



# COMUNE DI SAN GINESIO

(PROVINCIA DI MACERATA)

SINDACO

**Giuliano Ciabocco**

ASSESSORE LLPP

**Giordano Saltari**

## OGGETTO

**“VARIANTE PARZIALE AL PRG PER LA REALIZZAZIONE DI SPOGLIATOI A SERVIZIO DELLA PALESTRA GEODETTICA E DI EDIFICIO STRATEGICO PER LA DELOCALIZZAZIONE TEMPORANEA DEI LABORATORI SCOLASTICI IN LOCALITA' PASSO SAN GINESIO”**

RESPONSABILE AREA TECNICA - SISMA

**Ing. Cinzia Scopece**

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

**Ing. Cinzia Scopece**

PROGETTISTI

**Arch. Isabella Tonnarelli**

**Arch. Giordano Pierucci**

ELABORATO

**RELAZIONE GEOLOGICA  
Geol. Eraldo Bernabei**

DATA

**FEBBRAIO 2021**

Via Capocastello, 35 – 62026 SAN GINESIO (MC) - Telefono: +39.0733.1960104 / +39.0733.656022  
[comune.sanginesio.mc@legalmail.it](mailto:comune.sanginesio.mc@legalmail.it) - [info@comune.sanginesio.mc.it](mailto:info@comune.sanginesio.mc.it) - [www.comune.sanginesio.mc.it](http://www.comune.sanginesio.mc.it)



ASSOCIAZIONE DEI PAESI  
BANDIERA ARANCIONE





**Dott. ERALDO BERNABEI**  
**GEOLOGO**

Via Brugiano, 35  
62026 SAN GINESIO (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310  
E-mail: geobernald@gmail.com  
PEC: eraldo.bernabei@epap.sicurezzapostale.it  
P.IVA 01410400434  
C.F. BRNRLD66M31H876V



Comune di  
**SAN GINESIO**  
Provincia di Macerata

---

---

INDAGINE GEOLOGICA E SISMICA FINALIZZATA ALLA COSTRUZIONE  
DI UNA STRUTTURA PER DELOCALIZZAZIONE TEMPORANEA DELL'IPIA  
"RENZO FRAU" DI PASSO SAN GINESIO.

(OCDPC 475/2017 – PIANO STRALCIO INTERVENTI EDILIZIA SCOLASTICA)



---

---

**UBICAZIONE:**

C.da Passo San Ginesio  
San Ginesio  
Rif. Cat. Foglio n.22 Part.IIa n.454

**CONTIENE:**

- Relazione geologica e sismica
- N. 7 Tavole
- N. 12 Allegati

**IL TECNICO:**

Dott. Geol. ERALDO BERNABEI

**COMMITTENTE:**

Comune di San Ginesio (MC)  
Via Capocastello  
62026 San Ginesio

Ordine Geologi della Regione Marche  
Rif. Iscr. N° 658

**DATA:**  
26 Agosto 2020

## INDICE

1. PREMESSA E METODOLOGIA D'INDAGINE	Pag. 1
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	Pag. 2
3. UBICAZIONE GEOGRAFICA	Pag. 3
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	Pag. 3
5. VINCOLISTICA. IL P.A.I.	Pag. 4
6. IDROGRAFIA SUPERFICIALE ED IDROGEOLOGIA	Pag. 4
7. STRATIGRAFIA DEL TERRENO	Pag. 5
8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA NOMINALE	Pag. 6
9. SISMICITA'	Pag. 10
10. AZIONI SISMICHE	Pag. 12
10.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	Pag. 12
10.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE	Pag. 14
10.2.1 Categoria di sottosuolo	Pag. 15
10.2.2 Categoria topografica del sito	Pag. 16
11. FREQUENZA DI RISONANZA DEL TERRENO	Pag. 16
12. VULNERABILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO	Pag. 17
13. CONCLUSIONI	Pag. 17

## ELABORATI CONTENUTI NEL TESTO

• Corografia in scala 1:25.000	Tav. n.1
• Ubicazione geografica del sito	Tav. n.2
• Stralcio Carta Geologica Regione Marche in scala 1:10.000	Tav. n.3
• Stralcio Carta Geomorfologica Regione Marche in scala 1:10.000	Tav. n.4
• Stralcio Carta dissesti idrogeologici P.A.I. in scala 1:10.000	Tav. n.5
• Plan. ed ubicazione indagini geognostiche in scala 1:300	Tav. n.6
• Sezione litostratigrafica interpretativa X-X' in scala 1:200	Tav. n.7
• Stratigrafia sondaggio geognostico S1	All. n.1
• Stratigrafia sondaggio geognostico S2	All. n.2
• Stratigrafia sondaggio geognostico S3	All. n.3
• Stratigrafia sondaggio geognostico S4	All. n.4
• Stratigrafia sondaggi geognostici reperiti	All. n.5
• Tabelle risultati prova penetrometrica statica reperita Cpt1rep	All. n.6
• Tabelle risultati prova penetrometrica dinamica reperita Pd1	All. n.7
• Tabelle risultati prova penetrometrica dinamica reperita Pd2	All. n.8
• Certificati prove di laboratorio geotecnico	All. n.9
• Indagine geofisica reperita Masw	All. n.10
• Indagine geofisica reperita HVSR	All. n.11
• Documentazione fotografica	All. n.12



## **INDAGINE GEOLOGICA E SISMICA FINALIZZATA ALLA COSTRUZIONE DI UNA STRUTTURA PER DELOCALIZZAZIONE TEMPORANEA DELL'IPIA "RENZO FRAU" DI PASSO SAN GINESIO. (OCDPC 475/2017 – PIANO STRALCIO INTERVENTI EDILIZIA SCOLASTICA)**

### **1. PREMESSA E METODOLOGIA D'INDAGINE**

Su incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di San Ginesio, è stata redatta la presente relazione con lo scopo di valutare la compatibilità geologica dell'area con l'intervento in progetto. Sono state individuate e descritte le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche dell'area, i vincoli idrogeologici e gli aspetti sismici. La costruzione di un modello geologico, secondo le N.T.C.2018, è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della complessiva relazione d'opera geotecnica.

Per l'espletamento dell'incarico è stato eseguito il presente programma di lavoro:

- reperimento ed acquisizione dei dati bibliografici esistenti;
- reperimento ed utilizzo dei dati provenienti da molteplici indagini geognostiche svolte dallo scrivente e servite per la costruzione del fabbricato ospitante l'IPIA "R. Frau" e della Tensostruttura Comunale ubicati nell'immediate vicinanze dell'area d'interesse progettuale;
- esame del contesto geologico e geomorfologico dell'area;
- verifica della presenza di vincoli idrogeologici;
- identificazione dei sedimenti tramite lo svolgimento di quattro sondaggi geognostici eseguiti con una trivelsonda, denominati S1, S2, S3 e S4;
- caratterizzazione fisico-meccanica dei sedimenti, avvenuta tramite prove di laboratorio geotecnico svolte su un campione di terreno prelevato in S1, alla profondità di 2 metri rispetto al piano campagna. Inoltre sono state reperite due prove penetrometriche dinamiche, Pd1rep e Pd2rep e una prova penetrometrica statica E-CPT, denominata nel presente lavoro Cpt1rep. L'ubicazione delle prove è riportata nella tavola n.2 e n.6. I parametri geotecnici ottenuti sono stati successivamente confrontati per verificarne l'attendibilità con quelli raccolti nel corso di analoghe indagini sugli stessi tipi di terreno (pratica locale, a norma del D.M. 11/03/1988, p.to C3). Le prove sono state eseguite ed interpretate dalla Geodrill di Cerreto d'Esi (AN);
- verifica alla liquefazione;



- identificazione dello scenario sismico dell'area e della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2II - NTC 2018) attraverso un'indagine geofisica HVSR e una MASW (cfr. allegato n.6 e n.7) condotte ed interpretate sempre dalla Geodrill;
- identificazione della categoria topografica del sito (Tab. 3.2.IV - NTC 2018);
- è stata elaborata la Risposta Sismica Locale dell'area progettuale in allegato alla presente relazione geologica;
- elaborazione dei dati, redazione della relazione finale e realizzazione di schede e tavole esplicative.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- **L. 64 del 2/2/1974** - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni in zone sismiche;
- **L.R. 33 del 3/11/1984** - Norme per le costruzioni in zone sismiche delle Marche (modificata dalla L.R. 18/87);
- **D.M. del 11/3/1988** - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- **D.P.G.R. n. 23/1989** – Regolamento edilizio tipo;
- **Delib. C.R. Marche n. 15/90**;
- **D.M.LL.PP. del 16/1/1996** – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche e **C.M. LL.PP. 65 del 10/4/1997** – Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche;
- **D.P.R. del 06/06/2001** – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia;
- **Ord. P.C.M. del 20/03/2003, n. 3274** - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- **Delib. C.R. n.116 del 21/1/2004** - Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI);
- **D.M. del 14.01.08 - Norme Tecniche per le Costruzioni**;
- **Decreto del MIT del 17/01/2018** relativo al "Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni", pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 20/02/2018.



### 3. UBICAZIONE GEOGRAFICA

L'area è inquadrata nella carta topografica regionale del Foglio 124 Quadrante II, in scala 1:25.000 (cfr. tav. n.1). L'area in oggetto si trova ad una quota altimetrica di circa 333 metri s.l.m.

Rispetto alle coordinate geografiche la zona ha una latitudine Nord di circa 43° 6' 57,258" ed una longitudine Est rispetto al meridiano di Greenwich di circa 13° 22' 29,942".

Coordinate WGS84 Lat. 43,115905 Long. 13,374984 (vedi tav. n. 2).

### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

#### GEOLOGIA

Il sottosuolo dell'area in esame è costituito da sedimenti alluvionali costituiti prevalentemente da materiali ghiaiosi depositi nell'intervallo Pleistocene superiore-Olocene. Questa coltre ghiaiosa si presenta a volte massiva o a stratificazione incrociata, spesso accompagnata da abbondante matrice sabbioso-limosa. Le ghiaie sono poligeniche, eterometriche da finissime a medie, raramente grossolane. All'interno si rinvencono lenti ed orizzonti, arealmente limitati, di natura limoso-argillosa, limoso-sabbiosa o esclusivamente sabbiosa. La campagna geognostica svolta, ha evidenziato che la sopra descritta coltre alluvionale è di copertura ad un *bedrock* ascrivibile all'Associazione pelitico-arenacea della Formazione della Laga. Inoltre, nei sondaggi svolti il substrato è stato ritrovato a diversa profondità dal piano campagna, a dimostrazione che la superficie di contatto tra i sedimenti alluvionali e quelli del substrato risulta non omogenea, ma articolata a sezioni con diversa acclività (cfr. Tav. n.7 sez. X-X'). Da fonti bibliografiche risulta che gli strati della Formazione (rinvenibile lungo l'alveo del torrente Fiastra) sono caratterizzati da immersioni NE con pendenze variabili tra i 20 e i 25 gradi.

#### GEOMORFOLOGIA

L'area in cui dovrà essere costruito l'edificio in oggetto si trova a quota 333 metri s.l.m., in un'area adiacente al centro di Aggregazione Giovanile e al complesso scolastico di Passo San Ginesio (cfr. Tav. n.2). La morfologia dell'area in un intorno più ampio di quello progettuale, si presenta sub-pianeggiante, interrotta verso il torrente Fiastra da una scarpata di erosione fluviale, arrotondata ed avente altezza variabile tra 2 e i 4 metri.

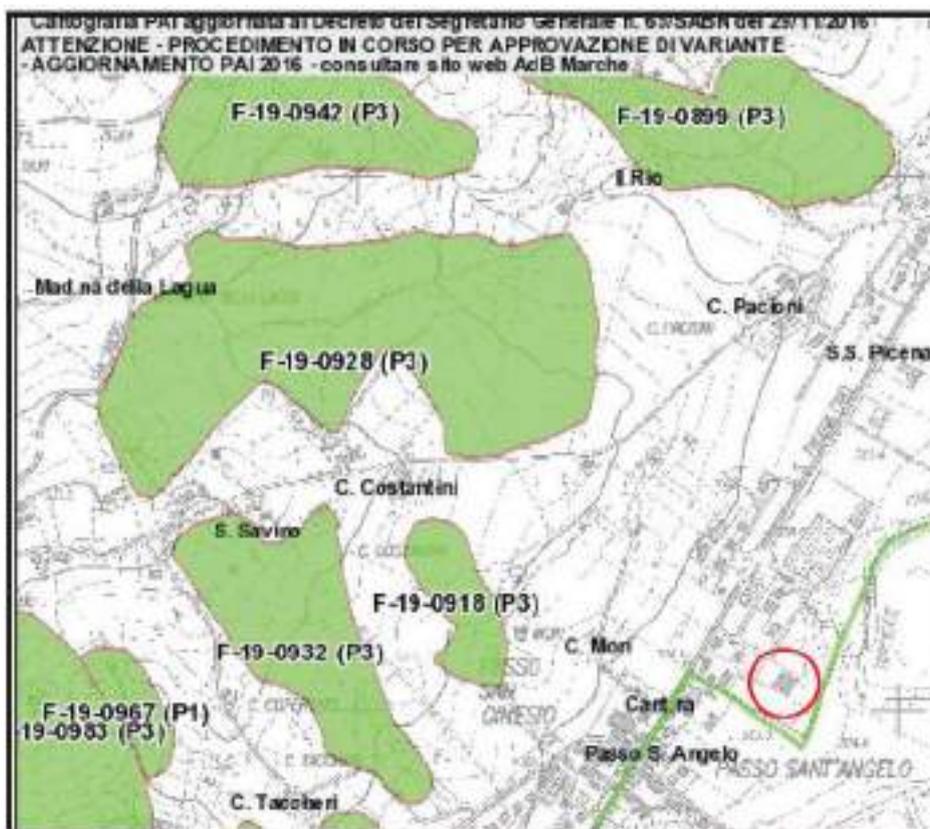
Il rilievo geomorfologico svolto nell'area di stretto interesse progettuale non ha evidenziato processi geomorfologici tali da pregiudicare la realizzazione del progetto.



