

## RELAZIONE GEOLOGICA

**Committente:** *Comune di Monte San Giovanni Campano*

---

**Oggetto:** *Relazione geologica e geognostica per l'Adeguamento Sismico  
Edificio Scolastico "La Lucca"*

---

**Località:** *Via La Lucca – Comune di Monte San Giovanni Campano (FR)*

---

**Data:** *Aprile 2021*

---

*Dott. Geol. Valentina D'Orazio*



### Premessa

A seguito dell'incarico conferitomi dal Comune di Monte San Giovanni Campano è stata eseguita un'indagine a carattere geologico e geofisico nel Comune di Monte San Giovanni Campano (FR), per l'Adeguamento Sismico dell'Edificio Scolastico sito in Via La Lucca.

L'intervento di studio è consistito in:

- N. 2 sondaggi geognostici con prelievo di campioni per la realizzazione di prove di laboratorio (presso Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti)
- N. 2 prove penetrometriche DPSH
- N. 2 profili sismici di tipo MASW
- N. 1 indagine geofisica di tipo DOWN HOLE
- N. 1 indagine geofisica HVSr (analisi di Microtremori per l'identificazione della frequenza fondamentale di risonanza dei terreni)
- Studio di Risposta sismica locale

Le indagini sono state eseguite secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17 gennaio 2018 ed in adempimento al nuovo Regolamento Regionale del Lazio n. 26 del 26 ottobre 2020. Nel presente lavoro sono inoltre indicati tutti i contenuti minimi della Relazione Geologica previsti nell'Allegato C del medesimo Regolamento Regionale.

In base al Regolamento Regionale n. 26 del 26 ottobre 2020, il sito è posto nel livello di vulnerabilità ALTO (Comune di Monte San Giovanni Campano zona sismica 2a – classe d'uso III).

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Si allegano i seguenti elaborati:

- TAVOLA 1: Cartografia Generale I.G.M. - scala 1:25.000;
- TAVOLA 2: Cartografia Generale C.T.R. - scala 1:10.000;
- TAVOLA 3: Stralcio Carta Idrogeologica del Lazio;
- TAVOLA 4: Stralcio carta Geologica d'Italia;
- TAVOLA 5: Carta Geologica di dettaglio - scala 1: 1000;
- TAVOLA 6: Stralcio Cartografia PAI - Rischio Frana;
- TAVOLA 7: Stralcio Cartografia Vincolo Idrogeologico;
- TAVOLA 8: Planimetria catastale - scala 1:2000
- TAVOLA 9: Planimetria con ubicazione indagini - scala 1:500;
- TAVOLA 10 e 11: Sezioni litotecniche-interpretative - scala 1:200
- ALLEGATO 12: Indagini minime secondo il DM n° 26 del 26/10/2020
  - Stratigrafia di Sondaggio geognostico
  - Prove DPSH
  - Prove geofisiche di tipo MASW
  - Prove geofisica di tipo DOWN HOLE
  - Prove geofisica di tipo HVSR
  - Certificati di Laboratorio
  - Documentazione fotografica
- ALLEGATO 13: Spettri di Risposta Sismica Locale (RSL)

### **Ubicazione dell'aria**

Topograficamente il sito dell'indagine rientra nella Tavoletta “Arce” F° 160 IV NO. della Carta d'Italia dell'I.G.M.; in loc. La Lucca, presso il Comune di Monte San Giovanni Campano (Fr) ad una quota media di circa 243 metri s.l.m.

Inoltre l'area rientra nella sezione N° 390150 “Monte San Giovanni Campano” della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 della Regione Lazio. Al catasto l'area è censita nel Foglio n° 32 part. 1033

## RELAZIONE GEOLOGICA

### **Caratteristiche Geomorfologiche**

L'area in esame è posta in un territorio a morfologia da sub-pianeggiante a debolmente ondulata a una quota media di circa 243 m s.l.m. circa a 2 km a sud/sud-ovest del Colle dove sorge l'abitato di Monte San Giovanni Campano, per la precisione lungo via La Lucca. Ci troviamo all'interno della Valle Latina, ai piedi della catena montuosa dei Monti Ernici che si estendono a oltre 6 km a nord/est del sito.

Il territorio all'interno del quale ricade l'area in esame si colloca infatti nel bacino idrografico del Fiume Liri, per la precisione a circa 900 m ad ovest dal corso del Torrente Amaseno, il quale confluisce in destra idrografica nel Fiume Liri, più a sud presso il comune di Strangolagalli

A circa 300 m ad ovest dell'area si colloca il Fosso del Monte, a carattere stagionale, che più a sud si immette nel corso del Riso San Lucio, anche lui affluente in destra idrografica del Torrente Amaseno

La zona in esame si presenta mediamente urbanizzata, con la presenza di strade e abitazioni che hanno determinato parziali mutamenti dell'originario equilibrio ambientale inteso prevalentemente come alterazione del sistema idraulico forestale e vegetazionale originario. Le pendenze medie sono dell'ordine del 5°.

L'area non ricade in zona cartografata a Vincolo Idrogeologico (vedi *Tavola 7*), inoltre dal rilevamento condotto in sito, dalle prove geognostiche e geofisiche non si sono riscontrati dissesti in atto o potenziali, si può così affermare che l'area può considerarsi a bassa potenzialità di dissesto nell'attuale quadro geomorfologico come confermato anche dalla Cartografia PAI – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, dove l'area non ricade in nessuna zona a Rischio Idrogeologico (vedi *Tavola 6*)

## **Caratteristiche geologiche**

### **INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

La caratterizzazione geo-litologica dei terreni affioranti nell'area esaminata è stata effettuata attraverso una attenta analisi della cartografia geologica disponibile, attraverso le indagini geognostiche effettuate nel sito e attraverso un rilevamento geologico di dettaglio, esteso anche alle aree limitrofe.

L'insieme di queste osservazioni ha permesso di caratterizzare i depositi affioranti nell'area come Depositi di Sabbie Travertinose Limose di colore beige da poco a mediamente addensate con ostacofaune dulcicole (PLEISTOCENE) al di sopra sono stati riscontrati dei depositi di Riporto Antropico dello spessore variabile da 1 a 3 m costituiti da limi argillosi di colore marrone-beige con inclusi pluricentrici calcarei, pezzi di laterizi e pezzi di cemento e malta cementizia (vedi *Tavola 5 - Carta Geologica di Dettaglio e Tavole 10 e 11 – Sezioni Litotecniche-Interpretative*)

Per il sito in esame non è disponibile la cartografia MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica)

## **Caratteristiche idrogeologiche**

Il Comune di Monte San Giovanni Campano ricade all'interno del bacino del Liri. Il territorio di Monte San Giovanni Campano si trova infatti, compreso tra due aste fluviali di grande importanza quali il Fiume Liri e il Torrente Amaseno. Il Fiume Liri scorre, per buona parte, nel territorio comunale posto più a sud-est. Il Torrente Amaseno, invece, lungo circa 20 km, scorre lungo tutto il lato ovest prima e NW-SE dopo della dorsale monticiana.

L'area in esame si colloca per la precisione a circa 900 m ad ovest dal corso del Torrente Amaseno, il quale confluisce in destra idrografica nel Fiume Liri, più a sud presso il comune di Strangolagalli. A circa 300 m ad ovest del sito si colloca il Fosso del Monte, a carattere stagionale, che più a sud si immette nel corso del Riso San Lucio, anche lui affluente in destra idrografica del Torrente Amaseno.

Il sito in esame ricade all'interno del Complesso dei Depositi Fluvio-Palustri e Lacustri (PLEISTOCENE-OLOCENE) caratterizzato da potenzialità acquifera bassa. Si tratta di depositi prevalentemente limo-argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra con locali intercalazioni ghiaiose o travertinose con spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri.

La prevalente componente argillosa di questo complesso impedisce una circolazione idrica sotterranea significativa; la presenza di ghiaie, sabbie e travertini può dare origine a limitate falde locali (vedi *Carta Idrogeologica – Tavola 3*)

Durante il rilevamento non sono state intercettati livelli di falda;

## **CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA E SISMICA**

### **Sondaggio geognostico**

Sulla base della normativa vigente è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche tesa a definire l'assetto stratigrafico e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti nel sito di studio.

Sono stati eseguiti n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, il primo spinto ad una profondità massima di – 30 m da p.c. con allestimento del tubo in PVC per l'esecuzione della Prova Down Hole, il secondo spinto fino ad una profondità di – 5 m da p.c. Nel primo sondaggio sono stati prelevati due campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio.

L'Ubicazione del sondaggio è riportata nella *Tavola 9 - Planimetria e Ubicazione Indagini*.

Le stratigrafie e la documentazione fotografica sono state allegate nell' *Allegato 12*

La perforazione a carotaggio continuo, è stata eseguita utilizzando un sistema di perforazione con asta e carotiere semplice, con  $(\phi) = 101$  mm, che ha consentito una percentuale di carotaggio variabile dall'90 al 100%. Le carote estratte sono state disposte in apposite cassette catalogatrici.

### **Prove Penetrometriche DPSH**

Il programma d'indagine ha previsto anche l'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche del tipo DPSH che hanno raggiunto la profondità rispettivamente di – 4.50 m e di – 3.30 m ed ubicata come nella planimetria in *Tavola 9*.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari alla penetrazione. Tale numero di colpi viene correlato, utilizzando formule sperimentali, al valore  $N_{spt}$  "Standard Penetration Test". L'elaborazione della prova, l'interpretazione e visualizzazione grafica dei risultati consente di "catalogare e parametrizzare" il sottosuolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere informazioni sullo stato di addensamento o consistenza dei vari livelli attraversati. Le prove penetrometriche sono state condotte secondo gli standard consigliati dall'Associazione Geotecnica Italiana ("Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche", giugno 1977), a cui si rimanda per una descrizione più dettagliata delle modalità esecutive delle prove.

I risultati sono riportati in *Allegato 12*.

