japanese National Railway	28.32
Strato (25) Strato	5.88	4.80-5.00	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (26) Strato	4.41	5.00-5.20	4.41	Japanese National Railway	28.32
Strato (27) Strato	7.35	5.20-5.40	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (28) Strato	5.88	5.40-5.60	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (29) Strato	5.88	5.60-5.80	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (30) Strato	5.88	5.80-6.00	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (31) Strato	5.88	6.00-6.20	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (32) Strato	7.35	6.20-6.40	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (33) Strato	5.88	6.40-6.60	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (34) Strato	7.35	6.60-6.80	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (35) Strato	5.88	6.80-7.00	5.88	Japanese National Railway	28.76
Strato (36) Strato	7.35	7.00-7.20	7.35	Japanese National Railway	29.2

Strato (37) Strato	7.35	7.20-7.40	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (38) Strato	8.82	7.40-7.60	8.82	Japanese National Railway	29.65
Strato (39) Strato	8.82	7.60-7.80	8.82	Japanese National Railway	29.65
Strato (40) Strato	11.76	7.80-8.00	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (41) Strato	13.23	8.00-8.20	13.23	Japanese National Railway	30.97
Strato (42) Strato	13.23	8.20-8.40	13.23	Japanese National Railway	30.97
Strato (43) Strato	11.76	8.40-8.60	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (44) Strato	11.76	8.60-8.80	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (45) Strato	10.29	8.80-9.00	10.29	Japanese National Railway	30.09
Strato (46) Strato	11.76	9.00-9.20	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (47) Strato	10.29	9.20-9.40	10.29	Japanese National Railway	30.09
Strato (48) Strato	8.82	9.40-9.60	8.82	Japanese National Railway	29.65
Strato (49) Strato	8.82	9.60-9.80	8.82	Japanese National Railway	29.65
Strato (50) Strato	10.29	9.80-10.00	10.29	Japanese National Railway	30.09
Strato (51) Strato	8.82	10.00-10.20	8.82	Japanese National Railway	29.65
Strato (52) Strato	11.76	10.20-10.40	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (53) Strato	11.76	10.40-10.60	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (54) Strato	10.29	10.60-10.80	10.29	Japanese National Railway	30.09
Strato (55) Strato	11.76	10.80-11.00	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (56) Strato	11.76	11.00-11.20	11.76	Japanese National Railway	30.53
Strato (57) Strato	14.7	11.20-11.40	14.7	Japanese National Railway	31.41
Strato (58) Strato	14.7	11.40-11.60	14.7	Japanese National Railway	31.41
Strato (59) Strato	14.7	11.60-11.80	14.7	Japanese National Railway	31.41
Strato (60) Strato	17.64	11.80-12.00	16.32	Japanese National Railway	31.9
Strato (61) Strato	19.11	12.00-12.20	17.055	Japanese National Railway	32.12
Strato (62) Strato	23.52	12.20-12.40	19.26	Japanese National Railway	32.78
Strato (63) Strato	22.05	12.40-12.60	18.525	Japanese National Railway	32.56
Strato (64) Strato	24.99	12.60-12.80	19.995	Japanese National Railway	33
Strato (65) Strato	27.93	12.80-13.00	21.465	Japanese National Railway	33.44
Strato (66) Strato	30.87	13.00-13.20	22.935	Japanese National Railway	33.88

Strato (67) Strato	32.34	13.20-13.40	23.67	Japanese National Railway	34.1
Strato (68) Strato	35.28	13.40-13.60	25.14	Japanese National Railway	34.54
Strato (69) Strato	41.16	13.60-13.80	28.08	Japanese National Railway	35.42
Strato (70) Strato	44.1	13.80-14.00	29.55	Japanese National Railway	35.86
Strato (71) Strato	41.16	14.00-14.20	28.08	Japanese National Railway	35.42
Strato (72) Strato	35.28	14.20-14.40	25.14	Japanese National Railway	34.54
Strato (73) Strato	41.16	14.40-14.60	28.08	Japanese National Railway	35.42
Strato (74) Strato	39.69	14.60-14.80	27.345	Japanese National Railway	35.2
Strato (75) Strato	36.75	14.80-15.00	25.875	Japanese National Railway	34.76