## 5. VINCOLISTICA. IL P.A.I.

Il Piano per l'assetto idrogeologico (PAI - LL. 267/98 e 365/00) si configura come stralcio funzionale del settore della pericolosità idraulica e geomorfologica del Piano generale di bacino previsto dalla L. 183/89 e dalla L.R. 13/99.

Secondo gli elaborati del Piano suddetto, l'area di sedime non è sottoposta a vincolo "PAI" come si evidenzia dalla cartografia ufficiale del P.A.I. (figura sottostante e tav. n.5).



## 6. IDROGRAFIA SUPERFICIALE ED IDROGEOLOGIA

Il reticolo idrografico è caratterizzato dal torrente Fiastra, in cui attraverso piccoli fossi e solchi, confluiscono le acque meteoriche e di scolo dell'intera area. Il regime di tali corsi d'acqua ad esclusione del torrente Fiastra è essenzialmente di tipo pluviale (temporaneo).



L'area di interesse progettuale non è attraversata da linee preferenziali di scorrimento delle acque correnti superficiali. Ciò è dovuto essenzialmente alla presenza di un sistema di canalizzazione delle acque meteoriche diretto verso il torrente Fiastra. Pertanto non sono stati riscontrati particolari processi erosivi collegabili alla dinamica delle acque di superficie.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi alluvionali ghiaiosi presentano un buon grado di permeabilità e in considerazione della disposizione stratigrafica dei litotipi (depositi ghiaiosi posti al di sopra di depositi limo-argillosi), si può ipotizzare in prima approssimazione la presenza di un acquifero. A conferma di quanto sopra esposto nelle perforazioni effettuate in S1 e S4 è stata intercettata alla base dei depositi ghiaiosi una percolazione idrica.

## 7. STRATIGRAFIA DEL TERRENO

La distribuzione verticale dei terreni, definita direttamente attraverso quanto rinvenuto nei sondaggi geognostici e indirettamente dai dati ottenuti dalle prove penetrometriche svolte, è così mediamente costituita:

Distribuzione verticale media dei litotipi rinvenuti		
<b>A</b>	Limi sabbioso-argillosi	Terreno vegetale
<b>B</b>	Limi argillosi	Depositi eluvio-colluviali
<b>C</b>	Sabbie limoso argillose	Depositi alluvionali
<b>D</b>	Ghiaie, ghiaie e sabbie	Depositi alluvionali
<b>E</b>	Limi argillo-sabbiosi	Depositi alluvionali
<b>F</b>	Argille, argille marnose	Substrato alterato ed integro

- **Litotipo A** - costituito da limi sabbioso-argillosi con notevole materiale organico frammisto.

Il litotipo A è stato rinvenuto nell'area con uno spessore variabile da 0,6 metri a 1,0 metri.

- **Litotipo B** – costituito da limi argillosi di colore marrone chiaro.

Il litotipo B è stato rinvenuto con uno spessore variabile da 0,9 a 2,4 metri.



- **Litotipo C** – costituito da sabbie limoso argillose di colore nocciola-avana. Il litotipo C è stato rinvenuto per uno spessore variabile da 1,0 metri a 2,7 metri.
  
- **Litotipo D** – costituito da ghiaie che si presentano a volte a stratificazione incrociata a volte con aspetto massivo. Sono spesso accompagnate da abbondante matrice sabbioso-limosa. Le ghiaie sono poligeniche, eterometriche da finissime a medie, raramente grossolane.  
Il litotipo D è stato rinvenuto con uno spessore variabile da 4 metri a 5 metri circa. Al tetto di tali depositi sono presenti per uno spessore complessivo di circa 1-1,8 metri delle sabbie limose e delle ghiaie e sabbie.
  
- **Litotipo E** – costituito da limi argillo-sabbiosi di colore grigio-azzurro a screziature di colore nocciola. Sono frammisti talora noduli di sabbia ossidata e spalmature di sabbia fine o ghiaie.  
Il litotipo E è stato rinvenuto per uno spessore variabile tra 4 metri e 5 metri circa.
  
- **Litotipo F** - costituito nella parte sommitale da argille marnoso-siltose di colore grigio-azzurro sottilmente stratificate. Il sedimento risulta alterato e fratturato con numerosi joints subverticali. Progressivamente con la profondità il litotipo assume un aspetto d'integrità.  
Il litotipo F è stato rinvenuto in sia S1 che in S2 da 13 metri fino a 15 metri di profondità dal piano campagna.

## 8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA NOMINALE

In questo paragrafo sono descritti i principali parametri fisico-meccanici del terreno di fondazione. Siffatti parametri sono stati ottenuti dall'elaborazione computerizzata dei dati provenienti dalle prove penetrometriche eseguite, e dalle prove di laboratorio geotecnico svolte nel campione di terreno prelevato durante lo svolgimento del sondaggio S1. Le prove penetrometriche sono state interpretate secondo la metodologia proposta da Sanglerat, Terzaghi, D'Apollonia Jamiolkowsky ed altri recenti autori. L'insieme dei parametri ottenuti sono stati confrontati successivamente, per verificarne l'attendibilità, con quelli trovati in aree simili e limitrofe. I risultati di tali prove sono riportati negli allegati n.6, n.7, n.8 e n.9.



Riassumendo, è possibile raggruppare nelle seguenti tabelle, i valori dei principali parametri fisico-meccanici del terreno, presenti nell'area:

### Litotipo B: Limi argillosi (Depositi eluvio-colluviali)

Parametri fisico-meccanici	Valori min - max	Unità di misura
Peso di volume $\gamma_{sat}$	1,8 – 1,85	g/cm <sup>3</sup>
Coesione non drenata Cu	1,05	g/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno $\phi'$	27,9 – 29	gradi
Modulo di Young E	42 - 55	Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di deformazione edometrica M	42,1	Kg/cm <sup>2</sup>
Densità relativa Dr	36 - 46	%
Coefficiente di Poisson v	0,33	

### Litotipo C: Sabbie limoso argillose

Dati provenienti dalle prove di laboratorio geotecnico su campione prelevato a 2 metri di profondità in S1 (cfr. in dettaglio allegato n.9):

#### Identificazione

##### Descrizione visuale

Sabbia limosa a tratti argillosa avana scuro-marrone, struttura compatta mediamente consistente.

2,01	Peso di volume $\gamma$	28,67	Limite liquido WI
19,54	Contenuto in acqua Wn	24,36	Limite plastico Wp
	Grado di saturazione Sr	4,31	Indice plastico Ip
1,68	Peso volume secco $\gamma_d$		Indice di consistenza Io
	Indice dei vuoti e		Indice di liquidità IL
	Porosità n		Limite di ritiro Wc
	Peso specifico dei granì Gs		Attività A

#### Granulometria

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia
12,56%	40,37%	47,07%	0,00%

#### Classificazione

USCS (60)

AASHTO (200 UNI 10008)

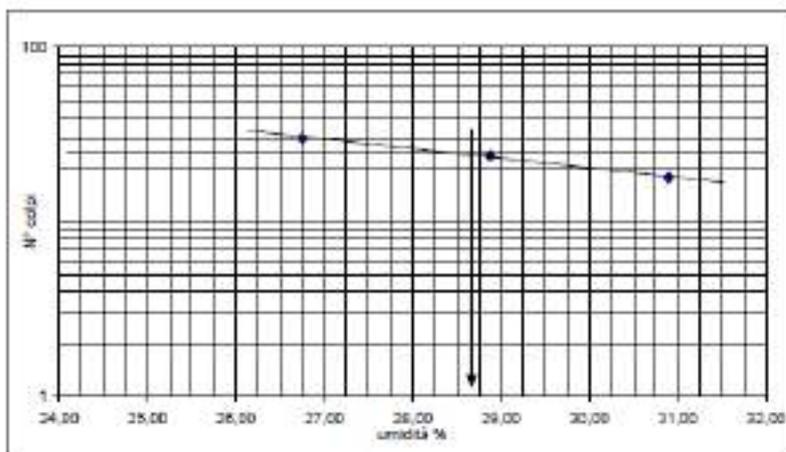
#### Caratterizzazione meccanica

<input checked="" type="checkbox"/>	Compressione laterale libera
<input checked="" type="checkbox"/>	Taglio diretto CD
<input type="checkbox"/>	Taglio diretto RS
<input checked="" type="checkbox"/>	Consolidazione edometrica
<input type="checkbox"/>	Compressione triassiale UU
<input type="checkbox"/>	Compressione triassiale CU
<input type="checkbox"/>	Compressione triassiale CD
<input type="checkbox"/>	Costipamento Proctor standard
<input type="checkbox"/>	Costipamento Proctor Modificata
<input type="checkbox"/>	Permeabilità diretta a carico variabile in cella edometrica
<input type="checkbox"/>	Permeabilità diretta a carico variabile
<input type="checkbox"/>	Permeabilità diretta a carico costante



**Determinazione del limite di liquidità e di plasticità**

N° dei colpi		18	24	30	Limite plastico	
Recipiente	n°	36	40	35	59	60
Peso lordo campione umido	g	68,49	61,34	69,83	48,40	50,16
Peso lordo campione asciutto	g	60,25	54,29	61,58	44,60	45,95
Peso acqua	g	9,24	7,05	8,27	3,80	4,21
Tara	g	30,35	29,98	30,65	29,10	29,56
Peso netto secco	g	29,90	24,41	30,91	15,50	17,39
Umidità	%	30,90	28,88	26,76	24,52	24,21



Limite liquido	28,67
Limite plastico	24,36
Indice di plasticità	4,31

Carta di Plasticità di Casagrande:  
Limi inorganici di bassa compressibilità  
(ML)

**COMPRESIONE LATERALE LIBERA**

**CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI**

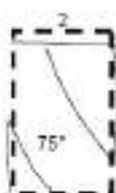
	1	2	3	
φ iniziale	3,81	3,81	3,81	cm
H <sub>0</sub>	7,62	7,62	7,62	cm
P <sub>i</sub>	174,56	174,37	174,78	gr
γ	2,01	2,01	2,01	gr/cm <sup>3</sup>
W	10,70	19,25	19,68	%

**CARATTERISTICHE MECCANICHE**

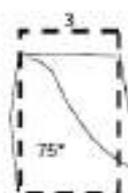
	1	2	3	
Velocità di deformazione	1,20	1,20	1,20	mm/min
Pressione a rottura	1,61	1,20	1,17	Kg/cm <sup>2</sup>
Deformazione a rottura	11,81	9,18	10,49	%
Angolo a rottura	75°	75°	75°	
Moduli elastici E <sub>i</sub>	85,06	83,09	81,18	Kg/cm <sup>2</sup>



campione composto da  
sabbia limosa-argillosa  
aviana scuro marrone  
rottura semi-plastica



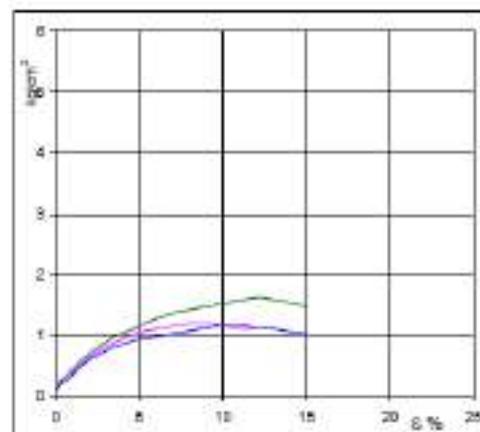
campione composto da  
sabbia limosa-argillosa  
aviana scuro marrone  
rottura semi-plastica



campione composto da  
sabbia limosa-argillosa  
aviana scuro marrone  
rottura semi-plastica

**CARATTERISTICHE MECCANICHE MEDIE**

q <sub>u</sub> :	1,33	Kg/cm <sup>2</sup>
c <sub>u</sub> :	0,66	Kg/cm <sup>2</sup>
ε:	10,49	%





PROVA DI TAGLIO DIRETTO

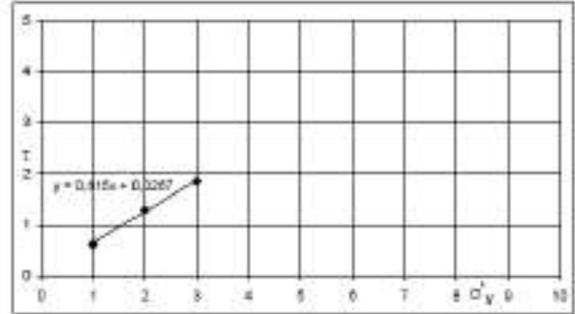
Caratteristiche iniziali medie dei provini:

Peso:	m	144,03	g
Peso dell'unità di volume:	$\gamma_w$	2,21	g/cm <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani:	$\gamma_s$		g/cm <sup>3</sup>
Contenuto in acqua:	W	19,49	%
Indice dei vuoti:	e		
Porosità:	n		%
Grado di saturazione:	S <sub>m</sub>		

Velocità di deformazione:	0,007	mm/min
Dimensione del provino:	L=	80 mm
	altezza	20 mm

Stato del campione: Indisturbato / rimangiato / consolidato  
Tipo della prova: Non consolidata-non drenata / Consolidata-non drenata / Consolidata-drenata

PROVINO		1	2	3	
<b>CONSOLIDAZIONE</b>					
Pressione verticale	$\sigma$	kg/cm <sup>2</sup>	1,00	2,00	3,00
Tempo di consolidazione	t	h	24,00	24,00	24,00
Cedimento finale	$\Delta$	mm	0,850	1,150	1,690
<b>ROTTURA</b>					
Sollecitazione tangenziale di piano	$\tau$	kg/cm <sup>2</sup>	0,02	1,30	1,85
Deformazione trasversale	$\delta_T$	mm	2,59	3,66	4,12
Deformazione normale	$\delta_n$	mm	0,16	0,26	0,50
Sollecitazione tangenziale residua	$\tau$	Kg/cm <sup>2</sup>			
Deformazione trasversale	$\delta_T$	mm			
Deformazione normale	$\delta_n$	mm			
Contenuto in acqua finale	W	%	30,50	30,34	19,07



$\phi^* = 31,6^\circ$      $c^* = 0,02 \text{ Kg/cm}^2$

DATI RELATIVI ALLA PROVA EDOMETRICA

Stato del campione: Indisturbato / rimangiato

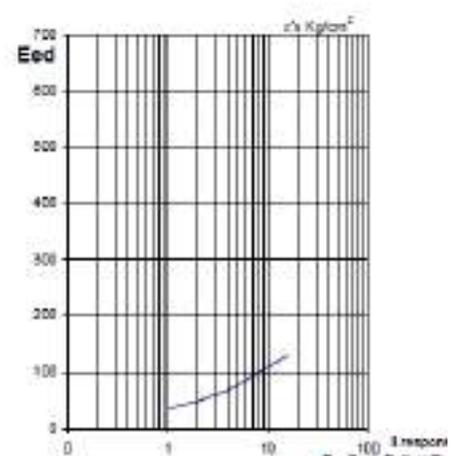
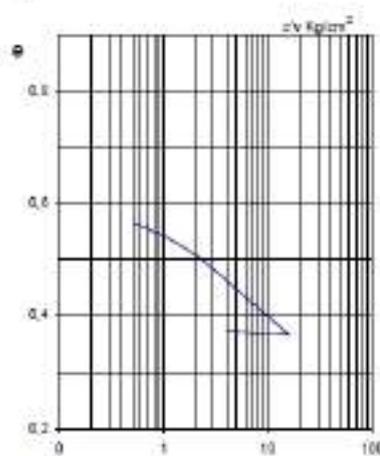
Caratteristiche iniziali del provino:

Peso:	m	181,12	g
Peso dell'unità di volume:	$\gamma_w$	2,21	g/cm <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani:	$\gamma_s$	2,66	g/cm <sup>3</sup>
Contenuto in acqua:	W	19,66	%
Indice dei vuoti:	e	0,5891	
Pressione di preconsolidazione:	$\sigma'_p$	0,95	kg/cm <sup>2</sup>
Grado di sovraconsolidazione:	O <sub>r</sub>	2,30	

EDOMETRO N° 1

Pressione	Tempo	$\Delta H$	$\sigma_v$	$e$	$m_v$	$E_{ed}$
kg/cm <sup>2</sup>	ore	cm	%		cm <sup>2</sup> /kg	kg/cm <sup>2</sup>
0,50	24,00	0,0275	1,375	0,5995		
1,00	24,00	0,0665	2,825	0,5432	0,0200	34,488
2,00	24,00	0,0990	4,950	0,5100	0,0206	43,100
4,00	24,00	0,1565	7,825	0,4636	0,0146	88,376
8,00	24,00	0,2180	10,900	0,4190	0,0102	88,140
16,00	24,00	0,2780	13,900	0,3674	0,0077	130,479
8,00	24,00	0,2745	13,725	0,3701		
4,00	24,00	0,2690	13,450	0,3745		

Indice di ricompattazione Cr: 0,07674  
Indice di compressibilità Co: 0,15213  
Indice di sgorgamento Ca: 0,01461





### Litotipo D: Ghiaie (Depositi alluvionali)

Parametri fisico-meccanici	Valori min - max	Unità di misura
Peso di volume $\gamma_{\text{sat}}$	2,05	g/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno $\phi'$	34 – 36	gradi
Modulo di Young E	>321	Kg/cm <sup>2</sup>
Densità relativa $D_r$	63 - >85	%
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,23 - 0,19	

### Litotipo F: Argille marnoso-siltose (Formazione alterata ed integra)

Parametri fisico-meccanici	Valori min - max	Unità di misura
Peso di volume $\gamma$	1,89 – 2,0	g/cm <sup>3</sup>
Coesione $C'$	0,0 – 0,4	Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata $C_u$	0,9 – 3	Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno $\phi'$	22 – 27	gradi
Modulo edometrico $E_d$	110 - 230	Kg/cm <sup>2</sup>

## 9. SISMICITA'

Il territorio del Comune di San Ginesio è stato classificato di seconda categoria ai sensi del decreto del 10.02.1983, pubblicato sulla G.U. n° 80 del 23.03.1983 (S=9, C=0.07, D.M. 03.03.1975) e confermato dalla Nuova Classificazione Sismica come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 s.m.i., il territorio comunale di San Ginesio ricade nella zona sismica 2 (vedi fig. sotto), nella quale i valori di  $A(g)$  accelerazione orizzontale al suolo espressa come frazione della accelerazione di gravità ( $g$ ) risulta pari a:

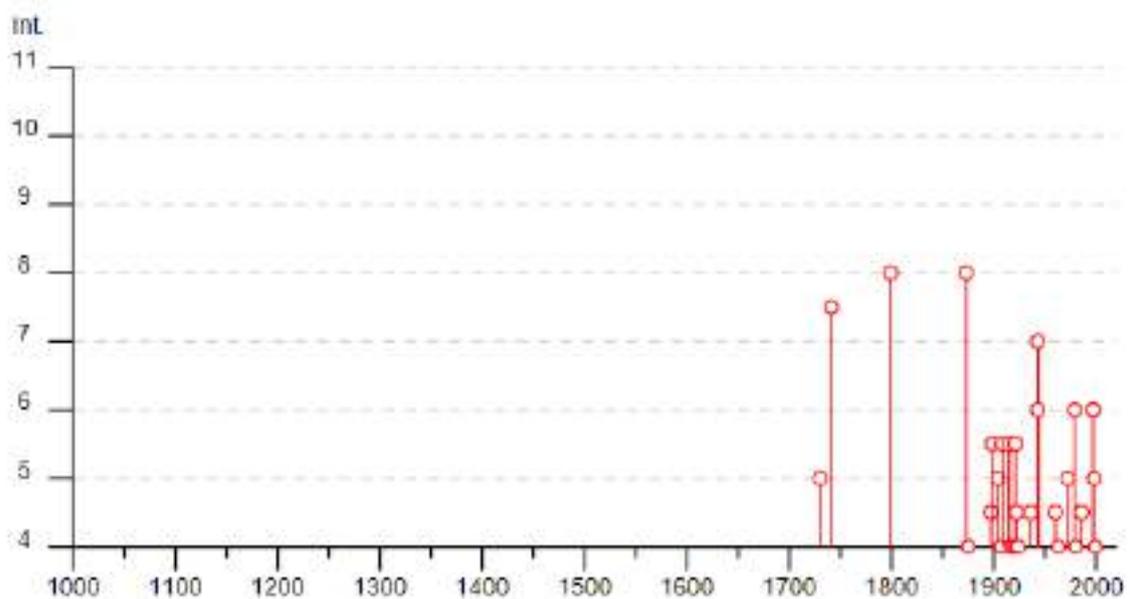


Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

ZONA	A(g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme tecniche)	A(g) con probabilità di superamento della soglia pari al 10% in 50 anni
2	0,25g	0,15+0,25



Nella versione 2015 del Database Macrosismico Italiano, consultabile liberamente all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>, per il comune di San Ginesio sono stati identificati 50 eventi significativi riportati nella seguente tabella.





Inoltre, si annovera la recente crisi sismica che ha interessato anche il territorio comunale ed in particolare gli eventi:

- del 24 agosto 2016 (03.36.32) Mw 6.0
- del 26 ottobre 2016 (19.11.36) Mw 5.5 e (21.18.15) Mw 6.0
- del 30 ottobre 2016 (07.40.17) Mw 6.5
- del 18 gennaio 2017 (11.25.23) Mw 5.4, (11.14.09) Mw 5.5, (10.25.40) Mw 5.1

Dalle informazioni dedotte da numerosi studi condotti dal Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti- INGV sulla distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio regionale", si evince che il territorio sotteso al Comune di San Ginesio rientra tra le aree con intensità massima dell'VII-IX grado.

## **10. AZIONI SISMICHE (D.M. 14.01.2018)**

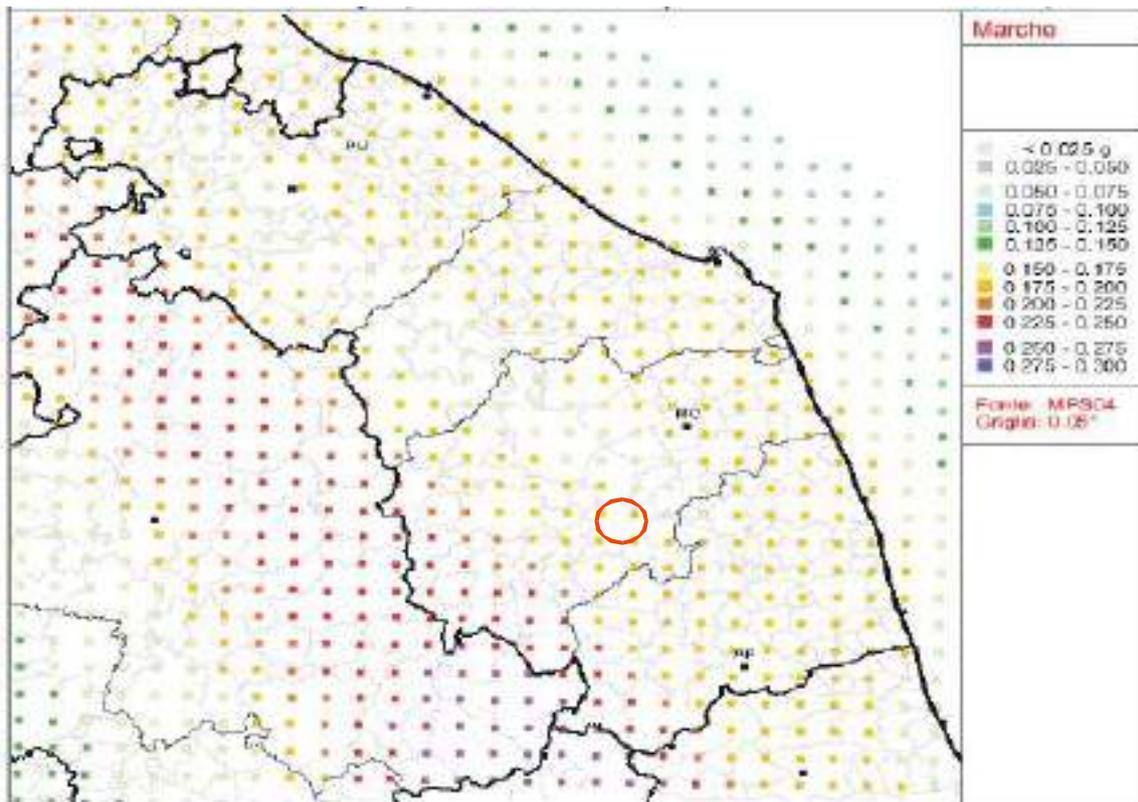
Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. Questo approccio semplificato può essere svolto in due fasi:

- si acquisisce la pericolosità sismica di base propria del sito;
- si calcola la risposta sismica locale.

### **10.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale riportata nella pagina sottostante tabella, è stata elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, in riferimento all'ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, all. 1b.

In tale cartografia il Comune di San Ginesio ricade in una zona con accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A) compresa tra 0,175 e 0,200 g.



Ai sensi delle NTC i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base propria del sito sono:

ag - accelerazione massima del terreno su suolo rigido orizzontale con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni espressa in frazione di g (accelerazione di gravità);

Fo - fattore di amplificazione spettrale massimo in accelerazione orizzontale;

Tc - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.