### **Prove di laboratorio**

Dal sondaggio S1 sono stati prelevati n° 2 campioni ad una quota rispettivamente di - 0.50 m da p.c. e - 7.00 m da p.c. e sottoposti ad analisi di laboratorio certificato.

I risultati sono schematizzati di seguito e riportati in completo in *Allegato 12*:

Campione	Profondità {m}	$\gamma_n$ (Peso per unità di volume) {kN/m <sup>3</sup> }	$\phi$ (Angolo d'attrito) {°}	$c'$ (Coesione drenata) {kPa}
S1C1	0.50-1.00	16.8	26.4	7.6
S1C2	7.00-7.50	19.4	31.5	16.3

### **Caratteristiche fisico-meccaniche**

Per la caratterizzazione stratigrafica e fisico-meccanica dei terreni presenti in sito, oltre all'acquisizione di dati tramite il rilevamento geologico di dettaglio, sono stati presi in considerazione i risultati derivanti dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati e quelle derivanti delle prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite, unitamente a dati relativi a indagini pregresse eseguite dallo Scrivente e relativi alle medesime litologie (*vedi Tavola 10 e 11: Sezione Litotecnica-interpretativa*).

Si possono attribuire ai depositi presenti in sito i seguenti parametri fisico-meccanici di riferimento:

**UNITA' LITOTECNINCA A** – (- 0.40 a – 2.00 m da p.c.) - Riporto Antropico costituito da limi argillosi di colore marrone-beige con inclusi pluricentrici calcarei, pezzi di laterizi e pezzi di cemento e malta cementizia.

- peso di volume ( $\gamma_n$ ) = 16.5/18.5 kN/m<sup>3</sup>;
- coesione drenata ( $c'$ ) = 5/10 KPa
- angolo di attrito ( $\phi$ ) = 26/28°

**UNITA' LITOTECNINCA B**– (- 2.00 a - 30.00 m da p.c.) - Depositi di Sabbie Travertinose Limose di colore beige da poco a mediamente addensate con ostacofaune dulcicole (PLEISTOCENE), caratterizzate da buone caratteristiche geomeccaniche.

- peso di volume ( $\gamma_n$ ) = 19.0/20.0 kN/m<sup>3</sup>;
- coesione drenata ( $c'$ ) = 15.0/18.0 KPa
- angolo di attrito ( $\phi$ ) = 29.0/31.0°
- coesione non drenata ( $c_u$ ) = 100/120 kPa
- modulo edometrico ( $E$ ) - ( $50\text{kPa} < \sigma < 100\text{ kPa}$ ) = 5.000/6.000 kPa



## **Sismicità dell'area**

DM 17/01/2018

### **DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

La definizione dell'azione sismica di progetto è calcolata in conformità alle disposizioni dell'attuale Decreto Ministeriale “17 Gennaio 2018” che identifica nuovi criteri per l'identificazione della accelerazione orizzontale massima al sito, categoria di suolo di fondazione e dell'accelerazione massima orizzontale del terreno.

### **COORDINATE**

In Base al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 il valore di accelerazione massima sul suolo  $a_g$  è identificato per diversi stati limite su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km. Le coordinate del sito in esame sono le seguenti: Lat. 41.371805° N– Long. 13.302642° E.

L'area di pertinenza del Comune di Monte San Giovanni Campano (FR), ricade in Zona Sismica 2a, come riportato nell'elenco delle Unità Amministrative Sismiche (U.A.S.) con studi di MS1 validati dal Servizio Geologico e Sismico Regionale ([http://www.regione.lazio.it/prl\\_ambiente/?vw=uas](http://www.regione.lazio.it/prl_ambiente/?vw=uas)).

La tabella sottostante evidenzia la suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido, (che nel sito in oggetto lo abbiamo posto in maniera cautelativa a – 30 m da p.c.) utilizzate per la Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio (2009):

Zona Sismica	Sottozona Sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
1	-	$0.25 \leq a_g < 0.278$ (valore max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(valore min) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Pertanto, per la zona sismica 2a ci si aspetta un'accelerazione ( $a_g$ ) compresa fra 0.20 e 0.25.

## INDAGINE DI TIPO MASW

### **Metodologia d'indagine analisi MASW**

L'indagine è consistita nella realizzazione di n. 2 sezioni sismiche a 24 canali con acquisizione dei dati ottimizzata per elaborazione mediante analisi “Masw”, ovvero Multichannel Analysis of Surface Waves, consentendo la determinazione delle Vs30 nell'area in oggetto.

Le Masw hanno consentito di indagare una porzione di terreno fino alla profondità massima di 30 metri.

Il sistema Masw consiste nel misurare le velocità delle onde superficiali a differenti frequenze, la variazione delle quali viene chiamata dispersione, dovuta alla stratificazione delle velocità delle onde S nella determinazione dello spettro di velocità. Grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione con software winMASW 4.0, le misure permettono di determinare il profilo verticale delle Vs30 che rappresenta un valore medio della velocità delle onde S entro i primi 30 metri dal p.c. Lo strumento è composto da una sorgente di onde sismiche, da 24 geofoni posti a 2 metri di distanza, con frequenza 4,5 Hz, per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde e da un dispositivo hardware di registrazione dei dati.

La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 10 kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni ed inviate al sismografo centrale di acquisizione. Si eseguono diverse energizzazioni e si misura l'attenuazione del segnale sismico lungo la stesa.

Per il Progetto in esame, in considerazione degli spazi e dell'accessibilità dei luoghi si è optato uno stendimento composto di una catena geofonica dotata di 12 sensori verticali da 4.5 Hz, posti a distanza reciproca di m 3.0 e con offset minimo di 3.5 m.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- VS, la velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2. II. delle NTC 2018:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.II delle NTC 17-01-2018 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

si precisa inoltre che, come esplicitato dalla D.G.R. Lazio 535/12, per avere un'inversione di velocità significativa si devono verificare contemporaneamente le seguenti condizioni:

1. un terreno rigido che in profondità sovrasta un terreno soffice con un rapporto  $V_s \text{ rig} / V_s \text{ sof} > 1.5$ ;
2. la differenza fra le  $V_s$  dei due terreni deve essere  $> 200 \text{ m/s}$ ;
3. lo spessore dello strato a minore velocità deve essere  $> 5\text{m}$
4. la  $V_s$  dello strato più rigido deve essere  $\geq 500 \text{ m/s}$ .

### **Risultati dell'indagine MASW**

I risultati delle prove consistono in una curva di dispersione ed in uno spettro di velocità, con un profilo verticale delle onde S. Si sottolinea che le analisi del tipo MASW, determinando valori delle  $V_s$  equivalenti ricavati lungo una stesa di lunghezza pari a 33 m, possono mediare eventuali variazioni laterali delle stratigrafie.

Nel caso specifico non è stata riscontrata la presenza di un substrato geofisico; i terreni presentano  $V_s$  medie di ca. 567 – 576 m/s (terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per la Categoria B):

Profilo MASW 1: VSEq del modello medio MASW 1: 567 m/s

Profilo MASW 2: VSEq del modello medio MASW 2: 576 m/s

**Dal momento che per il sito è stato eseguito anche uno Studio di Risposta Sismica Locale (RSL), riportato nei paragrafi successivi, per la categoria di suolo da utilizzare si rimanda allo spettro di risposta elastica relativo al sito in studio (Allegato 13).**

## ANALISI DI TIPO DOWN HOLE

### **Metodologia d'indagine**

Per una definizione sismo-stratigrafica di dettaglio del sito è stata eseguita un'indagine sismica di tipo Down Hole nel foro di sondaggio.

L'indagine Down-Hole rappresenta una indagine diretta per la misurazione della velocità delle onde sismiche di compressione (Onde P) e di Taglio (onde S), con la sorgente di onde sismiche posta in superficie ed il ricevitore posizionato in foro a diverse profondità dal piano campagna (30 m). Le prove sismiche Down-Hole forniscono pertanto una dettagliata stratigrafia di velocità delle onde compressive ( $V_p$ ) e delle onde di taglio ( $V_s$ ). Consiste nella registrazione a varie profondità mediante uno o più geofoni collocati in foro dei primi arrivi delle onde generate da una sorgente posta a breve distanza dal boccaforo del sondaggio.

È prevista, per la corretta realizzazione dell'indagine, una perforazione ben cementata che raggiunga la profondità di almeno 30 metri. Lo strumento è composto da un dispositivo hardware di registrazione dei dati, da una sorgente di onde sismiche e da un geofono da foro per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde. La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 10 kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dal geofono 3D da foro ed inviate al computer centrale di acquisizione. L'impatto del martello avviene alternativamente in senso verticale, originando onde di compressione (onde P) ed in senso orizzontale, originando onde con prevalente componente di taglio (onde S).

Il geofono da foro, posizionato su un cavo metrato, viene immesso nel foro di sondaggio, preventivamente rivestito con un tubo in PVC diametro 80-90 mm, è dotato di una membrana contenente azoto, la cui deformazione all'arrivo della sollecitazione sismica, permette di registrare sia l'arrivo delle onde P che delle onde S, con misure ripetute a successive profondità dal piano campagna.

### **Risultati dell'indagine DH**

La stratigrafia ottenuta dalle indagini sismiche in foro, in funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni, desunte dalle velocità delle onde di compressione e di taglio di ciascun litotipo, in genere può non corrispondere perfettamente con i passaggi litologici, specie se gradualità.

Nel caso specifico, vi è una sostanziale correlazione con la sequenza litologica individuata (*vedi Tavola 10 e 11*).

I risultati delle prove sono riportati nella tabella e nei grafici allegati, nei quali si può osservare la variazione delle velocità delle onde sismiche  $V_p$  e  $V_s$ , espressione della natura litologica e delle proprietà fisico-meccaniche di ciascun terreno.

In particolare, nel caso in studio, si è osservato un aumento delle velocità delle onde P ed S lungo la sezione sismica a circa 7/8 m dal p.c. a cui corrispondono un aumento delle proprietà fisico meccaniche della formazione delle Sabbie Travertinose/ Travertini sabbiosi riscontrate in sito e durante il sondaggio geognostico.