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	2.94	0.00-0.20	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTTO
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTTO
Strato (3) Strato	1.47	0.40-0.60	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTTO
Strato (4) Strato	1.47	0.60-0.80	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTTO
Strato (5) Strato	4.41	0.80-1.00	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (6) Strato	41.16	1.00-1.20	41.16	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (7) Strato	36.75	1.20-1.40	36.75	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (8) Strato	49.98	1.40-1.60	32.49	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (9) Strato	27.93	1.60-1.80	21.465	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (10) Strato	11.76	1.80-2.00	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (11) Strato	23.52	2.00-2.20	19.26	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (12) Strato	23.52	2.20-2.40	19.26	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (13) Strato	8.82	2.40-2.60	8.82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (14) Strato	5.88	2.60-2.80	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (15) Strato	14.7	2.80-3.00	14.7	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (16) Strato	20.58	3.00-3.20	17.79	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (17) Strato	13.23	3.20-3.40	13.23	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (18) Strato	7.35	3.40-3.60	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (19) Strato	4.41	3.60-3.80	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Strato (20) Strato	5.88	3.80-4.00	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (21) Strato	4.41	4.00-4.20	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (22) Strato	7.35	4.20-4.40	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (23) Strato	5.88	4.40-4.60	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (24) Strato	4.41	4.60-4.80	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (25) Strato	5.88	4.80-5.00	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (26) Strato	4.41	5.00-5.20	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (27) Strato	7.35	5.20-5.40	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (28) Strato	5.88	5.40-5.60	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (29) Strato	5.88	5.60-5.80	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (30) Strato	5.88	5.80-6.00	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (31) Strato	5.88	6.00-6.20	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (32) Strato	7.35	6.20-6.40	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (33) Strato	5.88	6.40-6.60	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (34) Strato	7.35	6.60-6.80	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (35) Strato	5.88	6.80-7.00	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (36) Strato	7.35	7.00-7.20	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (37) Strato	7.35	7.20-7.40	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (38) Strato	8.82	7.40-7.60	8.82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (39) Strato	8.82	7.60-7.80	8.82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (40) Strato	11.76	7.80-8.00	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (41) Strato	13.23	8.00-8.20	13.23	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (42) Strato	13.23	8.20-8.40	13.23	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (43) Strato	11.76	8.40-8.60	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (44) Strato	11.76	8.60-8.80	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (45) Strato	10.29	8.80-9.00	10.29	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (46) Strato	11.76	9.00-9.20	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (47) Strato	10.29	9.20-9.40	10.29	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (48) Strato	8.82	9.40-9.60	8.82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (49) Strato	8.82	9.60-9.80	8.82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Strato (50) Strato	10.29	9.80-10.00	10.29	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (51) Strato	8.82	10.00-10.20	8.82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (52) Strato	11.76	10.20-10.40	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (53) Strato	11.76	10.40-10.60	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (54) Strato	10.29	10.60-10.80	10.29	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (55) Strato	11.76	10.80-11.00	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (56) Strato	11.76	11.00-11.20	11.76	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (57) Strato	14.7	11.20-11.40	14.7	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (58) Strato	14.7	11.40-11.60	14.7	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (59) Strato	14.7	11.60-11.80	14.7	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (60) Strato	17.64	11.80-12.00	16.32	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (61) Strato	19.11	12.00-12.20	17.055	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (62) Strato	23.52	12.20-12.40	19.26	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (63) Strato	22.05	12.40-12.60	18.525	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (64) Strato	24.99	12.60-12.80	19.995	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (65) Strato	27.93	12.80-13.00	21.465	Classificazione A.G.I	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato (66) Strato	30.87	13.00-13.20	22.935	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (67) Strato	32.34	13.20-13.40	23.67	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (68) Strato	35.28	13.40-13.60	25.14	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (69) Strato	41.16	13.60-13.80	28.08	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (70) Strato	44.1	13.80-14.00	29.55	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (71) Strato	41.16	14.00-14.20	28.08	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (72) Strato	35.28	14.20-14.40	25.14	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (73) Strato	41.16	14.40-14.60	28.08	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (74) Strato	39.69	14.60-14.80	27.345	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (75) Strato	36.75	14.80-15.00	25.875	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