Di seguito sono riportati i valori di ag, Fo, Tc relativi alla pericolosità sismica dell'area oggetto d'intervento edificatorio (coordinate Lat. 43.115905, Long. 13.374984), per vari tempi di ritorno calcolati con l'utilizzo del programma della Geostru "PS - parametri sismici":



(1)* Coordinate WGS84 (°)	
Latitudine <input type="text" value="43.116093"/>	Longitudine <input type="text" value="13.374968"/>
(1)* Coordinate ED50 (°)	
Latitudine <input type="text" value="43.117048"/>	Longitudine <input type="text" value="13.375892"/>
Classe dell'edificio	
<input type="text" value="III. Affollamento significativo..."/>	
<b>CU = 1,5</b>	
Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100) Interpolazione	<input type="text" value="50"/>
	<input type="text" value="Media ponderata"/>
<input type="button" value="Calcola"/>	

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>0</sub> [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> * [s]
Operatività (SLO)	45	0,068	2,466	0,288
Danno (SLD)	75	0,084	2,463	0,300
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,203	2,478	0,342
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,260	2,513	0,348
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI				
<input type="radio"/> Muri di sostegno	<input type="radio"/> Paratie			
<input checked="" type="radio"/> Stabilità dei pendii e fondazioni				
<input type="checkbox"/> Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.				
H (m)	<input type="text" value="1"/>			
us (m)	<input type="text" value="0.1"/>			
Categoria sottosuolo	<input type="text" value="B"/>			
Categoria topografica	<input type="text" value="T1"/>			
<b>S<sub>s</sub> *</b>	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,14"/>
<b>C<sub>c</sub> *</b>	<input type="text" value="1,41"/>	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,36"/>	<input type="text" value="1,36"/>
Coeff. funz. categoria				
<b>S<sub>t</sub> *</b>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>
Amplificazione topografica				
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s <sup>2</sup> ]	<input type="text" value="0.6"/>			
<b>Coefficienti</b>	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
kh	0,016	0,020	0,068	0,083
kv	0,008	0,010	0,034	0,042
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,802	0,993	2,390	2,908
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

Solo a titolo esemplificativo, per il sito in esame in riferimento allo **stato limite di salvaguardia della vita (SLV)** con Tempo di ritorno (TR) 712 anni, Vita nominale (VN) 50 anni, classe d'uso III, coefficiente d'uso (CU) 2, ottenendo i seguenti parametri sismici:

$$a_g = 0,203 \times g \quad F_0 = 2,478 \quad T_c = 0,342 \text{ sec}$$

## 10.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE

La risposta sismica locale è data dal prodotto di due coefficienti e si esprime con la formula:

$$S = S_s \times S_T$$

dove:



$S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica, che assume valori diversi a seconda della categoria di sottosuolo;

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica, che assume valori diversi a seconda della morfologia di superficie.

### 10.2.1 Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II e 3.2.III - NTC 2018)

Nel D.M. del 17.01.2018 (NTC 2018), per quanto riguarda l'approccio semplificato, 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 dello stato  $i$ -esimo

$V_{S,i}$  = 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  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec.

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. Nell'indagine geofisica Masw (cfr. allegato n. 10) si è calcolato un valore delle  **$V_s$  eq pari a 375 m/s** al piano campagna ricadente nella **categoria di sottosuolo B**.



Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affaranti 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>

## 10.2.2 Categoria topografica del sito (Tab. 3.2.IV - NTC 2008)

Il sito rientra nella categoria T1, con  $S_T = 1,0$ .

## 11. FREQUENZA DI RISONANZA DEL TERRENO

Ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare da millesimi di Hz a decine di Hz. L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece 0,5 - 10 Hz (corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 a 1 piano). Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravii particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze superiori a 20 Hz.

Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo.



Nel caso in esame si evidenzia che l'area, sollecitata da input sismico, non amplifica le onde di superficie con un fattore  $\geq 2$ , tuttavia si individua un massimo a 1,84Hz. Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo. Qualora almeno una delle condizioni sopra indicate non possa essere rispettata la categoria di sottosuolo dovrà essere declassata alla categoria E.

## **12. VULNERABILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO**

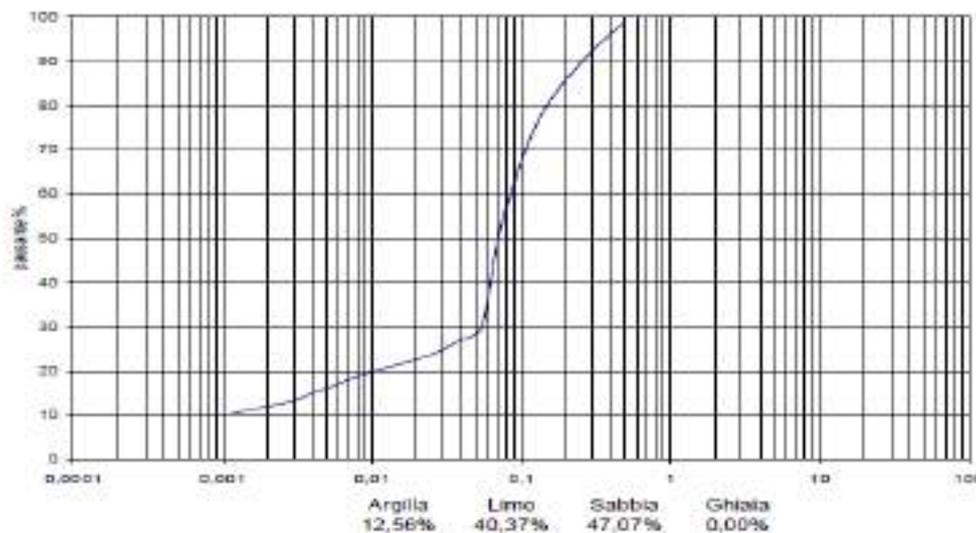
L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi della vulnerabilità alla liquefazione del terreno. In condizioni sismiche nei terreni saturi prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche si verificano dei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della tensione media efficace presente nel terreno e, quindi, una riduzione della resistenza a taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione. Nelle NTC 2018 (7.11.3.4.2) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;



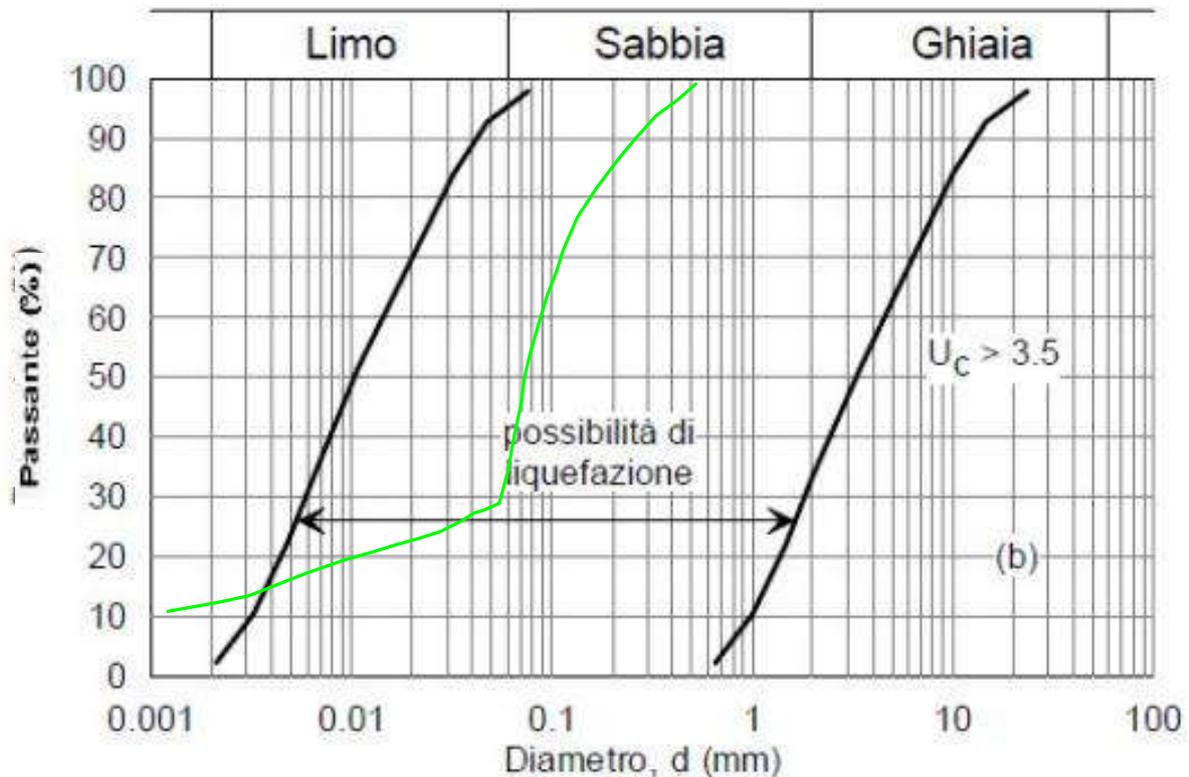
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ , ( $U_c$  rapporto  $D_{60}/D_{10}$ , dove  $D_{60}$  e  $D_{10}$  sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).

Nella tabella sottostante viene riportata la curva granulometrica del campione di terreno, denominato C1, prelevato a 2 metri di profondità dal piano campagna nel sondaggio S1.



La curva granulometrica contiene il 12,56% di argille e il 43,37% di limo.

Dal confronto tra la curva granulometrica del campione C1 di terreno analizzato (linea verde) e il fuso granulometrico suscettibile di liquefazione (linee nere) di cui alla figura 7.11.1 delle NTC 2018, con  $U_c > 3,5$ , si evince il terreno non è suscettibile di fenomeni di liquefazione per composizione granulometrica (il 18,67% si trova al di fuori dell'area di liquefazione).



Curva granulometrica del terreno confrontata con il fuso granulometrico critico scelto.

Quindi per quanto riguarda la possibilità di liquefazione dei sottofondi, pur ipotizzando la saturazione del substrato di fondazione (litotipo C), ipotesi cautelativa non supportata dalle osservazioni in situ, l'assortimento granulometrico e le caratteristiche geotecniche sono tali da escludere che possano verificarsi fenomeni di liquefazione, anche in caso di notevole sollecitazione ciclica.

### 13. CONCLUSIONI

Dall'esame di tutti i dati ottenuti nel corso dell'indagine eseguita è possibile asserire quanto segue:

- l'area oggetto di studio non rientra nelle perimetrazioni dei dissesti idrogeologici contemplati nel P.A.I. (vedi tavola n.5);
- le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area in oggetto sono tali da offrire sufficienti garanzie in relazione alla stabilità generale (vedi tavola n.4 e n.5);



- l'area in esame fa parte di un contesto parzialmente urbanizzato (canalizzazione acque superficiali e rete fognaria) e quindi vi è l'assenza di rilevanti fenomeni di erosione superficiale dovuti alle acque meteoriche;
- la superficie topografia si presenta pressoché sub-pianeggiante e in virtù di questo non sono presenti processi gravitativi destabilizzanti;
- nel sottosuolo vi è la presenza di una coltre ghiaiosa rinvenibile nell'area progettuale a circa 4 metri di profondità dal piano campagna;
- dal punto di vista idrogeologico, i depositi alluvionali ghiaiosi presentano un buon grado di permeabilità e in considerazione della disposizione stratigrafica dei litotipi (depositi ghiaiosi posti al di sopra di depositi limo-argillosi), si può ipotizzare in prima approssimazione la presenza di un acquifero. A conferma di quanto sopra esposto nei sondaggi S1 e S4, l'acqua è stata intercettata alla base dei depositi ghiaiosi (litotipo D);
- dal confronto tra la curva granulometrica del campione C1 di terreno analizzato e il fuso granulometrico suscettibile di liquefazione di cui alla figura 7.11.1 delle NTC 2018, con  $U_c > 3,5$ , si evince il terreno non è suscettibile di fenomeni di liquefazione per composizione granulometrica (il 18,67% si trova al di fuori dell'area di liquefazione);
- il sito ha come coordinate geografiche (Coordinate WGS84), Lat. 43.115905 e una Long. 13.374984, ed è posto a una quota di circa 333 metri s.l.m.;
- il Comune di San Ginesio ricade in una zona con accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A) compresa tra 0,175 e 0,200 g;
- il profilo stratigrafico del suolo di fondazione della zona interessata dall'intervento ricade nella categoria B;
- categoria topografica del sito T1 con  $S_T=1,0$ ;
- nel caso in esame si evidenzia che l'area, sollecitata da input sismico, non amplifica le onde di superficie con un fattore  $\geq 2$ , tuttavia si individua un massimo a 1,84Hz (vedi indagine HVSR nell'allegato n.11).

Nel modello geotecnico verrà approfondito l'aspetto delle interazioni tra il terreno di fondazione e le strutture da costruire, in modo da definire la tipologia fondale più idonea per la realizzazione in oggetto.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

Si ricorda che nel caso si voglia adottare una tipologia fondale profonda, tipo pali trivellati, nei sondaggi S1 e S4 si sono rilevate delle percolazioni idriche, pertanto si dovranno mettere in atto tutti gli accorgimenti tecnici-costruttivi per mettersi al riparo dai possibili franamenti all'interno del foro di scavo.