La velocità delle  $V_s$  Eq, che in questo caso corrispondano alle  $V_{s30}$ , per il terreno indagato dalla prova DH risulta essere pari a: **543.38 m/sec.**

Dai risultati ottenuti dalla prova DH e dalle prove MASW e dalle indagini geognostiche, descritte nei capitoli precedenti, in via cautelativa possiamo impostare il bedrock sismico del sito in esame a -30 m da p.c.

I risultati sono riportati nella *Allegato 12*

## ANALISI DI TIPO HVSR

### Metodologia d'indagine – HVSR

La tecnica dei rapporti spettrali H/V (tecnica HVSR) negli ultimi anni ha acquistato sempre maggiore importanza per la valutazione delle caratteristiche dinamiche di un sito dal punto di vista sismico.

Tale tecnica necessita, per l'applicazione, di registrazioni passive di rumore sismico ambientale. Si effettua posizionando sul terreno un geofono a tre componenti attraverso il quale risulta possibile registrare il tremore lungo due direzioni orizzontali ortogonali (solitamente est-ovest, ew, e nord-sud, ns) ed una verticale (up-down, ud).

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici e dall'attività antropica oltre che dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

La tecnica HVSR (o di Nakamura), consente di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato sovrastante a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie.

La principale applicazione della tecnica del rapporto spettrale H/V è quindi quella di consentire in modo semplice e veloce l'identificazione della frequenza fondamentale  $f_0$  di diverse zone.

La tecnica utilizzata è basata sul rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, HVSR, che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi e delle discontinuità all'interno delle coperture sedimentarie.

### **Risultati analisi spettrale HVSR**

Dall'analisi spettrale eseguita nel sito di indagine risulta un picco di risonanza a circa 1.1 Hz (*Allegato 12*). A tale picco di risonanza corrisponde circa una profondità compressa tra 50 e 100 m da p.c. come riportato nella tabella seguente:

$f_0$ (Hz)	$h$ (m)
< 1	> 100
1 - 2	100 - 50
2 - 3	50 - 30
3 - 5	30 - 20
5 - 8	20 - 10
8 - 20	10 - 5
> 20	< 5

Rapporto fra periodo proprio del terreno e profondità delle indagini da eseguire (da Albarello ed ali 2010)

### **Categoria Topografica (T)**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale e considerare un apposito fattore topografico. Dato che il sito in esame si presenta con pendenze inferiori a  $15^\circ$  si può adottare la categoria topografica **T1**.



## STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

Scopo del presente studio di RSL è la valutazione degli effetti di sito e la definizione, in modo più accurato, dell'azione sismica di progetto rispetto alla procedura semplificata, ed in definitiva il calcolo degli spettri di risposta specifici per il sito in esame, ubicato in Via La Lucca, nel comune di Monte San Giovanni Campano

Lo studio di RSL è stato effettuato in riferimento al progetto di adeguamento sismico dell'edificio scolastico "La Lucca" del Comune di Monte San Giovanni Campano

Nel caso di specie sono stati analizzati tutti gli stati limite previsti dalla normativa: di collasso SLC, di salvaguardia della vita SLV, di danno SLD e di operatività SLO.

Ai fini dello studio di risposta sismica locale è stato quindi considerato il modello geologico del sito (desunto dalle prove geognostiche e geofisiche effettuate (*vedi Sezioni Stratigrafiche - Tavola 10 e 11*), con le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi individuati in successione stratigrafica e descritti nei paragrafi precedenti.

Per ciascuno stato limite sono stati quindi scelti gli accelerogrammi compatibili per analisi dinamiche e sono state condotte le analisi di Risposta Sismica Locale tramite l'utilizzo di procedure di calcolo monodimensionale (1D). È stato quindi determinato per ciascuno stato limite lo spettro elastico di risposta calcolato in superficie, ovvero lo spettro derivato dalla media tra gli spettri di risposta calcolati per i n. 7 accelerogrammi di riferimento. Infine sono stati confrontati gli spettri di risposta in superficie con quelli previsti dalla Normativa (NTC 2018) per il sito di interesse, relativi a suoli di categoria B, C, D ed E e categoria topografica T1.

Di seguito sono riportati i parametri fondamentali di progetto in base ai quali sono state effettuate le verifiche:

Coordinate del sito (WGS84)	LAT. 41.371805 LONG. 13.302642		
Progettazione	Vn = 50 anni	Classe uso = III	Coeff. Uso = 1.5
Stati limiti a cui è stata eseguita l'analisi	SLC - SLV - SLD - SLO		
Ag (g)	SLC: 0.266 SLV: 0.213 SLD: 0.089 SLO: 0.070		
Categoria topografica	T1		



SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0.070	2.428	0.284
SLD	75	0.089	2.398	0.297
SLV	712	0.213	2.411	0.346
SLC	1462	0.266	2.441	0.359

Valori dei parametri  $A_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  per i periodi di ritorno  $T_r$  associati a ciascun stato limite

Lo Studio completo di RSL (Risposta Sismica di Locale) e gli spettri di risposta sismica sono riportati in dettaglio *nell'Allegato 13*

Sono resi in tal modo disponibili i dati per la successiva fase progettuale.

### ANALISI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

La pericolosità geologica, generalmente definita come la “probabilità di verifica di un fenomeno potenzialmente pericoloso in un determinato intervallo di tempo e in una determinata area”, è riferibile ai processi morfogenetici naturali, potenziali o attivi, nell'area in studio. Sono stati quindi esaminati tutti gli aspetti geologici locali, verificando eventuali condizioni di pericolosità, che possano presentare interferenze con gli interventi in progetto.

In base alla cartografia disponibile dalla Cartografia PAI (Piano Stralcio per L'Assetto Idrogeologico) l'area non ricade in nessuna zona a Rischio (vedi *Tavola 6*)

Dal rilevamento e dalle indagini geognostiche eseguite nel sito in esame si può affermare che nell'area non si sono riscontrati dissesti in atto o potenziali, si può così affermare che l'area può considerarsi a bassa potenzialità di dissesto nell'attuale quadro geomorfologico

## CONCLUSIONI

Da quanto è emerso dall'indagine geologica eseguita su tutta l'area investigata, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- L'area in esame è posta in un territorio da sub-pianeggiante a debolmente ondulata a una quota media di circa 243 m s.l.m. circa a 2 km a sud/sud-ovest del Colle dove sorge l'abitato di Monte San Giovanni Campano, per la precisione lungo via La Lucca. Le pendenze sono dell'ordine dei 5°
- I depositi affioranti nell'area sono Depositi di Sabbie Travertinose Limose di colore beige da poco a mediamente addensate con ostacofaune dulcicole (PLEISTOCENE) al di sopra sono stati riscontrati dei depositi di Riporto Antropico dello spessore variabile da 1 a 3 m costituiti da limi argillosi di colore marrone-beige con inclusi pluricentrici calcarei, pezzi di laterizi e pezzi di cemento e malta cementizia
- L'area non ricade in zona cartografata a Vincolo Idrogeologico (vedi *Tavola 8*), inoltre dal rilevamento condotto in sito, dalle prove geognostiche e geofisiche non si sono riscontrati dissesti in atto o potenziali, si può così affermare che l'area può considerarsi a bassa potenzialità di dissesto nell'attuale quadro geomorfologico come confermato anche dalla Cartografia PAI dove l'area non ricade in nessuna zona a Rischio Idrogeologico.
- I terreni riscontrati durante l'indagine geognostica mettono in evidenza depositi caratterizzati da medio-bassi parametri fisico-meccanici fino a una profondità di circa 2.00 m da p.c. A partire da tale profondità si è riscontrata la presenza delle Sabbie Travertinose/Traevertini Sabbiosi mediamente addensate di colore beige con medio-buone parametri fisico-meccanici che migliorano gradualmente a partire da 7/8 m di profondità. come si evince dalle prove Masw e Down Hole:
- Durante il rilevamento non sono stati intercettati livelli di falda; non si esclude però la presenza di esigui livelli d'acqua superficiali e di limitato spessore che possano imbibire le coltri più superficiali nel corso di periodi particolarmente piovosi.

## Studio Geologico

### Valentina D'Orazio

Committente: Comune di M. San Giovanni Campano Lavoro: RG –Adeguamento Sismico – Scuola La Lucca – M. S. Giovanni Campano (FR)

---

- Per il sito è stato effettuato uno Studio di Risposta Sismica Locale (RSL) – *Allegato 13* – sono resi in tal modo disponibili i dati per la successiva fase progettuale.
- L'area ricade nella categoria topografica **T1**.