PROVA ...Dpsh\_3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 03/01/2020  
 Profondità prova 2.00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.98	10.51
0.40	1	0.851	8.94	10.51
0.60	2	0.847	16.34	19.29
0.80	2	0.843	16.27	19.29
1.00	2	0.840	16.20	19.29
1.20	3	0.836	24.19	28.93
1.40	2	0.833	16.06	19.29
1.60	2	0.830	14.78	17.82
1.80	7	0.826	51.54	62.38
2.00	Rifiuto	--	--	--

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
0.2	1	8.98	Incoerente	0.01	1.47	1.47
0.4	1	8.94	Incoerente	0.04	1.47	1.47
0.6	2	16.34	Incoerente	0.07	1.47	2.94
0.8	2	16.27	Incoerente	0.1	1.47	2.94
1	2	16.20	Incoerente	0.13	1.47	2.94
1.2	3	24.19	Incoerente	0.16	1.47	4.41
1.4	2	16.06	Incoerente	0.19	1.47	2.94
1.6	2	14.78	Incoerente	0.22	1.47	2.94
1.8	7	51.54	Incoerente	0.25	1.47	10.29
2	Rifiuto	--	--	--	--	--

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh\_3

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	1.47	0.00-0.20	1.47	Meyerhof 1957	30.12
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Meyerhof 1957	29.51
Strato (3) Strato	2.94	0.40-0.60	2.94	Meyerhof 1957	40.93
Strato (4) Strato	2.94	0.60-0.80	2.94	Meyerhof 1957	40.17
Strato (5) Strato	2.94	0.80-1.00	2.94	Meyerhof 1957	39.45
Strato (6) Strato	4.41	1.00-1.20	4.41	Meyerhof 1957	47.48
Strato (7) Strato	2.94	1.20-1.40	2.94	Meyerhof 1957	38.12

Strato (8) Strato	2.94	1.40-1.60	2.94	Meyerhof 1957	37.5
Strato (9) Strato	10.29	1.60-1.80	10.29	Meyerhof 1957	69.06

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	1.47	0.00-0.20	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Japanese National Railway	27.44
Strato (3) Strato	2.94	0.40-0.60	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (4) Strato	2.94	0.60-0.80	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (5) Strato	2.94	0.80-1.00	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (6) Strato	4.41	1.00-1.20	4.41	Japanese National Railway	28.32
Strato (7) Strato	2.94	1.20-1.40	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (8) Strato	2.94	1.40-1.60	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (9) Strato	10.29	1.60-1.80	10.29	Japanese National Railway	30.09

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	1.47	0.00-0.20	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Strato	1.47	0.20-0.40	1.47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) Strato	2.94	0.40-0.60	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (4) Strato	2.94	0.60-0.80	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (5) Strato	2.94	0.80-1.00	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (6) Strato	4.41	1.00-1.20	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (7) Strato	2.94	1.20-1.40	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (8) Strato	2.94	1.40-1.60	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (9) Strato	10.29	1.60-1.80	10.29	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

PROVA ...Dpsh\_4

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 03/01/2020  
 Profondità prova 2.00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	12	0.855	107.76	126.09
0.40	22	0.751	173.55	231.16
0.60	10	0.847	81.68	96.43
0.80	6	0.843	48.80	57.86
1.00	5	0.840	40.49	48.22
1.20	5	0.836	40.32	48.22
1.40	5	0.833	40.16	48.22
1.60	2	0.830	14.78	17.82
1.80	3	0.826	22.09	26.73
2.00	Rifiuto	--	--	--

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
0.2	12	126.09	Incoerente	0.02	1.47	17.64
0.4	22	231.16	Incoerente	0.05	1.47	32.34
0.6	10	96.43	Incoerente	0.09	1.47	14.7
0.8	6	57.86	Incoerente	0.12	1.47	8.82
1	5	48.22	Incoerente	0.16	1.47	7.35
1.2	5	48.22	Incoerente	0.2	1.47	7.35
1.4	5	48.22	Incoerente	0.23	1.47	7.35
1.6	2	17.82	Incoerente	0.27	1.47	2.94
1.8	3	26.73	Incoerente	0.3	1.47	4.41
2	Rifiuto	--	--	--	--	--