Particolare attenzione dovrà essere volta al convogliamento ed allontanamento delle acque superficiali e di infiltrazione, mediante adeguate opere di regimazione idraulica nell'intorno dell'area d'interesse progettuale.

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni". In corso d'opera, così come previsto dalla normativa, qualsiasi variazione delle condizioni litologiche, idrologiche e morfostrutturali del terreno che si discosti dal modello geologico di riferimento assunto dovrà essere analiticamente studiata, onde evitare ripercussioni sulla stabilità dell'opera in progetto.

San Ginesio, 26 Agosto 2020

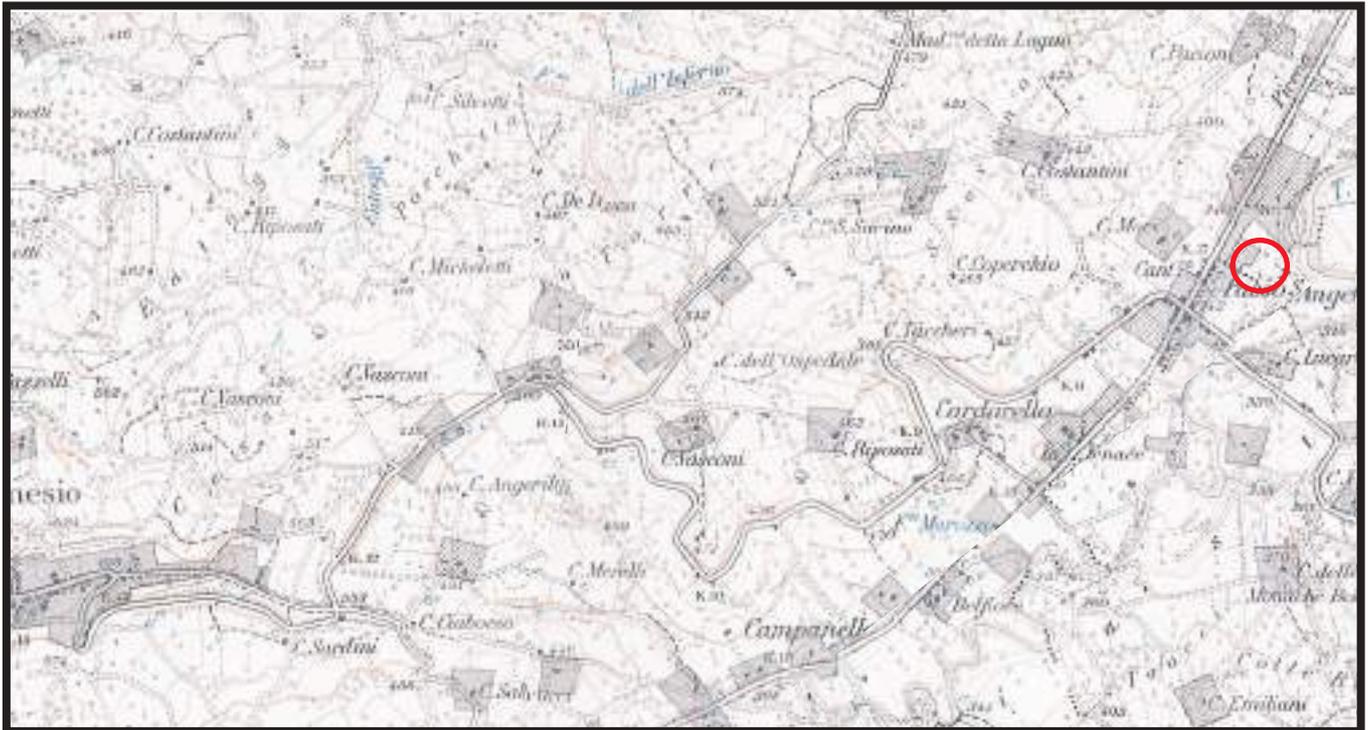
Dott. Geol. ERALDO BERNABEI



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

## Tavola n.1

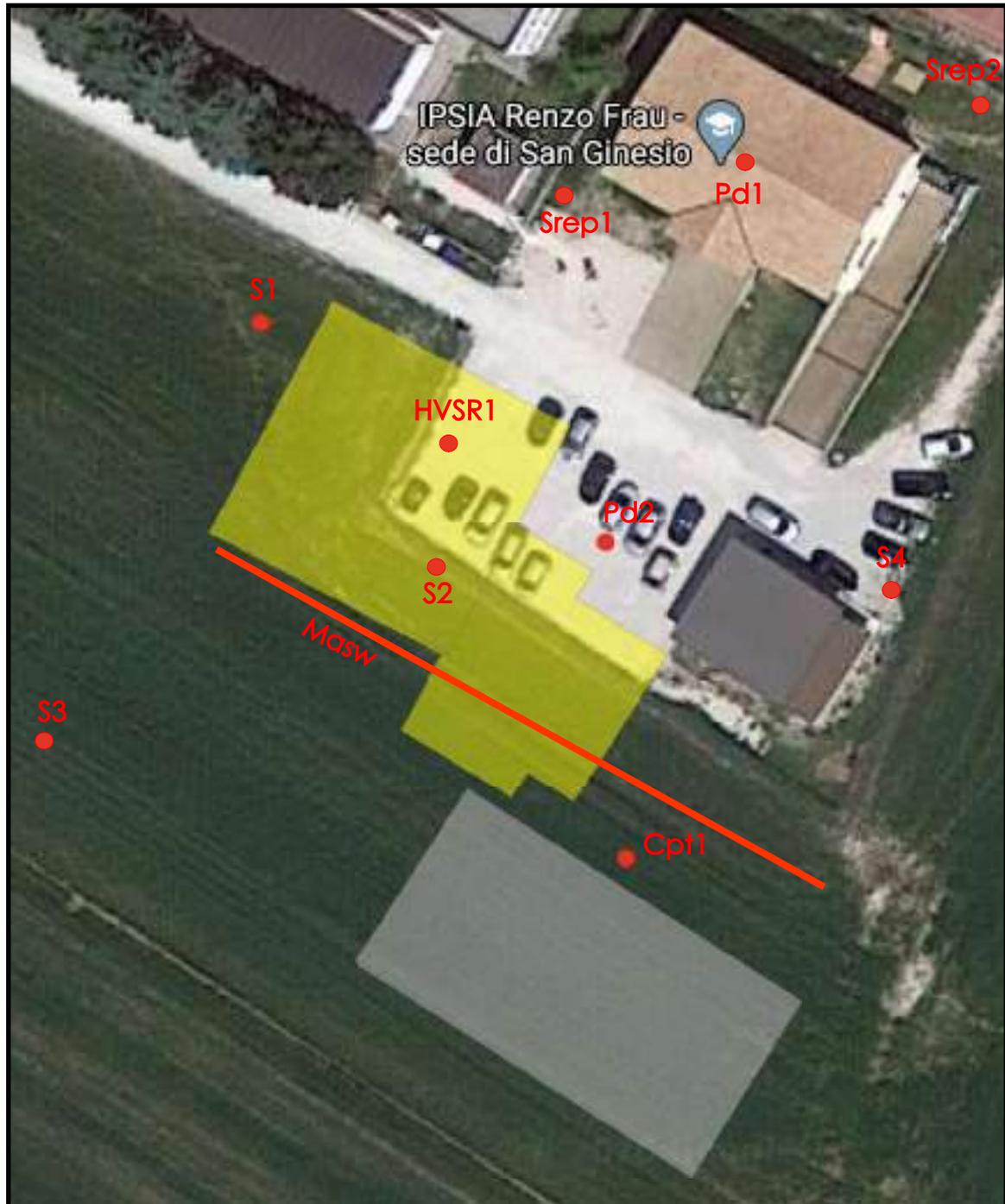
### COROGRAFIA scala 1:25.000



 Area d'indagine



## UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO E DELLE INDAGINI



 Ubicazione planimetria strutture da realizzare

20 m

Latitudine Nord di circa  $43^{\circ} 6' 57,258''$  e una longitudine Est rispetto al meridiano di Greenwich di circa  $13^{\circ} 22' 29,942''$

Coordinate WGS84 Lat. 43,115905 Long.13,374984

 Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche



STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONE MARCHE  
scala 1:10.000



LEGENDA

LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI  
VERBANTE MARCHIGIANO

SISTEMA DEL MUSONE  
(OLOCENE)



MUSb Depositi alluvionali attuali  
(ghiaia, sabbia, limo)



MUSon Depositi alluvionali terrazzati  
(ghiaia, sabbia, limo)

SISTEMA DI MATELICA  
(PLEISTOCENE SUPERIORE)



MTbn Depositi alluvionali terrazzati  
(ghiaia, sabbia, limo)

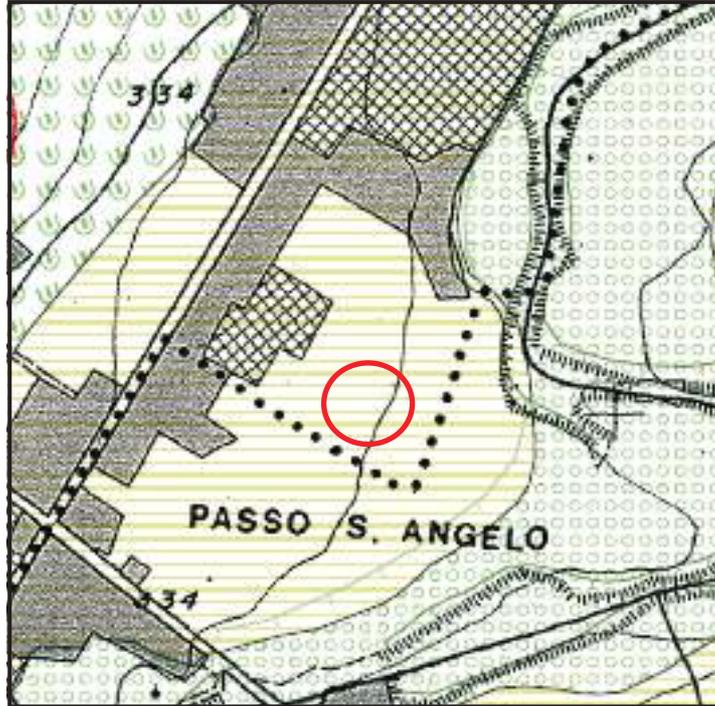
--- Contatto stratigrafico e/o  
litologico



Area oggetto d'intervento

Trasposizione sulla Carta Tecnica Regionale (C.T.R.)  
Responsabile Scientifico: Prof. Massimo Sarti  
Dip. Scienze del Mare, Università Politecnica delle Marche  
Rilievo effettuato negli anni 1996-2003 - Progetto Decup. Ob. 5a e Progetto CARO  
Informatizzazione Laboratorio di Cartografia Digitale e GIS Centre of Geomatics

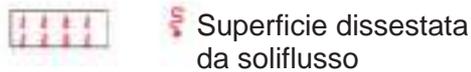
# STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA REGIONE MARCHE scala 1:10.000