Frosinone, aprile 2021

Dott. Geol. Valentina D'Orazio



## ALLEGATI

TAVOLA 1: Cartografia Generale I.G.M. - scala 1:25.000;

TAVOLA 2: Cartografia Generale C.T.R. - scala 1:10.000;

TAVOLA 3: Stralcio Carta Idrogeologica del Lazio;

TAVOLA 4: Stralcio carta Geologica d'Italia;

TAVOLA 5: Carta Geologica di dettaglio - scala 1: 1000;

TAVOLA 6: Stralcio Cartografia PAI - Rischio Frana;

TAVOLA 7: Stralcio Cartografia Vincolo Idrogeologico;

TAVOLA 8: Planimetria catastale - scala 1:2000

TAVOLA 9: Planimetria con ubicazione indagini - scala 1:500;

TAVOLA 10 e 11: Sezioni litotecniche-interpretative - scala 1:200

ALLEGATO 12: Indagini minime secondo il DM n° 26 del 26/10/2020

- Stratigrafia di Sondaggio geognostico
- Prove DPSH
- Prove geofisiche di tipo MASW
- Prove geofisica di tipo DOWN HOLE
- Prove geofisica di tipo HVSR
- Certificati di Laboratorio
- Documentazione fotografica

ALLEGATO 13: Spettri di Risposta Sismica Locale (RSL)



# CARTOGRAFIA GENERALE I.G.M. F.160 IV NO

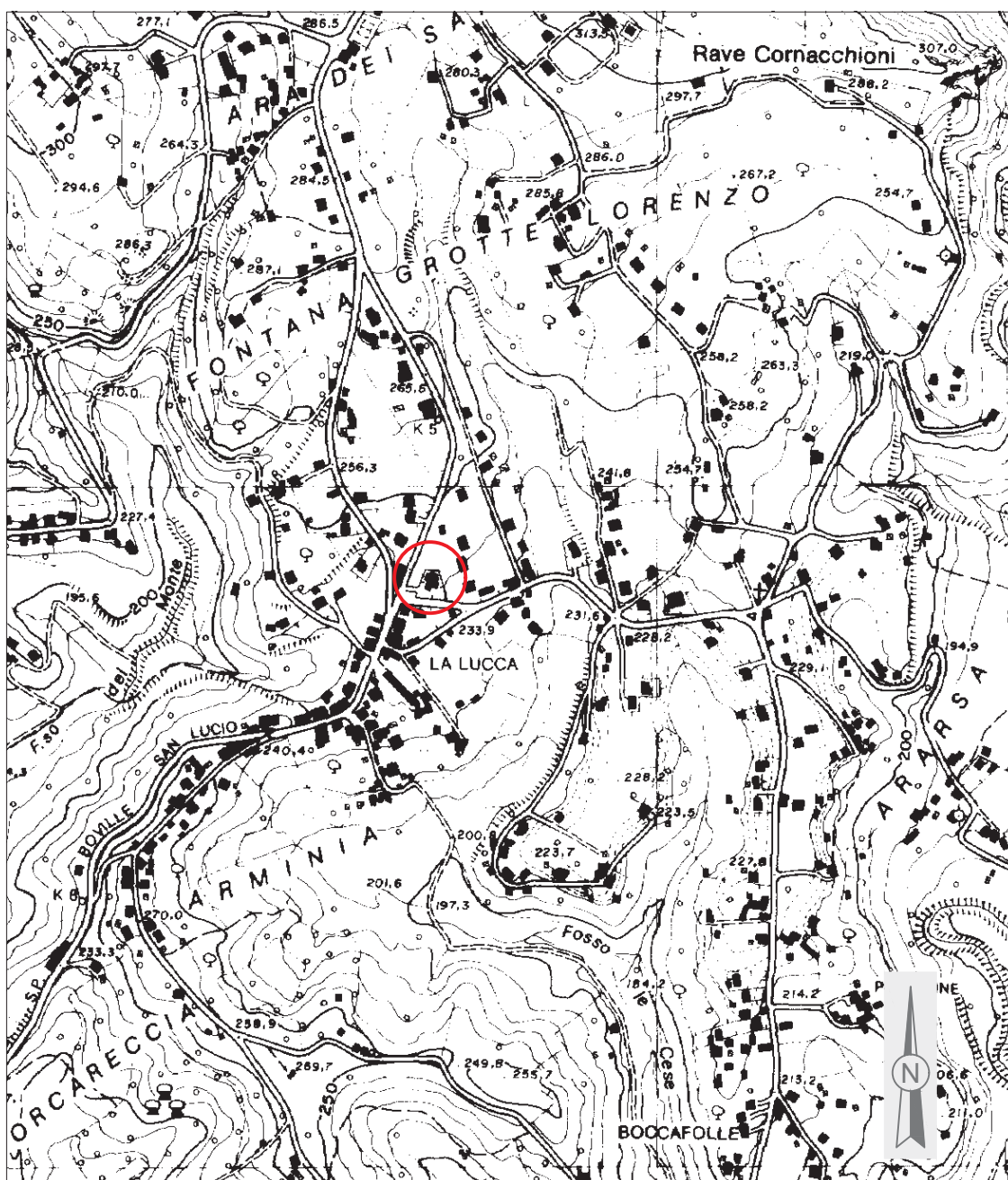
Scala 1:25.000



Area di studio

# CARTOGRAFIA GENERALE C.T.R 390150 "MONTE SAN GIOVANNI CAMPANO"

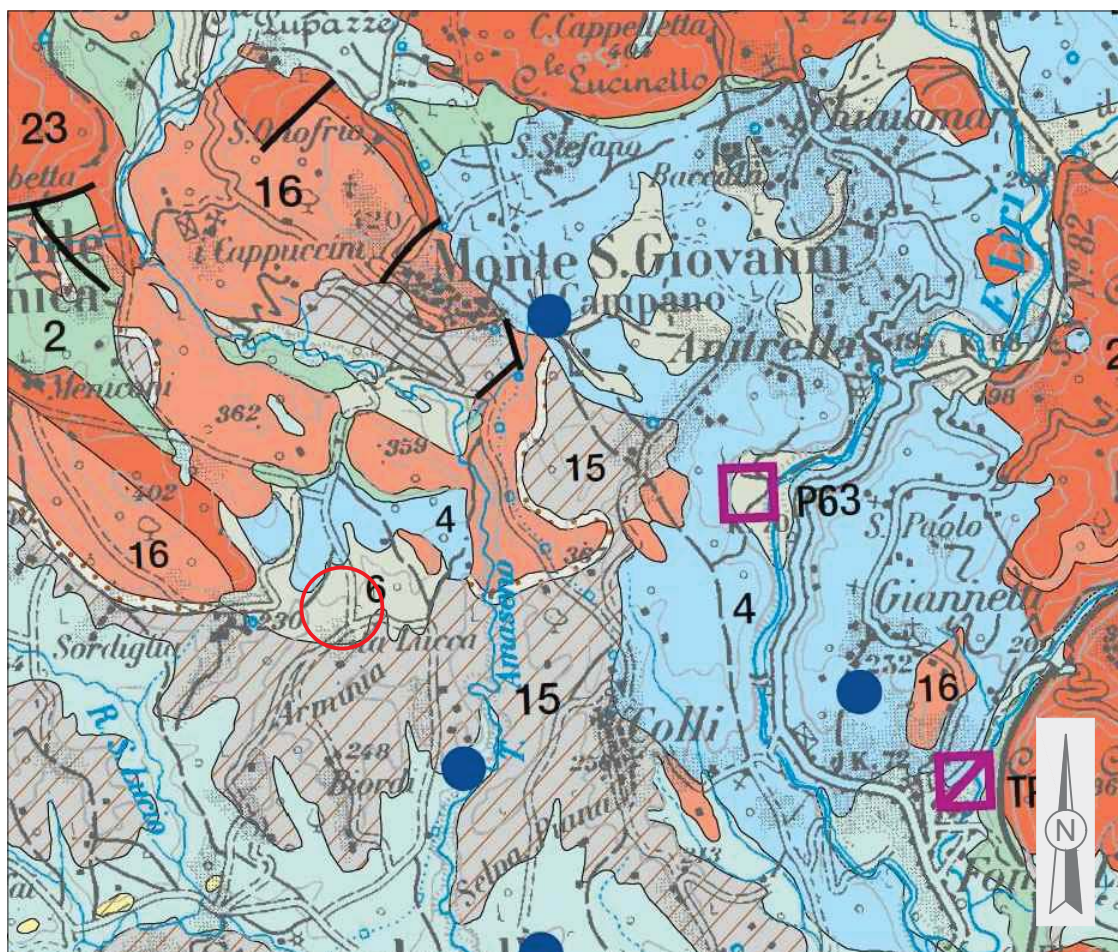
Scala 1:10.000



Area di studio



## STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA DEL LAZIO



6

### COMPLESSO DEI DEPOSITI FLUVIO PALUSTRI E LACUSTRI (PLEISTOCENE- OLOCENE)

-Potenzialità acquifera bassa-

Depositi prevalentemente limo-argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra con locali intercalazioni ghiaiose e/o travertinose. Spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri.

La prevalente componente argillosa di questo complesso impedisce una circolazione idrica sotterranea significativa; la presenza di ghiaie, sabbie e travertini può dare origine a limitate falde locali.

● Sorgenti  
(con portata media misurata : < 10 L/s)

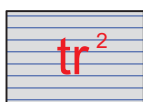
○ Area di studio

# STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

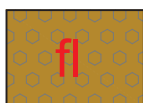
(Scala 1:100.000; Cassino)



## LEGENDA



TRAVERTINO - Banchi calcari concrezionari con macrofaune terrestri, sabbioni travertinosi con ostracofaune dulcicole (PLEISTOCENE)



ALTERNANZA DI LIMI E SABBIONI CALCAREI fluviali e lacustri con ostracofaune; episodi lentiformi di puddinghe e ciottolami (PLEISTOCENE)