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh\_4

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	17.64	0.00-0.20	17.64	Meyerhof 1957	100
Strato (2) Strato	32.34	0.20-0.40	32.34	Meyerhof 1957	100
Strato (3) Strato	14.7	0.40-0.60	14.7	Meyerhof 1957	90.64
Strato (4) Strato	8.82	0.60-0.80	8.82	Meyerhof 1957	68.68
Strato (5) Strato	7.35	0.80-1.00	7.35	Meyerhof 1957	61.39
Strato (6) Strato	7.35	1.00-1.20	7.35	Meyerhof 1957	60.15
Strato (7) Strato	7.35	1.20-1.40	7.35	Meyerhof 1957	58.99

Strato (8) Strato	2.94	1.40-1.60	2.94	Meyerhof 1957	36.62
Strato (9) Strato	4.41	1.60-1.80	4.41	Meyerhof 1957	44.04

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	17.64	0.00-0.20	17.64	Japanese National Railway	32.29
Strato (2) Strato	32.34	0.20-0.40	32.34	Japanese National Railway	36.7
Strato (3) Strato	14.7	0.40-0.60	14.7	Japanese National Railway	31.41
Strato (4) Strato	8.82	0.60-0.80	8.82	Japanese National Railway	29.65
Strato (5) Strato	7.35	0.80-1.00	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (6) Strato	7.35	1.00-1.20	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (7) Strato	7.35	1.20-1.40	7.35	Japanese National Railway	29.2
Strato (8) Strato	2.94	1.40-1.60	2.94	Japanese National Railway	27.88
Strato (9) Strato	4.41	1.60-1.80	4.41	Japanese National Railway	28.32