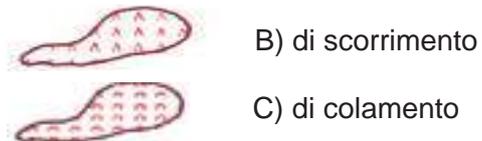
## LEGENDA

### FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'

#### A. Forme di denudazione



#### B. Forme di accumulo e relativi depositi

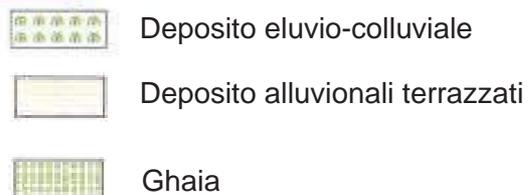


### FORME FLUVIALI E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO

#### A. Forme di erosione

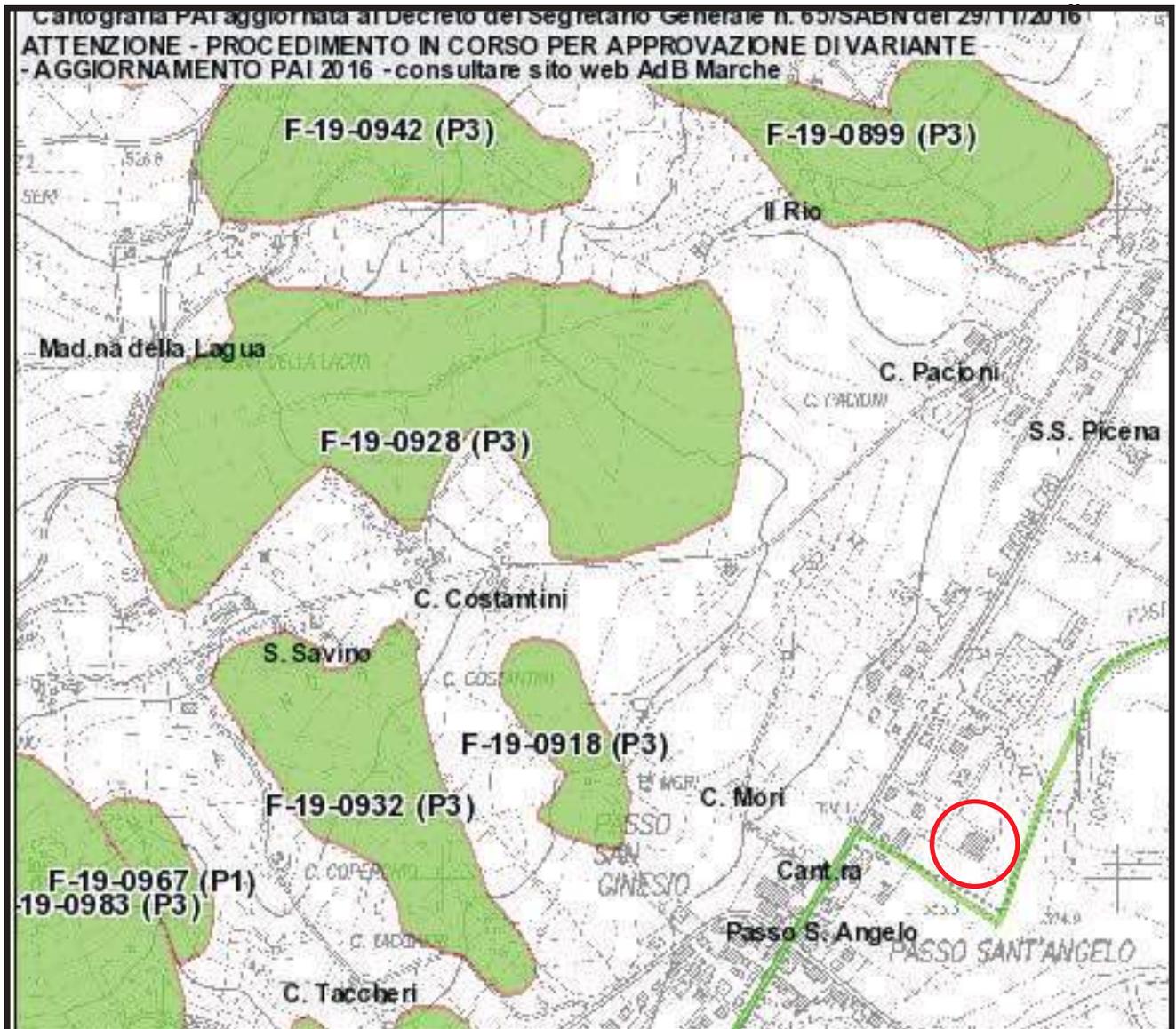


#### B. Forme di accumulo e relativi depositi





STRALCIO CARTA DISSESTI IDROGEOLOGICI P.A.I.  
scala 1:10.000



**FRANE**  
R1  
R3

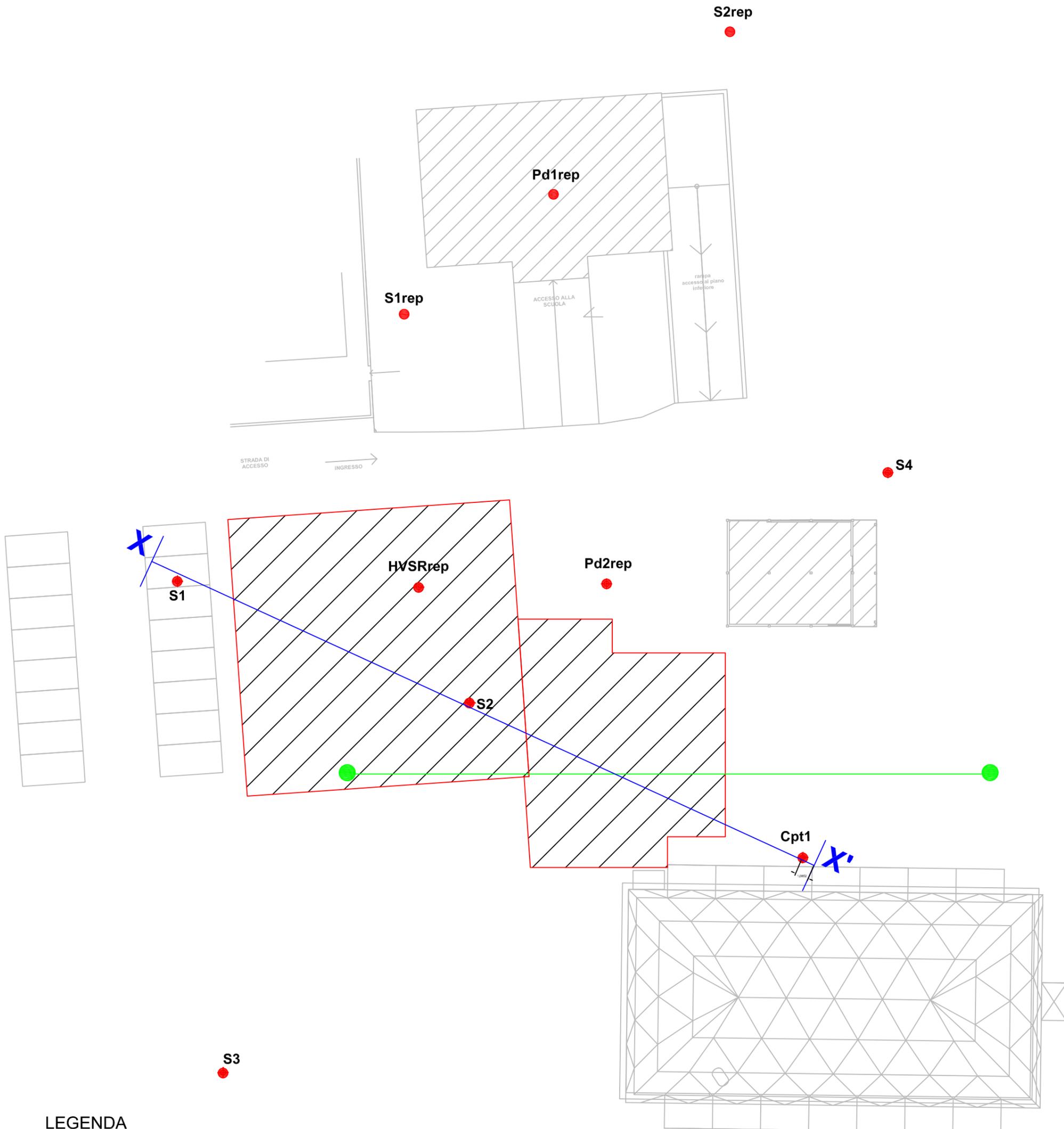
R2  
R4

Area d'indagine



# PLANIMETRIA ED UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

scala 1:300

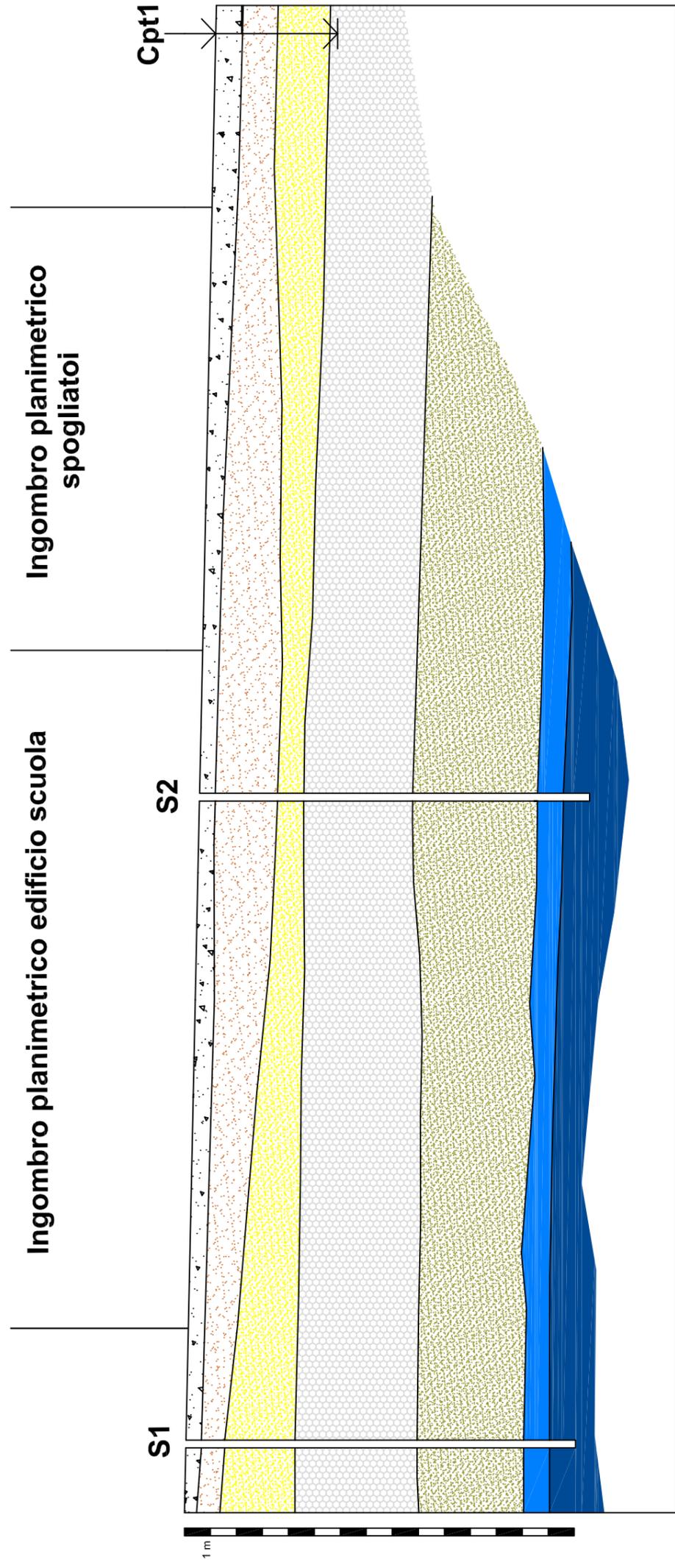


## LEGENDA

-  Planimetria approssimativa edifici da realizzare
-  Ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche
-  Ubicazione traccia di sezione litostratigrafica interpretativa X-X'
-  Ubicazione standimento geofoni per indagine geofisica Masw rep

## SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA X-X'

scala 1:200



### LEGENDA

	TERRENO VEGETALE		DEPOSITI ALLUVIONALI		FORMAZIONE ALTERATA
	DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI		DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI		FORMAZIONE INTEGRA
	Limo sabbioso-argilloso		Limi argillo-sabbiosi		Argille marnose
	Argille				



### STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN GINESIO				SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1						
OGGETTO: COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO PER DELOCALIZZAZIONE TEMPORANEA "PIA "FRAU"				ATTREZZATURA: SONDA A ROTAZIONE						
LOCALITA': PASSO SAN GINESIO										
DATA: 16/07/2020										
PROFONDITA' DAL PIANO CAMPAGNA	SPESSORE STRATI	SEZIONE DEL TERRENO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI		FALDA IDRICA	PROVE SU CAMPIONI		OSSERVAZIONI	
				■ INDISTURBATO	□ RIMANEGGIATO		VANE TEST Kg/cmq	POCKET PENETR. Kg/cmq		
N°	QUOTA									
0,6 m	0,6 m		TERRENO VEGETALE							
1,5 m	0,9 m		DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI Limi argillosi marrone chiaro						Asciutto	
4,2 m	2,7 m		DEPOSITI ALLUVIONALI Sabbie limoso argillose di colore nocciola - avana	C1 □	2,0 m				Umido	
6 m	1,8 m		Ghiaie con abbondante matrice sabbioso limosa							
8,9 m	2,9 m		Ghiaie medio-grandi con matrice limo-sabbiosa						Umido	
9,5 m	0,6 m		Limi argillo-sabbiosi e ghiaiedi colore nocciola - avana						bagnato	
11 m	1,5 m		Limi argillosi debolmente sabbiosi di colore grigio azzurro a screziature nocciola con spalmature e noduli di sabbia fine ossidata					3,1		
13 m	2,0 m		Limo sabbioso di colore nocciola-avana con frammista della ghiaia							
14 m	1,0 m		SUBSTRATO ALTERATO Argille marnoso-siltose grigio azzurre.							
15 m	1,0 m		SUBSTRATO INTEGRO Argille marnoso-siltose grigio- azzurre							