Area di studio



# CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

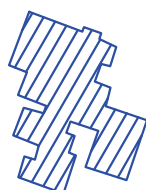
Scala: 1:1000



## LEGENDA



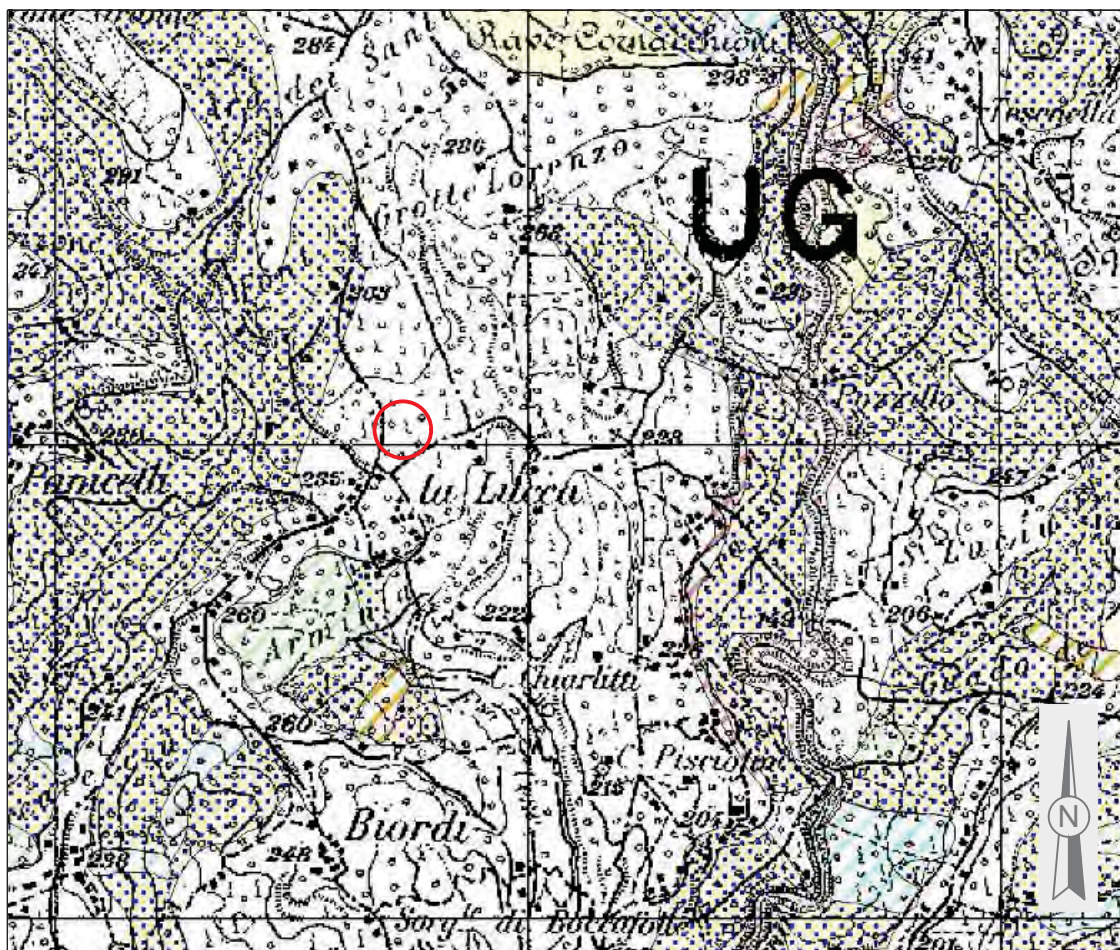
*Depositi di sabbie travertinose limose di colore beige da poco a mediamente addensate sotto circa 1.5/2 m di depositi di riporti antropici (PLEISTOCENE)*



*Edificio scolastico*

# STRALCIO CARTOGRAFIA PAI

Rischio Frana



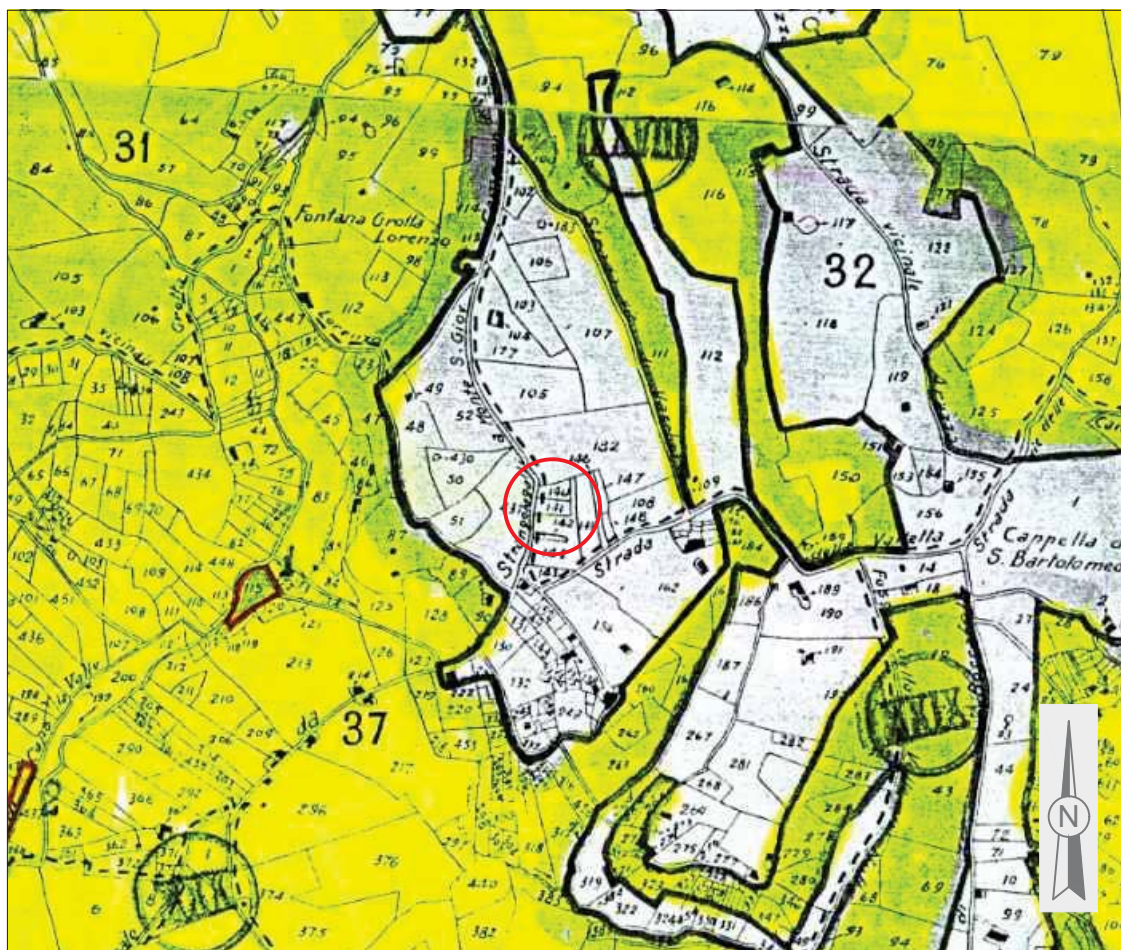
N.B. L'area non ricade all'interno di zone cartografate a Rischio



Area di studio



# STRALCIO CARTOGRAFIA VINCOLO IDROGEOLOGICO



L'area non ricade in zona cartografata a vincolo idrogeologico



Area di studio



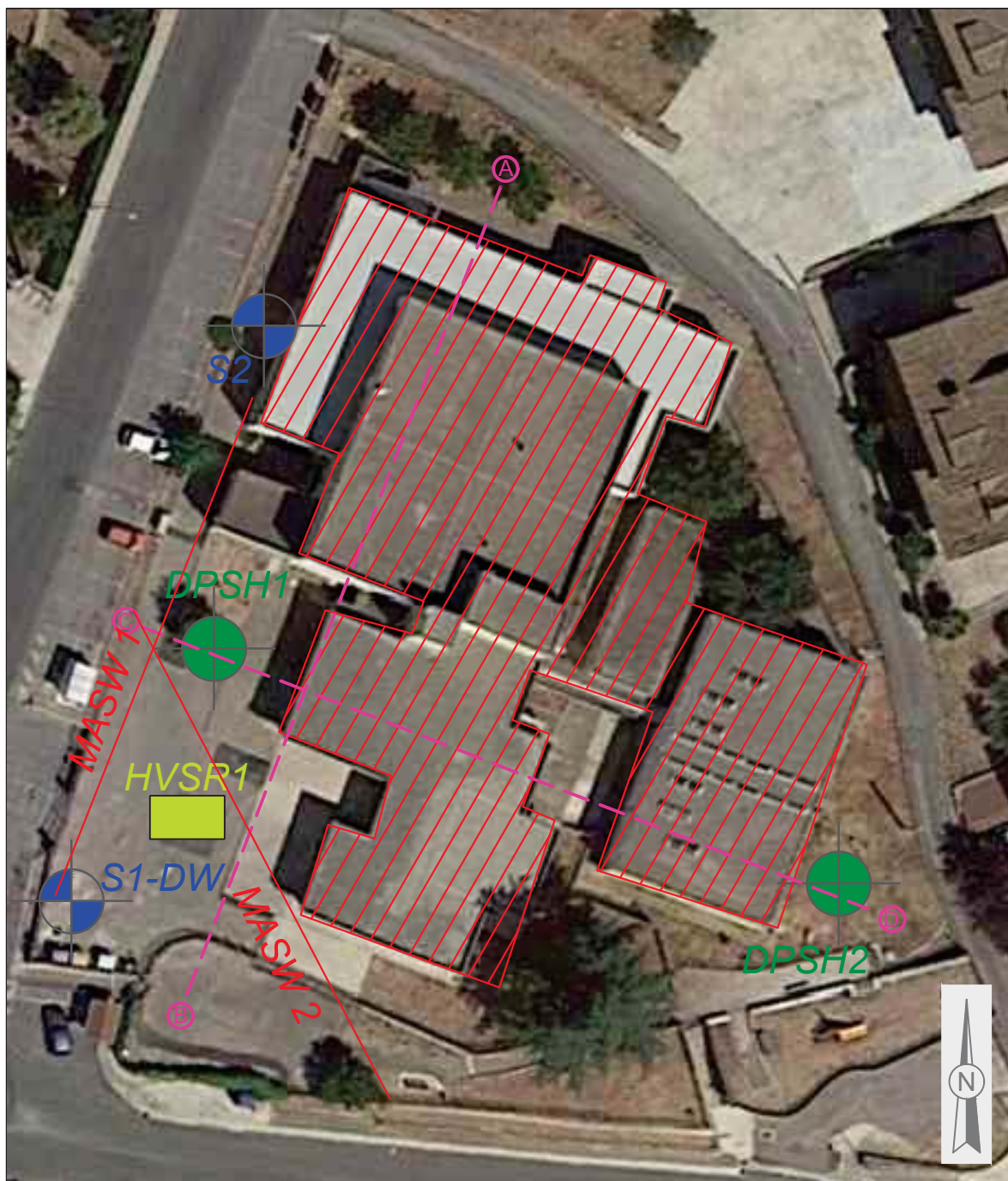


# PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI

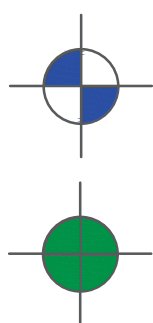
Scala: 1:500

Studio  
Geologico

Valentina  
D'Orazio



## Legenda



Sondaggi geognostici: uno spinto fino -30 m a carotaggio continuo con allestimento a DW e uno fino a -5 m da p.c.