#### Classificazione AGI

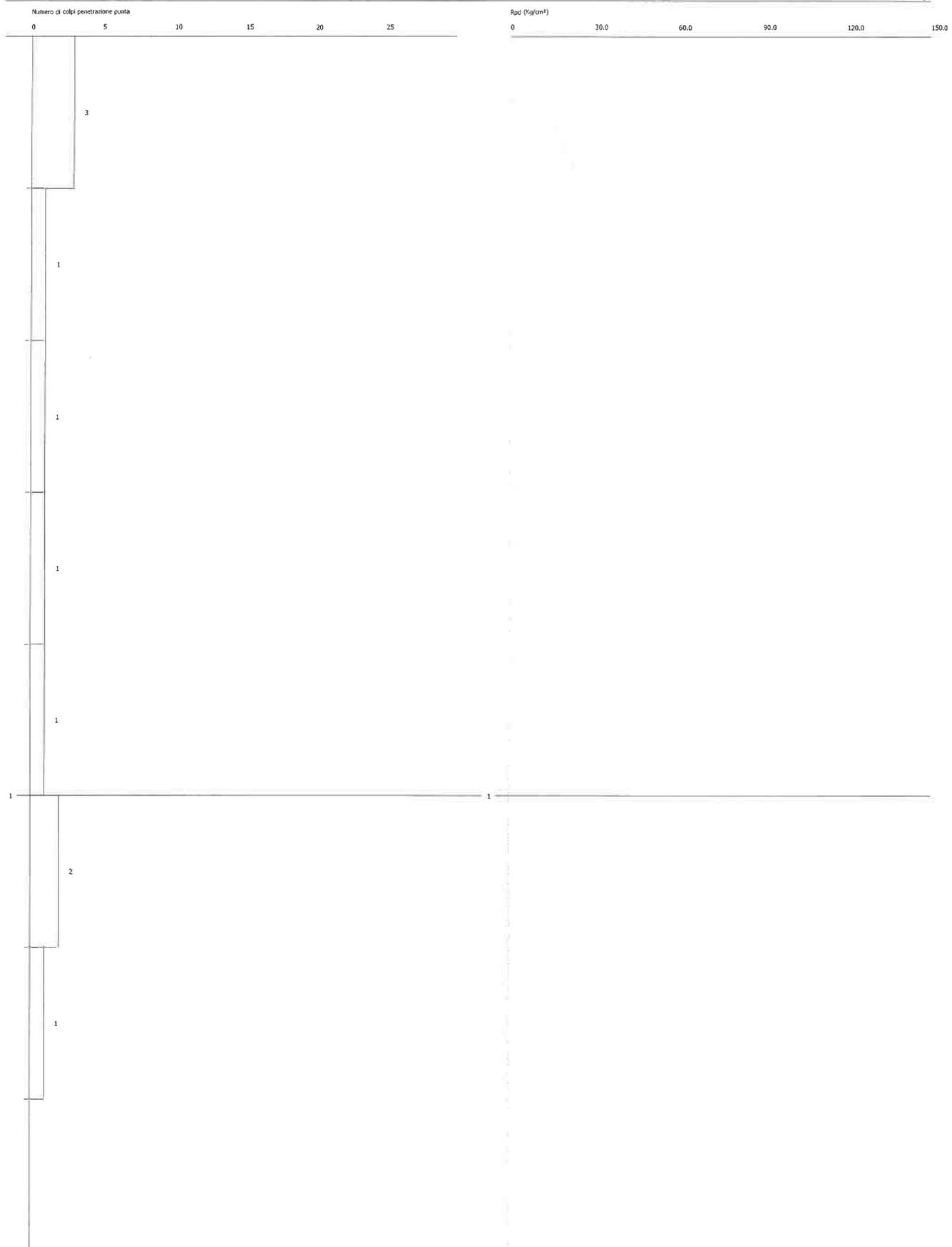
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	17.64	0.00-0.20	17.64	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Strato	32.34	0.20-0.40	32.34	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (3) Strato	14.7	0.40-0.60	14.7	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Strato	8.82	0.60-0.80	8.82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (5) Strato	7.35	0.80-1.00	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (6) Strato	7.35	1.00-1.20	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (7) Strato	7.35	1.20-1.40	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (8) Strato	2.94	1.40-1.60	2.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (9) Strato	4.41	1.60-1.80	4.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Dpsh\_1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 FAGANE

Committente: Dott. Geol. Marco Zanichelli  
Descrizione: Via Doria 2 - ITS Cappolini  
Località: La Spezia