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2

<b>COMMITTENTE:</b> COMUNE DI SAN GINESIO <b>OGGETTO:</b> COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO PER DELOCALIZZAZIONE TEMPORANEA "IPIA "FRAU" <b>LOCALITA':</b> PASSO SAN GINESIO <b>DATA:</b> 16/07/2020				<b>SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2</b> <b>ATTREZZATURA:</b> SONDA A ROTAZIONE						
PROFONDITA' DAL PIANO CAMPAGNA	SPESSORE STRATI	SEZIONE DEL TERRENO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI		PROVE SU CAMPIONI		OSSERVAZIONI		
				■ INDISTURBATO		FALDA IDRICA ▽	VANE TEST Kg/cmq	POCKET PENETR. Kg/cmq		
				□ RIMANEGGIATO	N° QUOTA					
0,6 m	0,6 m		TERRENO VEGETALE							
3,0 m	2,4 m		DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI Limi argillosi marrone chiaro						Asciutto	
4,0 m	1,0 m		DEPOSITI ALLUVIONALI Sabbie limoso argillose di colore nocciola - avana						Umido	
5,0 m	1,0 m		Ghiaie con abbondante matrice sabbioso limosa							
8,2 m	3,2 m		Ghiaie medio-grandi con matrice limo-sabbiosa						Umido	
8,7 m	0,5 m		Limi argillo-sabbiosi e ghiaia di							
10,7 m	2,0 m		Limi argillosi debolmente sabbiosi di colore grigio azzurro a screziature nocciola con spalmature e noduli di sabbia fine ossidata							
13 m	2,3 m		Limi argillosi debolmente sabbiosi con frammista della ghiaia							
14 m	1,0 m		SUBSTRATO ALTERATO Argille marnoso-siltose grigio azzurre.							
15 m	1,0 m		SUBSTRATO INTEGRO Argille marnoso-siltose grigio- azzurre							



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S3

<b>COMMITTENTE:</b> COMUNE DI SAN GINESIO <b>OGGETTO:</b> COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO PER DELOCALIZZAZIONE TEMPORANEA "IPIA "FRAU" <b>LOCALITA':</b> PASSO SAN GINESIO <b>DATA:</b> 16/07/2020				<b>SONDAGGIO GEOGNOSTICO S3</b> <b>ATTREZZATURA:</b> SONDA A ROTAZIONE						
PROFONDITA' DAL PIANO CAMPAGNA	SPESSORE STRATI	SEZIONE DEL TERRENO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI		PROVE SU CAMPIONI		OSSERVAZIONI		
				■ INDISTURBATO	□ RIMANEGGIATO	FALDA IDRICA ▽	VANE TEST Kg/cmq	POCKET PENETR. Kg/cmq		
				N°	QUOTA					
0,6 m	0,6 m		TERRENO VEGETALE							
3,4 m	2,8 m		DEPOSITI ALLUVIONALI Sabbie limoso argillose di colore nocciola - avana							Asciutto
6,0 m	2,6 m		Ghiaie con abbondante matrice sabbioso limosa							Umido
8,4 m	2,4 m		Ghiaie medio-grandi con matrice limo-sabbiosa							Umido
11 m	2,6 m		Limi argillosi debolmente sabbiosi di colore grigio azzurro a screziature nocciola con spalmature e noduli di sabbia fine ossidata							
11,8 m	0,8 m		Limi argillo-sabbiosi e ghiaia di colore nocciola - avana							
12,2 m	0,4 m		Ghiaie con abbondante matrice sabbioso limosa							Umido
13 m	0,8 m		SUBSTRATO ALTERATO Argille marnoso-siltose grigio azzurre.							



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S4

<b>COMMITTENTE:</b> COMUNE DI SAN GINESIO <b>OGGETTO:</b> COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO PER DELOCALIZZAZIONE TEMPORANEA "PIA "FRAU" <b>LOCALITA':</b> PASSO SAN GINESIO <b>DATA:</b> 16/07/2020				<b>SONDAGGIO GEOGNOSTICO S4</b> <b>ATTREZZATURA:</b> SONDA A ROTAZIONE						
PROFONDITA' DAL PIANO CAMPAGNA	SPESSORE STRATI	SEZIONE DEL TERRENO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI		FALDA IDRICA	PROVE SU CAMPIONI		OSSERVAZIONI	
				■ INDISTURBATO	□ RIMANEGGIATO		VANE TEST Kg/cmq	POCKET PENETR. Kg/cmq		
				N°	QUOTA	▽				
0,6 m	0,6 m		TERRENO DI RIPORTO							
1,6 m	1,0 m		DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI Limi argillosi marrone chiaro							Asciutto
3,2 m	1,6 m		DEPOSITI ALLUVIONALI Ghiaie con abbondante matrice sabbioso limosa							Umido
10 m	6,2 m		Ghiaie medio-grandi con matrice limo-sabbiosa							Umido
11,4 m	1,4 m		Limi argillo-sabbiosi e ghiaia di colore nocciola - avana							
13 m	1,6 m		Ghiaie medio-grandi con matrice limo-sabbiosa							Bagnato
					9,7 m					





## SONDAGGIO REPERITO Sr2rep

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SAN GINESIO				SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2						
OGGETTO: COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO				ATTREZZATURA: SONDA A ROTAZIONE						
LOCALITA': PASSO SAN GINESIO				DATA: 22/11/2004						
PROFONDITA' DAL PIANO CAMPAGNA	SPESSORE STRATI	SEZIONE DEL TERRENO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI		FALDA IDRICA	PROVE SU CAMPIONI		OSSERVAZIONI	
				■ INDISTURBATO	□ RIMANEGGIATO		VANE TEST	POCKET PENETR.		
				nr	QUOTA	▽	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		
0,6 m	0,6 m		TERRENO VEGETALE							
1,4 m	0,8 m		DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI Limi sabbiosi nocciola azzurra							
2,3 m	0,9 m		DEPOSITI ALLUVIONALI Sabbie limose di colore azzurro							Asciutta
3,7 m	1,4 m		Ghiaie e sabbie							Asciutta
	4,7 m		Ghiaie medio-grandi con rischio limo-sabbiosa							Umidità
8,4 m					7,9 m	▽				
10 m	1,6 m		Limi argille-sabbiosi di colore grigio-azzurro a screcciature nocciola con spalmature e noduli di sabbia fine coesiva				1,5		Plastici	
10,5 m	0,6 m		Sabbie limo-argillose di colore grigio-azzurro							
10,8 m	0,3 m		Ghiaie							
12,0 m	1,2 m		Sabbie limo-argillose di colore grigio-azzurro							
12,3 m	0,3 m		Ghiaie							
13,0 m	0,7 m		Sabbie limo-argillose di colore grigio-azzurro							
13,3 m	0,3 m		FORMAZIONE ALTERATA Argille massoso-sitose grigio azzurro alterate e sabbie arenacee							



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

Allegato n.6

TABELLE RISULTATI PROVA PENETROMETRICA STATICA Cpt1



**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

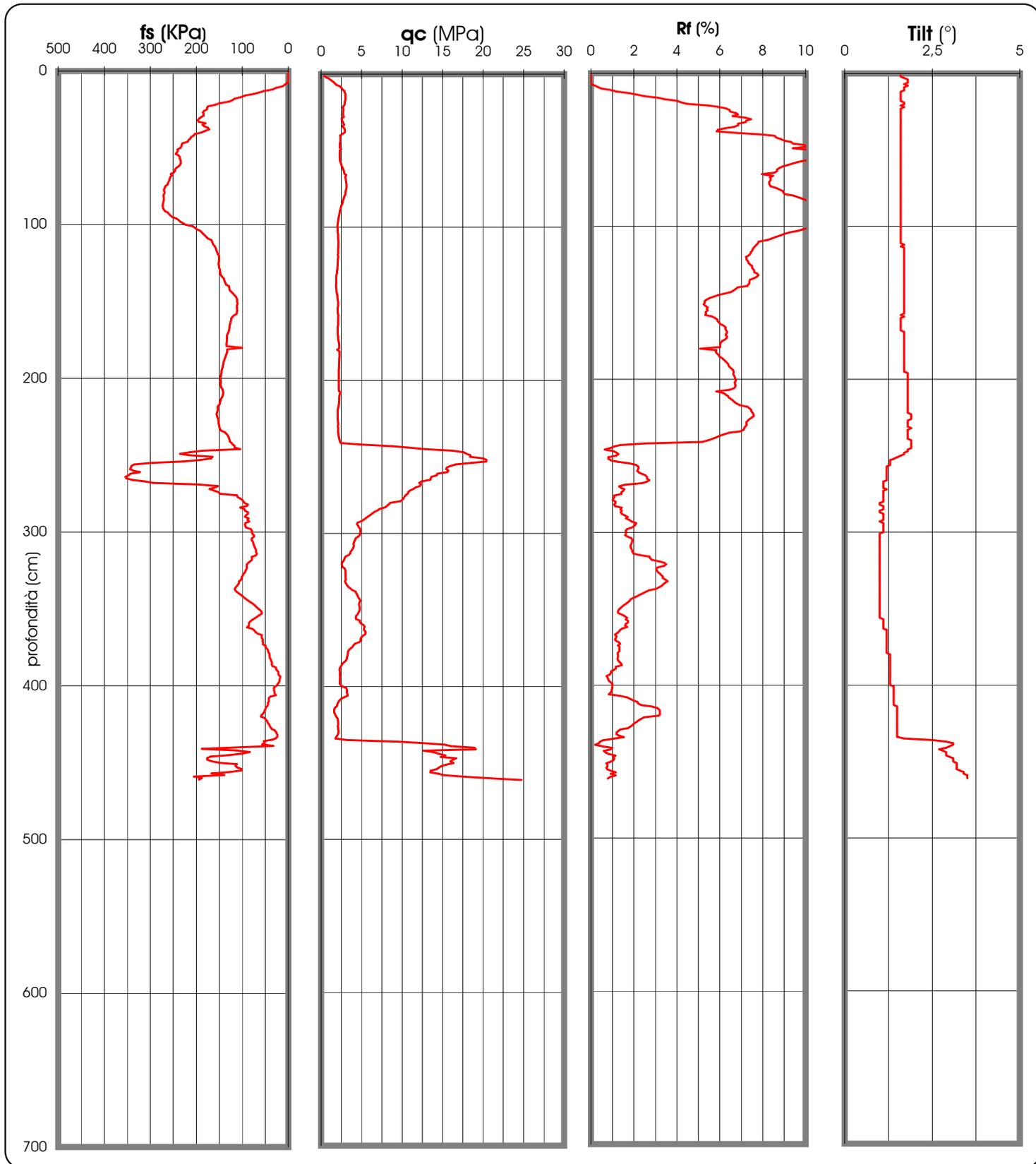
Cerreto d'Esi, il 24 aprile 2019

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di San Ginesio  
CANTIERE: Nuova Struttura Geodetica

PROVA N 1s del 23/04/2019

PROF.: 4,61 m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





**Geodrill** s.a.s.  
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
 Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
 60043 Cerreto d'Esi (AN)  
 P. IVA: 02334920424  
 E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 24 aprile 2019

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di San Ginesio

CANTIERE: Nuova Struttura Geodetica

**PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA**

**caratteristiche tecniche del penetrometro**

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard  
 Capacità di spinta: 100 kN

**Punta digitale PAGANI**

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta ( $q_c$ )	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq.10
Attrito laterale ( $f_s$ )	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,80
		Area manicotto di attrito	cmq.150
Pressione nei pori ( $u$ )	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0
		Diametro	mm.36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg.2,1
		Lunghezza totale	mm.413

**legenda per la rappresentazione grafica**

$f_s$  = resistenza specifica locale al manicotto  
 $q_c$  = resistenza specifica al cono statico  
 $R_f$  = rapporto della resistenza ( $f_s/q_c$ )  
 Tilt = inclinazione

**legenda per la caratterizzazione geomeccanica**

$q_c$  = resistenza specifica al cono statico  
 $q_{cm}$  = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato  
 $\sigma_{v\text{ eff}}$  = pressione verticale efficace (stima)  
 $D_r$  = densità relativa (Lancellotta, 1983)  
 $\phi$  = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)  
 $E$  = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)  
 $C_u$  = coesione non drenata (Terzaghi,  $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$ ; Lunne, Robertson, Powell 1977)  
 $M$  = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)  
 $V_s$  = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)  
 $G$  = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomachi)  
 $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)





**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P. IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 24 aprile 2019

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di San Ginesio  
CANTIERE: Nuova Struttura Geodetica

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

Allegato n.7

TABELLE RISULTATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
REPERITA Pd1rep (2004)



**Geodrill**

Dr. Geol. David Grillini

**SERVIZI GEOLOGICI**

Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888

60043 Cerreto d'Esio(AN)

P.IVA: 01531180428

E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esio, il 30 novembre 2004

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di S.Ginesio

CANTIERE: Passo San Ginesio

**PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA**

**caratteristiche tecniche del penetrometro**

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm<sup>2</sup>      angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm      lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg      Peso massa passiva: 4,2 Kg

**legenda per la rappresentazione grafica**

H =      profondità

NC =      numero di colpi

q<sub>d</sub> =      resistenza alla penetrazione dinamica

**legenda per la caratterizzazione geomeccanica**

NC<sub>m</sub> =      numero di colpi medio per quel determinato strato

C =      coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N<sub>spt equiv</sub> =      numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr =      densità relativa (Gibbs e Holtz)

φ =      angolo di attrito interno (De Mello)

E =      modulo di elasticità (Schmertmann, Webb)

Ed =      modulo edometrico (Stroud e Butler 1975)

γ =      peso unità di volume

V<sub>s</sub> =      velocità onde di taglio

Ko =      modulo di reazione (Navfac)

ν =      modulo di Poisson

C<sub>u</sub> =      coesione non drenata (Terzaghi e Peck)