Prove DPSH

— Stendimento MASW

— — — Sezione stratigrafica



Edificio scolastico



Prova HVSR

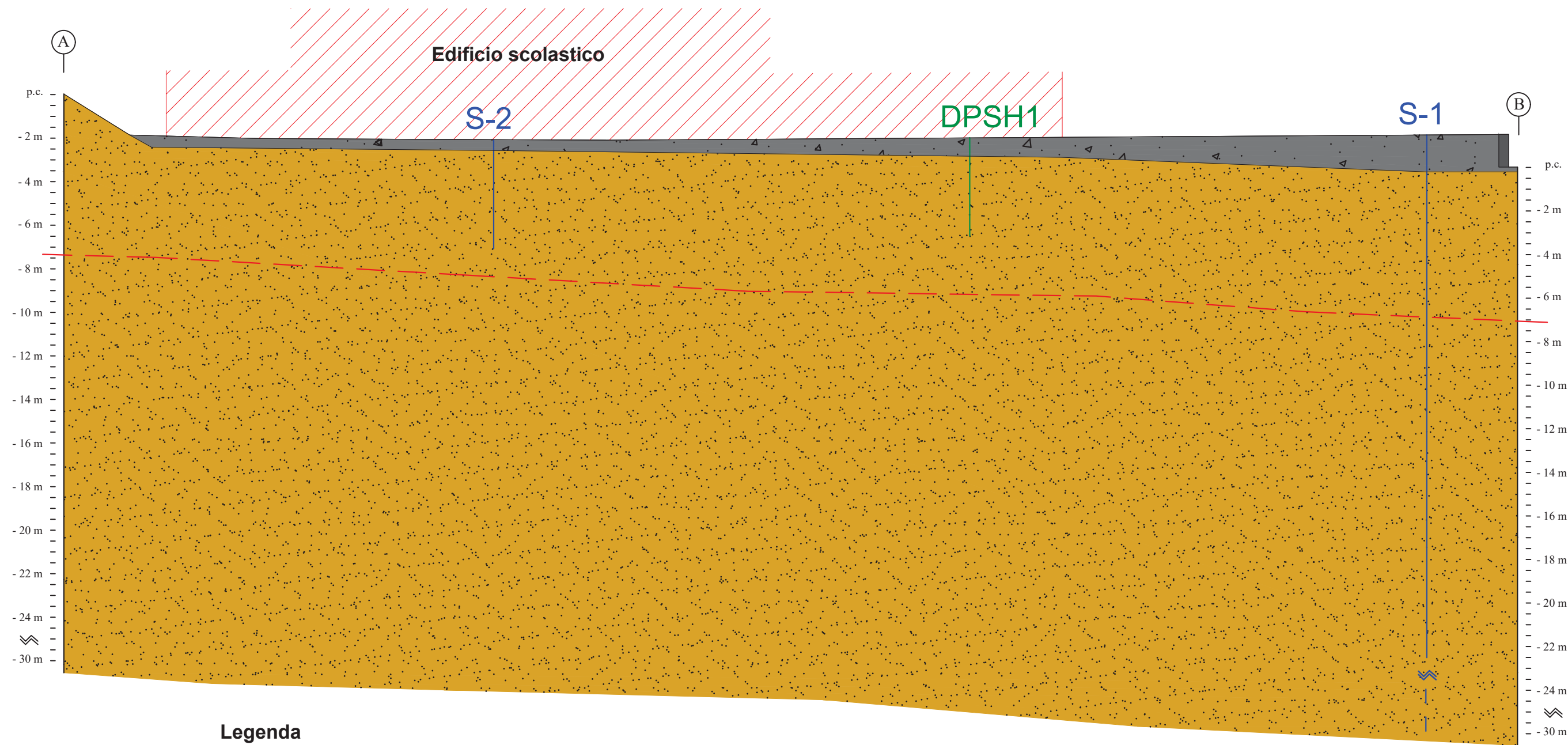
TAVOLA 9

# SEZIONE LITOTECNICA-INTERPRETATIVA

Scala 1: 200

Studio  
Geologico

Valentina  
D'Orazio



## Legenda



*Riporto antropico*



*Sabbia travertinoso limosa da poco a mediamente addensate  
(PLEISTOCENE)*

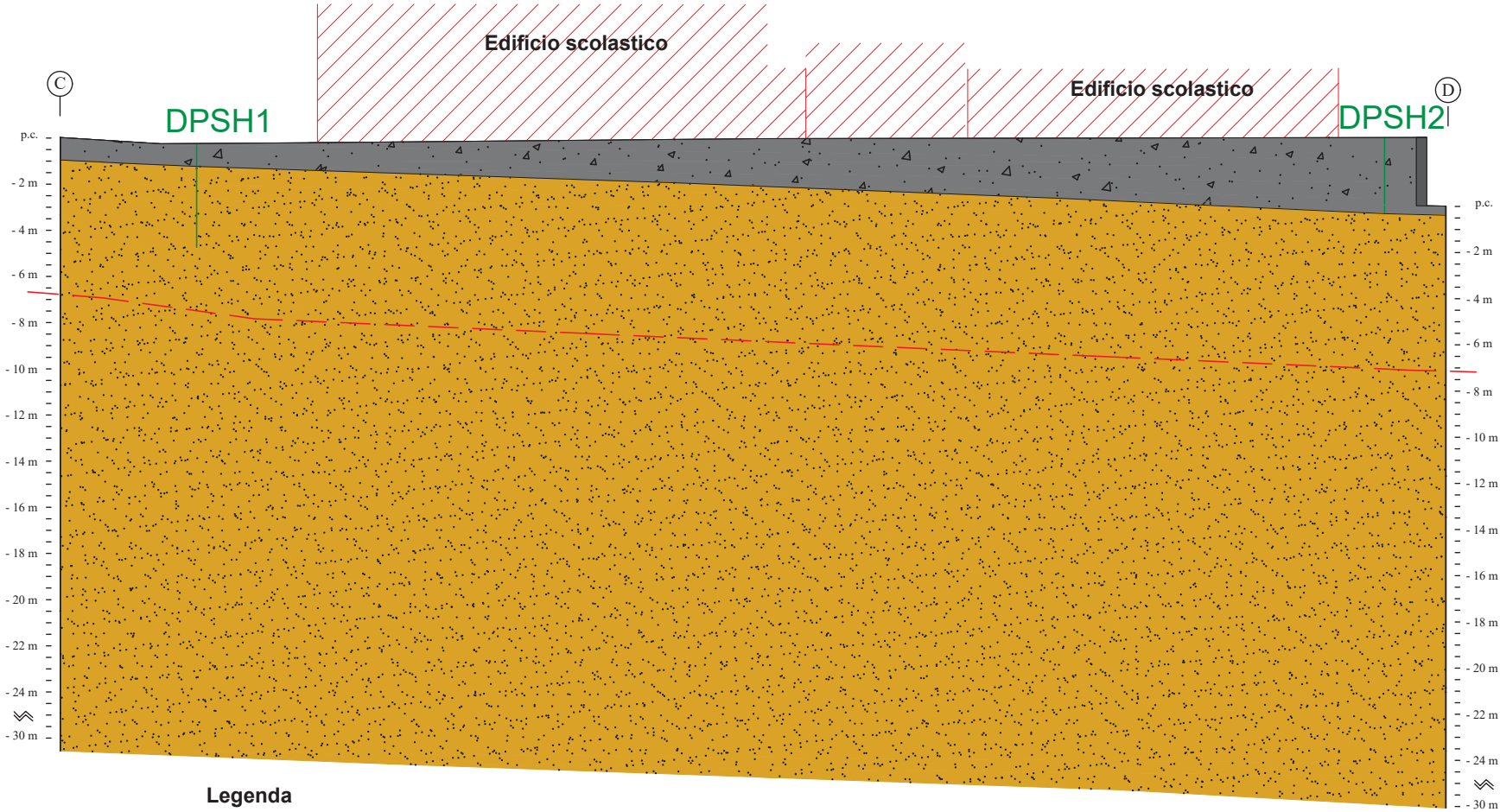


*Aumento delle caratteristiche fisico-meccaniche  
(Da prove MASW e DOWN HOLE)*

SEZIONE LITOTECNICA-INTERPRETATIVA

Scala 1: 200

Studio  
Geologico  
Valentina  
D'Orazio



Legenda



Riporto antropico



Sabbia travertinosa limosa da poco a mediamente addensate  
(PLEISTOCENE)

ALLEGATO 12

INDAGINI ESEGUITE SECONDO  
LE DISPOSIZIONI DELL'ALLEGATO C  
AL REGOLAMENTO REGIONALE N.26  
DEL 26 OTTOBRE 2020  
CON DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Certificato n° 473 del 2021	Verbale di accett n° del	Commessa: 00160
Committente: Geol. Valentina D'Orazio		Sondaggio: S1
Riferimento: Scuola La Lucca - Monte San Giovanni Campano (FR)		Data: 27/02/2021
Coordinate: Lat. 41.621632° Long. 13.507182° (WGS 84)		Quota: 241 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo		

## LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE		Campioni	Prel. % 0 --- 100	Cass.	DH	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 4) Simbolo litologico
- 5) Profondità della base dello strato (m)
- 6) Descrizione della litologia dello strato
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Simbolo del campione
- 9) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 10) Cassette catalogatrici
- 11) Prova geofisica in foro Down-Hole