Data: 03/01/2020

Scala 1:7

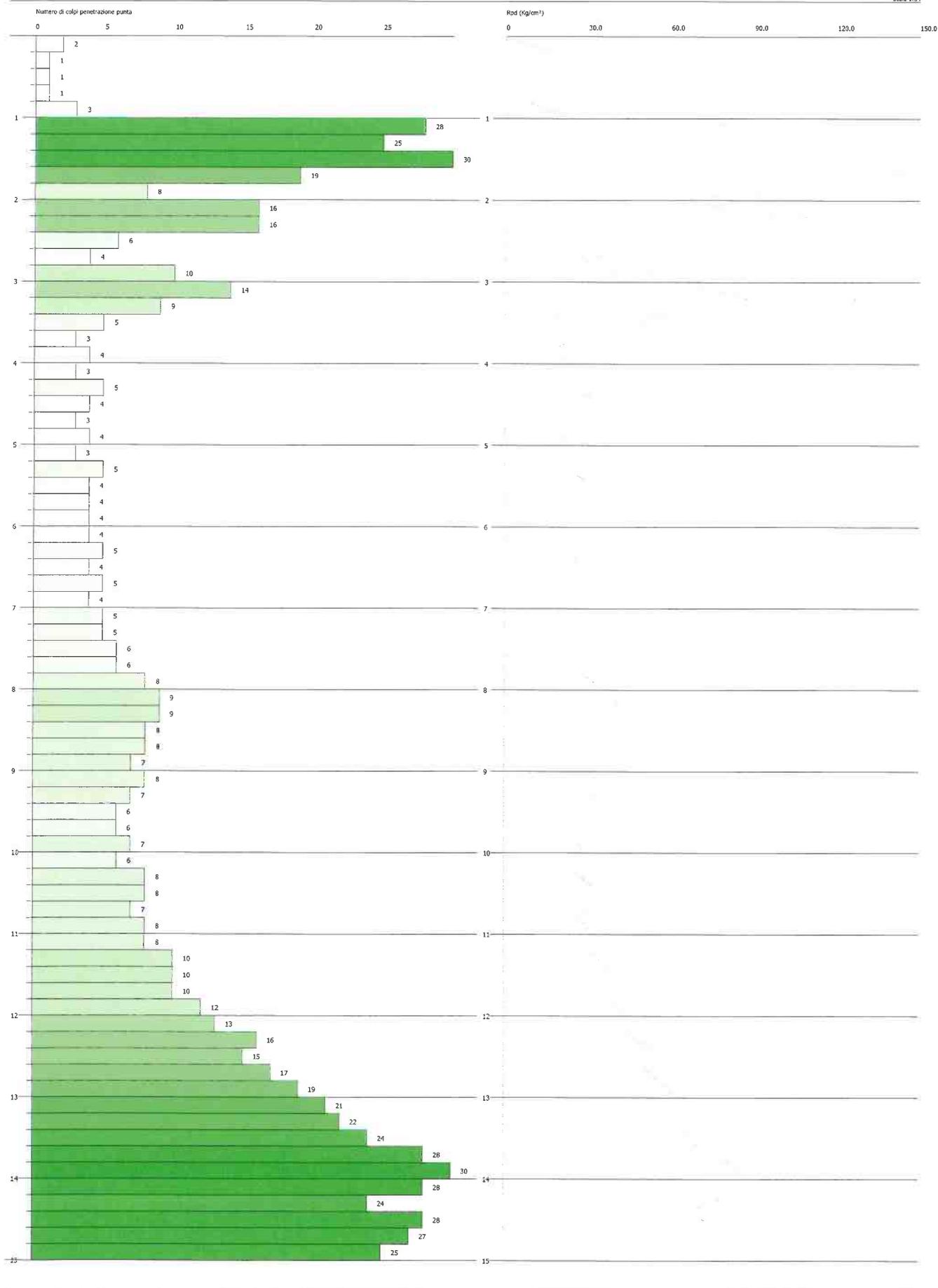


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Dpsh\_2  
 Strumento utilizzato... DPSH TG 6.3-200 PAGANI

Committente: Dott. Geol. Marco Zanocchi  
 Destinazione: Via Doria 2 - FTS Cappellini  
 Località: La Spezia

Data: 03/01/2020

Scala 1:50



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Dpsh\_3  
Strumento utilizzato... DP5H TG 63-200 PAGANE

Committente: Dott. Geol. Marco Zanicchi  
Descrizione: Via Donia 2 - ITS Ceppellini  
Località: La Spezia