*She = Shelby*  
*Den = Denison*  
*Ost = Osterberg*  
*Maz = Mazier*  
*Crp = Craps*  
*nk3 = NK3*  
*Ind = Indisturbato*  
*Dis = Disturbato*  
*SDi = Semi disturbato*  
*SPT = SPT*

<b>Certificato n° 473 del 2021</b>	<b>Commessa: 00160</b>
Committente: Geol. Valentina D'Orazio	Sondaggio: S1
Riferimento: Scuola La Lucca - Monte San Giovanni Campano (FR)	Data: 27/02/2021
Coordinate: Lat. 41.621632° Long.13.507182° (WGS 84)	Quota: 241 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :160

# STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/1

ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Campioni	Prel. % 0 --- 100	Cass.	DH
				0.1					
		1		0.5	Soletta manto stradale	C1) Ind < 0,50 1,00			
		2		2.0	Sabbia e ghiaia calcarea di colore beige				
		3			Terreno di riporto costituito da limi argillosi di colore marrone-beige con inclusi pluricentrici calcarei, pezzi di laterizi e pezzi di cemento e malta cementizia				1
		4			Sabbia travertinoso limosa di colore beige da poco a mediamente addensata				
		5							
		6							
		7							
		8				C2) Ind < 7,00 7,50			2
		9							
		10							
		11							
		12							
		13							3
		14							
		15							
		16							
		17							
		18							4
		19							
		20							
		21							
		22							
		23							5
		24							
		25							
		26							
		27							
		28							6
		29							
101		30		30.0					

Il foro è stato allestito fino a fondo foro con tubazione in pvc per prova geofisica down-hole

Il Direttore  
Geol. Norman Abballe

Il Responsabile di sito  
Geol. Norman Abballe





**Certificato n° 473 del 2021**

**Verbale di accett n° del**

**Commessa: 00160**

Committente: Geol. Valentina D'Orazio

Sondaggio: S1

Riferimento: Scuola La Lucca - Monte San Giovanni Campano (FR)

Data: 27/02/2021

Fotografie - Pagina 1/3

Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00





Postazione del sondaggio S1



Postazione del sondaggio S1



Esecuzione del sondaggio S1



**Certificato n° 473 del 2021**

**Verbale di accett n° del**

**Commessa: 00160**

Committente: Geol. Valentina D'Orazio

Sondaggio: S1

Riferimento: Scuola La Lucca - Monte San Giovanni Campano (FR)

Data: 27/02/2021

Fotografie - Pagina 3/3

Pagina 3



Installazione tubi in pvc per prova geofisica down-hole



Tubazione down-hole



Certificato n° 473 del 2021	Verbale di accett n° del	Commessa: 00160
Committente: Geol. Valentina D'Orazio		Sondaggio: S2
Riferimento: Scuola La Lucca - Monte San Giovanni Campano (FR)		Data: 27/02/2021
Coordinate: Lat. 41.622068° Long.13.507342° (WGS 84)		Quota: 243 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo		

## LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Campioni	Prel. % 0 --- 100	Cass.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 4) Simbolo litologico
- 5) Profondità della base dello strato (m)
- 6) Descrizione della litologia dello strato
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Simbolo del campione
- 9) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 10) Cassette catalogatrici

*She = Shelby*  
*Den = Denison*  
*Ost = Osterberg*  
*Maz = Mazier*  
*Crp = Craps*  
*nk3 = NK3*  
*Ind = Indisturbato*  
*Dis = Disturbato*  
*SDi = Semi disturbato*  
*SPT = SPT*



**Certificato n° 473 del 2021**

**Commessa: 00160**

Committente: Geol. Valentina D'Orazio

Sondaggio: S2

Riferimento: Scuola La Lucca - Monte San Giovanni Campano (FR)

Data: 27/02/2021

Coordinate: Lat. 41.622068° Long. 13.507342° (WGS 84)

Quota: 243 m s.l.m.

Perforazione: Carotaggio continuo

SCALA 1 :30

## STRATIGRAFIA - S2

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Campioni	Prel. % 0 --- 100	Cass.
				0,1	Soletta manto stradale			
					Detrito calcareo di colore beige			
				0,6	Sabbia travertinosa limosa di colore beige da poco a mediamente addensata			
		1						
		2						
		3						
		4						
101	5			5,0				1

Il Direttore  
Geol. Norman Abballe

Il Responsabile di sito  
Geol. Norman Abballe





**Certificato n° 473 del 2021**

**Verbale di accett n° del**

**Commessa: 00160**

Committente: Geol. Valentina D'Orazio

Sondaggio: S2

Riferimento: Scuola La Lucca - Monte San Giovanni Campano (FR)

Data: 27/02/2021

Fotografie - Pagina 1/1

Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Postazione del sondaggio S2



Postazione del sondaggio S2



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Geol. Valentina D'Orazio Cantiere: Scuola La Lucca Località: Comune di Monte San Giovanni Campano (FR)	Codice commessa: 00924 Numero certificati allegati: 2
---	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: Deep Drill SP200-SM

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	30 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	0.9 m
Peso aste a metro	5 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1.199
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\Delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\Delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\Delta = 10$  cm, punta conica ( $\Delta = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\Delta = 10$  cm, punta conica ( $\Delta = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\Delta = 30$  cm, punta conica ( $\Delta = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A = 20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M = 63.5$  kg, altezza caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\Delta = 20-30$  cm, punta conica conica ( $\Delta = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$  = peso massa battente;

$M'$  = peso aste;

$H$  = altezza di caduta;

$A$  = area base punta conica;

$\Delta$  = passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

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

---

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);  
e = infissione media per colpo ( $\frac{e}{N}$ );  
M = peso massa battente (altezza caduta H);  
P = peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \frac{1}{100} \left( \frac{Pa}{100} \right)^{0.5} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_r \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

$C_s$ : Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

$C_d$ : Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

$C_r$ : Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

### Valutazioni statistiche e correlazioni

#### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

---

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti****Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

**Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\varphi > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito <  $38^\circ$  .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito <  $38^\circ$  ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\varphi > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\varphi > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck 1948-1967

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.



---

### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\sigma_d$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### **Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### **Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

- 
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
  - Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose (  $N_{spt}=6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

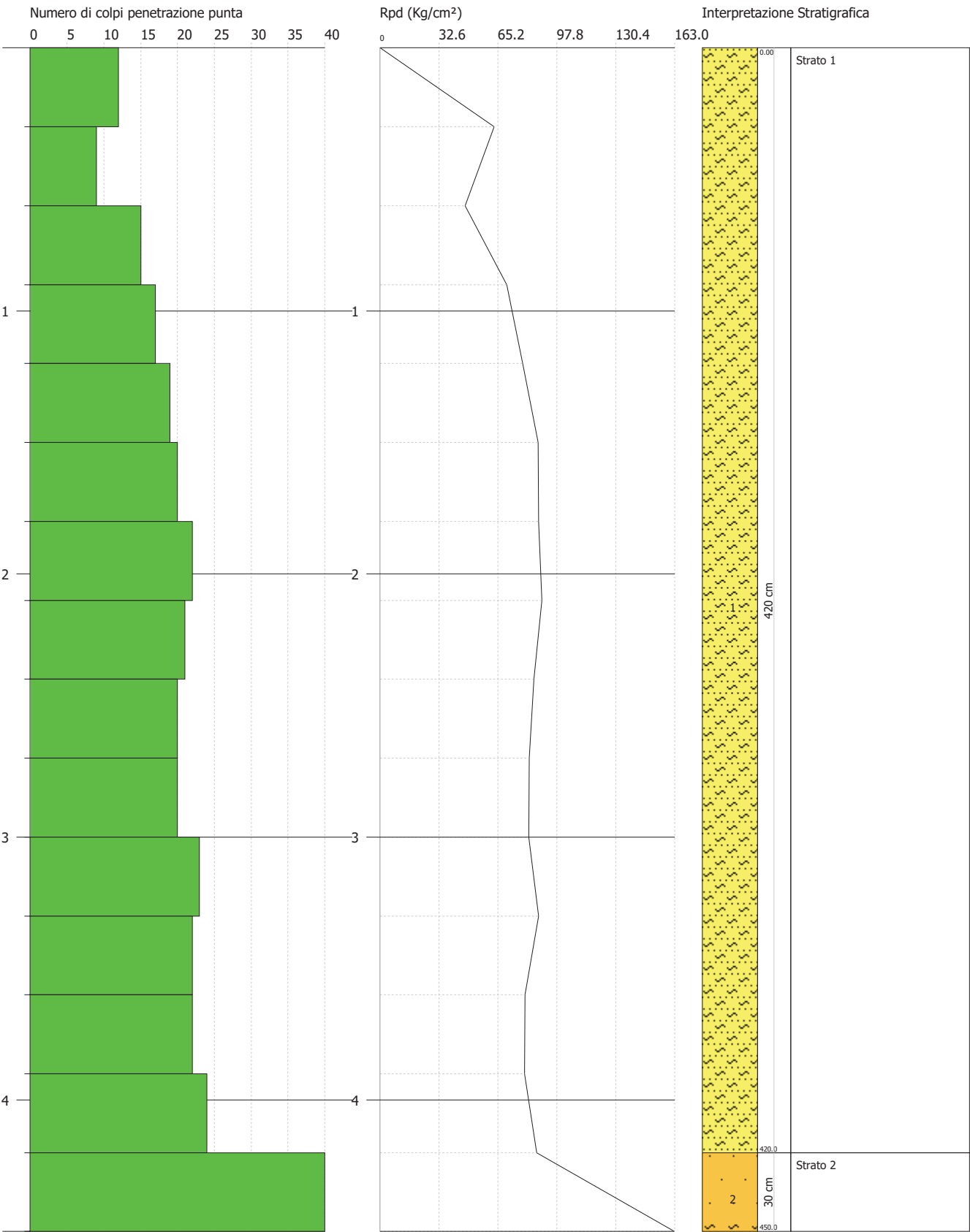
- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.



## PROVA ...DPSH 1

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda non rilevata  
Certificato Nr. 33 del 2021

Deep Drill SP200-SM  
27/02/2021  
4.50 mt

Codice commessa nr. 00924

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> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	12	0.853	63.11	74.01	3.16	3.70
0.60	9	0.847	47.02	55.51	2.35	2.78
0.90	15	0.792	69.99	88.42	3.50	4.42
1.20	17	0.786	78.79	100.21	3.94	5.01
1.50	19	0.781	87.50	112.00	4.37	5.60
1.80	20	0.776	87.65	112.90	4.38	5.65
2.10	22	0.722	89.62	124.19	4.48	6.21
2.40	21	0.717	85.02	118.55	4.25	5.93
2.70	20	0.763	82.62	108.31	4.13	5.42
3.00	20	0.759	82.17	108.31	4.11	5.42
3.30	23	0.705	87.78	124.56	4.39	6.23
3.60	22	0.701	80.24	114.49	4.01	5.72
3.90	22	0.697	79.82	114.49	3.99	5.72
4.20	24	0.694	86.64	124.90	4.33	6.24
4.50	RIF.	0.590	162.62	275.47	8.13	13.77

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturato (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	(N1)60	Descrizione
4.2	19	105.77	Incoerente - coesivo	0	0.0	0.0	0.0	1.2	20	Strato 1
4.5	55	275.46	Incoerente - coesivo	0	0.0	0.0	0.0	1.2	RIF.	Strato 2

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	Terzaghi-Peck	1.35
[2] - Strato 2	RIF	4.50	Terzaghi-Peck	3.71

Modulo Edometrico

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	Stroud e Butler (1975)	91.76
[2] - Strato 2	RIF	4.50	Stroud e Butler (1975)	252.34

## Modulo di Young

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	Apollonia	200.00
[2] - Strato 2	RIF	4.50	Apollonia	550.00

## Classificazione AGI

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	20	4.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Strato 2	RIF	4.50	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

## Peso unità di volume

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	Meyerhof ed altri	2.10
[2] - Strato 2	RIF	4.50	Meyerhof ed altri	2.50

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	Meyerhof ed altri	2.31
[2] - Strato 2	RIF	4.50	Meyerhof ed altri	2.50

## TERRENI INCOERENTI

## Densità relativa

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato 1	20	4.20	20	Gibbs & Holtz 1957	58.44
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	Gibbs & Holtz 1957	88.26

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	20	4.20	20	Shioi-Fukuni (1982)	32.32
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	Shioi-Fukuni (1982)	43.72

## Modulo di Young

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	20	D'Appollonia ed altri (1970)	330.00
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	D'Appollonia ed altri (1970)	592.50

## Modulo Edometrico

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	20	Begemann (1974)	68.55
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	Begemann (1974)	140.44

#### Classificazione AGI

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	20	4.20	20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	20	Meyerhof ed altri	1.99
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	Meyerhof ed altri	2.26

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	20	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.39
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	20	4.20	20	Ohsaki & Iwasaki	1151.86
[2] - Strato 2	RIF	4.50	RIF	Ohsaki & Iwasaki	2484.81



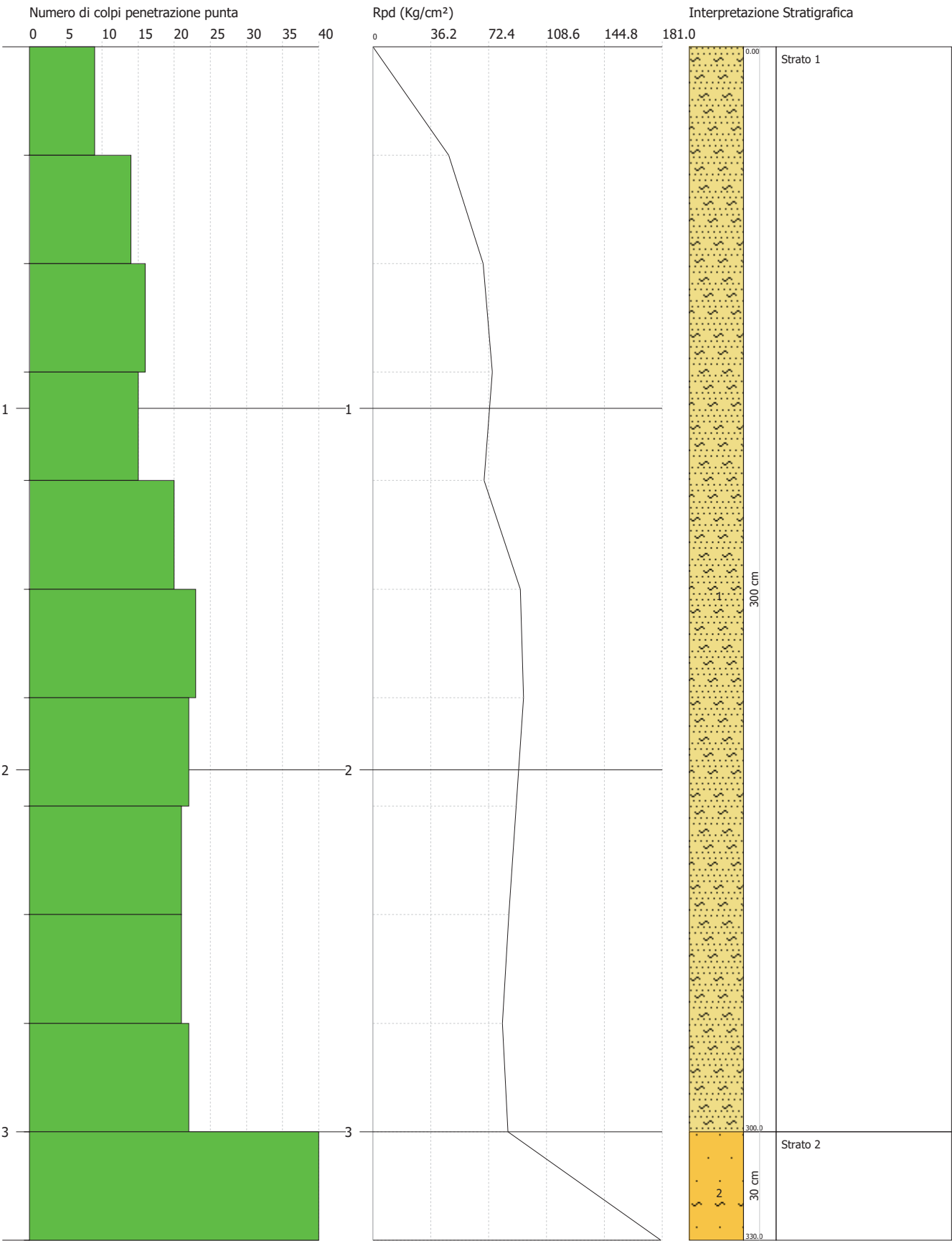


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 2  
Strumento utilizzato... Deep Drill SP200-SM

Committente: Geol. Valentina D'Orazio  
Cantiere: Scuola La Lucca  
Località: Comune di Monte San Giovanni Campano (FR)

Data: 27/02/2021

Scala 1:15



## PROVA ...DPSH 2

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda non rilevata

Deep Drill SP200-SM  
27/02/2021  
3.30 mt

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> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	9	0.853	47.33	55.51	2.37	2.78
0.60	14	0.797	68.82	86.35	3.44	4.32
0.90	16	0.792	74.66	94.32	3.73	4.72
1.20	15	0.786	69.52	88.42	3.48	4.42
1.50	20	0.781	92.10	117.90	4.61	5.89
1.80	23	0.726	94.30	129.84	4.72	6.49
2.10	22	0.722	89.62	124.19	4.48	6.21
2.40	21	0.717	85.02	118.55	4.25	5.93
2.70	21	0.713	81.07	113.73	4.05	5.69
3.00	22	0.709	84.43	119.14	4.22	5.96
3.30	RIF	0.605	180.11	297.86	9.01	14.89

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturato (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	(N1)60	Descrizion e
3	18.3	104.8	Incoerent e - coesivo	0	0.0	0.0	0.0	1.2	21	Strato 1
3.3	55	297.86	Incoerent e - coesivo	0	0.0	0.0	0.0	1.2	RIF	Strato 2

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 2

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	21	3.00	Terzaghi-Peck	1.42
[2] - Strato 2	RIF	3.30	Terzaghi-Peck	3.78

Modulo Edometrico

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	21	3.00	Stroud e Butler (1975)	96.35
[2] - Strato 2	RIF	3.30	Stroud e Butler (1975)	256.93

Modulo di Young

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	21	3.00	Apollonia	210.00
[2] - Strato 2	RIF	3.30	Apollonia	560.00

## Classificazione AGI

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	21	3.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Strato 2	RIF	3.30	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

## Peso unità di volume

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Strato 1	21	3.00	Meyerhof ed altri	2.10
[2] - Strato 2	RIF	3.30	Meyerhof ed altri	2.50

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato 1	21	3.00	Meyerhof ed altri	2.12
[2] - Strato 2	RIF	3.30	Meyerhof ed altri	2.50

## TERRENI INCOERENTI

## Densità relativa

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato 1	21	3.00	21	Gibbs & Holtz 1957	59.72
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	Gibbs & Holtz 1957	88.85

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	21	3.00	21	Shioi-Fukuni (1982)	32.75
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	Shioi-Fukuni (1982)	43.98

## Modulo di Young

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato 1	21	3.00	21	D'Appollonia ed altri (1970)	337.50
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	D'Appollonia ed altri (1970)	600.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato 1	21	3.00	21	Begemann (1974)	70.60
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	Begemann (1974)	142.49

## Classificazione AGI

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	21	3.00	21	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato 1	21	3.00	21	Meyerhof ed altri	2.01
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	Meyerhof ed altri	2.26

Peso unità di volume saturo

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato 1	21	3.00	21	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.41
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	(N1)60	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato 1	21	3.00	21	Ohsaki & Iwasaki	1195.37
[2] - Strato 2	RIF	3.30	RIF	Ohsaki & Iwasaki	2519.07