Data: 03/01/2020

Scala 1:3

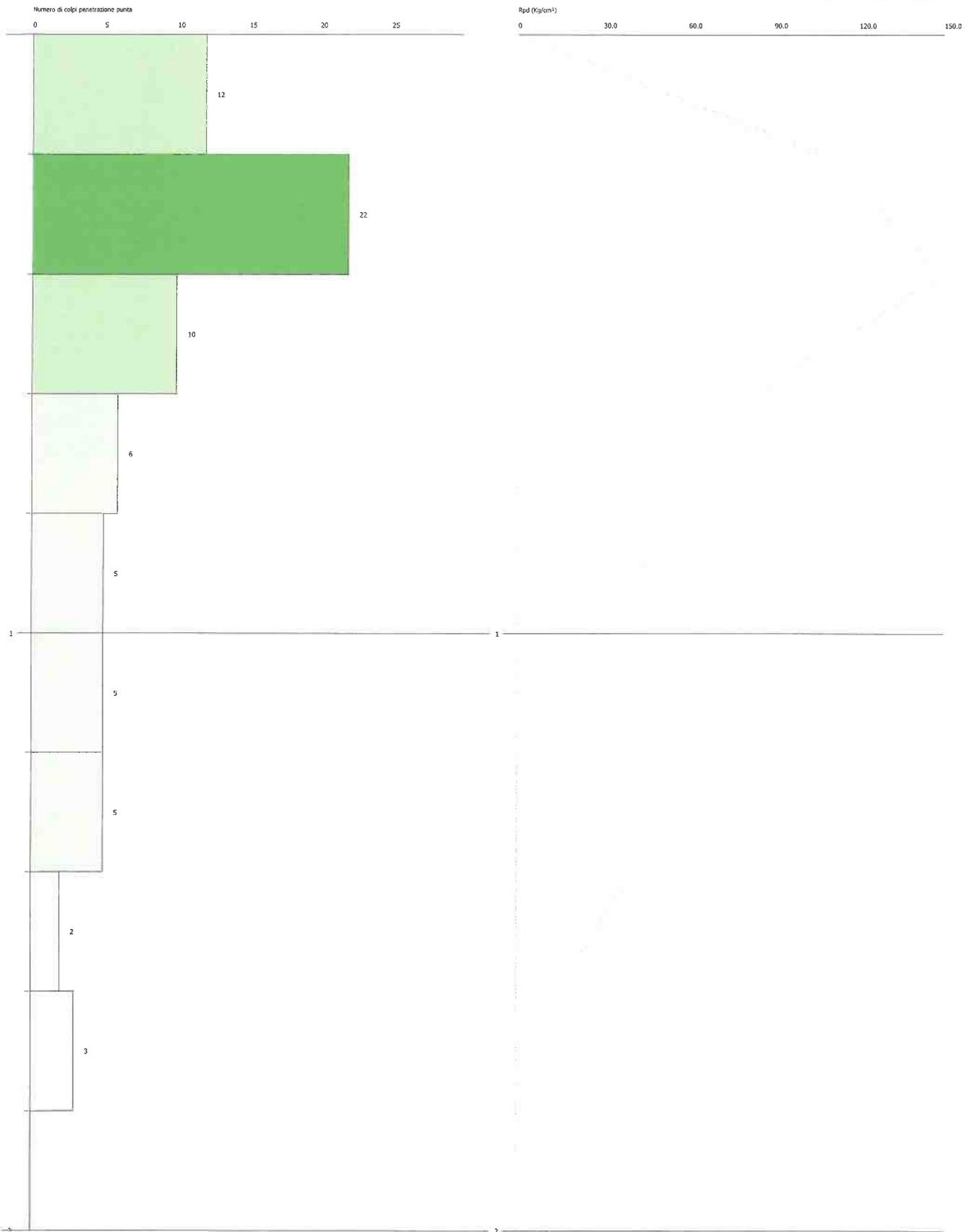


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Dpst...5**  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Dott. Geol. Marco Zanocchi  
Descrizione: Via Doria 2 - ITS Cappellini  
Località: La Spezia

Data: 03/01/2020

Scala 1:9



## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

METODO DI ANDRUS E STOKOE (1997)

### Sismica a rifrazione

Spessore [m]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	$\sigma_{vo}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{vo}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	FC [%]	Vsl [m/s]	Vslc [m/s]
9,5	1900	200	1,81	0,86	20	208	210,00
2,5	1900	450	0,48	0,48	30	542	203,33
18	2100	500	3,78	1,98	20	422	210,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00
			0,00	0,00		0	0,00

R	T	FS
0,5728	0,0120	47,55
0,8771	0,0061	144,23
0,5266	0,0082	64,16
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00
0,0000	0,0000	0,00

Zona 3	$a_{max}$	0,15
--------	-----------	------

M	6,5
MSF	1,6036

Falda	3,00	[m]
-------	------	-----

- $\gamma$  Peso di volume terreno
- FC Percentuale di fine
- T sforzo tagliante indotto dal sisma
- R resistenza al taglio mobilabile nello strato
- M Magnitudo del sisma di riferimento
- MSF Coefficiente correttivo
- $\sigma_v$  Tensione verticale
- $\sigma'_{vo}$  Tensione verticale efficace

Vsl e Vslc Fattori correttivi

Il deposito è considerato non liquefacibile se **Fs** > 1.