**Geodrill**

Dr.Geol.David Grillini

**SERVIZI GEOLOGICI**

Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888

60043 Cerreto d'Esi(AN)

P.IVA: 01531180428

E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 30 novembre 2004

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di S.Ginesio

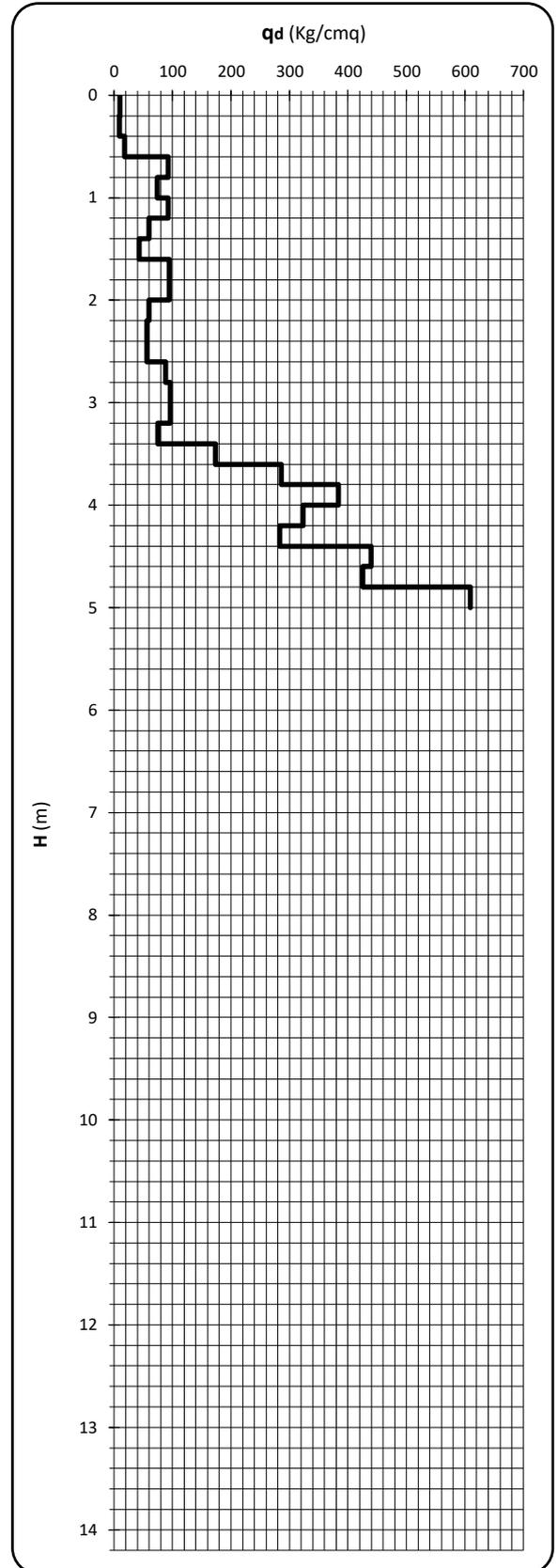
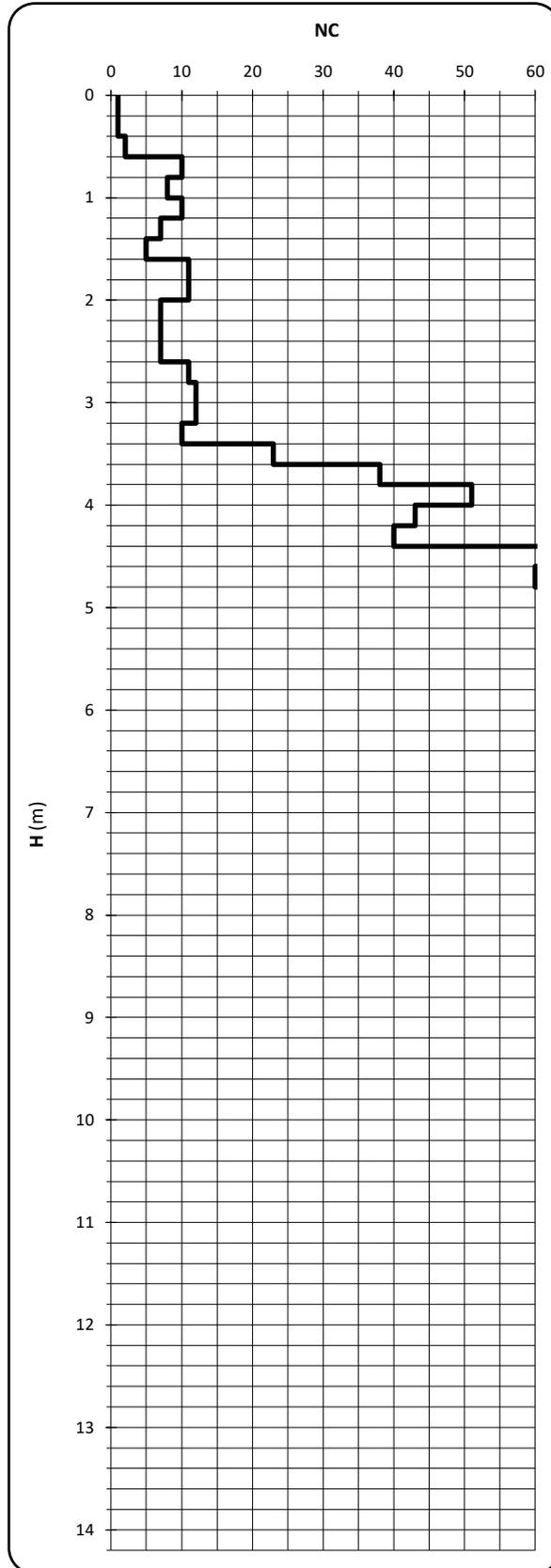
CANTIERE: Passo San Ginesio

PROVA N. 1 del 29/11/04

PROF.: 5,00 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,2	1	10,03
0,4	1	9,26
0,6	2	18,53
0,8	10	92,63
1,0	8	74,10
1,2	10	92,63
1,4	7	60,21
1,6	5	43,01
1,8	11	94,61
2,0	11	94,61
2,2	7	60,21
2,4	7	56,20
2,6	7	56,20
2,8	11	88,31
3,0	12	96,34
3,2	12	96,34
3,4	10	75,27
3,6	23	173,11
3,8	38	286,01
4,0	51	383,86
4,2	43	323,65
4,4	40	283,37
4,6	62	439,22
4,8	60	425,05
5,0	86	609,24
5,2		
5,4		
5,6		
5,8		
6,0		
6,2		
6,4		
6,6		
6,8		
7,0		
7,2		
7,4		
7,6		
7,8		
8,0		
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		







Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

Allegato n.8

TABELLE RISULTATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
REPERITA Pd2rep (2017)



Cerreto d'Esi, 04 gennaio 2017

COMMITTENTE: Dr. Geol. Eraldo Bernabei

CANTIERE: Laboratorio Professionale - Passo S Ginesio

### PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

#### caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm<sup>2</sup>      angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm      lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg      Peso massa passiva: 4,2 Kg

#### legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q<sub>d</sub> = resistenza alla penetrazione dinamica

#### legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC<sub>m</sub> = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N<sub>spt equiv</sub> = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Shultze-Menzenbach)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Mitchell e Gerdner)

γ = peso unità di volume

V<sub>s</sub> = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

Ko = modulo di reazione (Navfac)

v = modulo di Poisson

C<sub>u</sub> = coesione non drenata (Benassi - Vannelli - 1983, Schmertmann - 1975)



**Geodrill** s.a.s.  
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888  
 60043 Cerreto d'Esi (AN)  
 P. IVA: 02334920424  
 E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 04 gennaio 2017

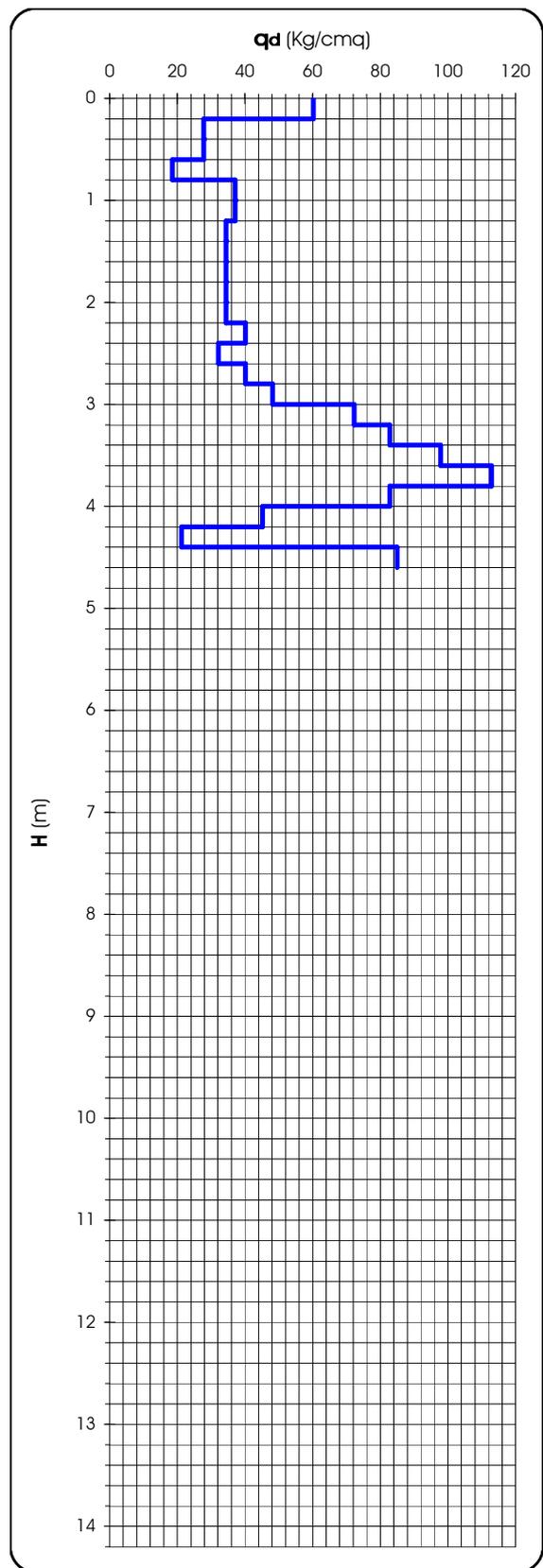
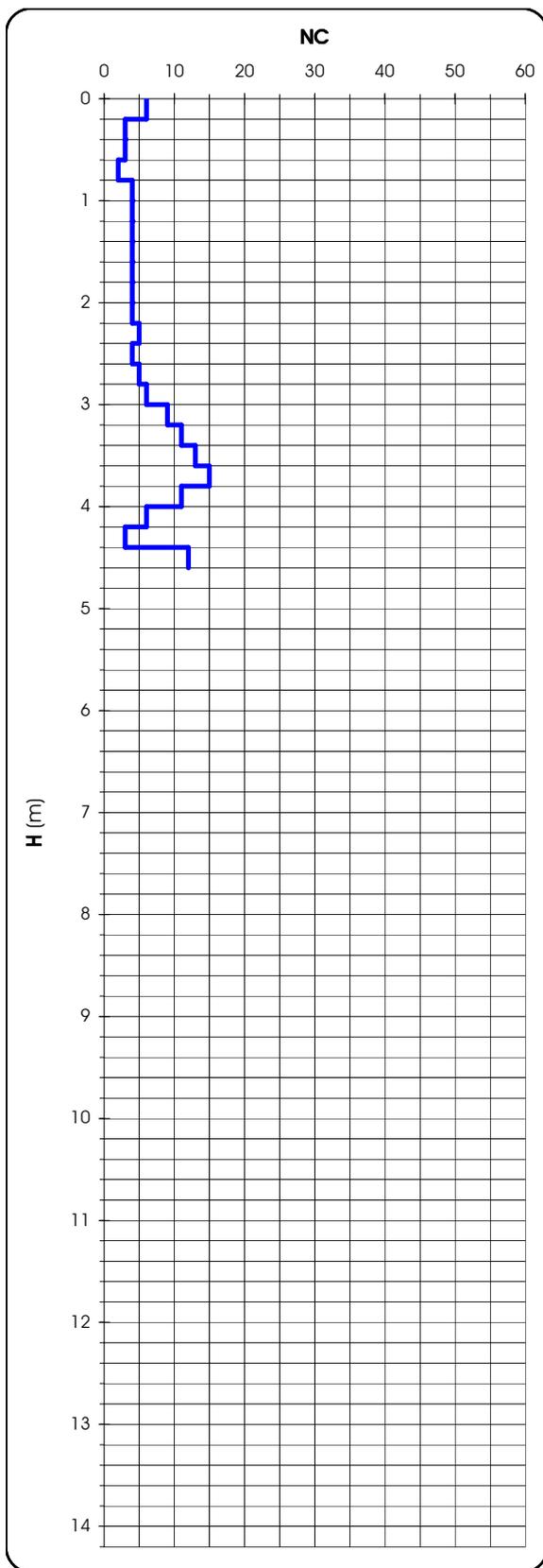
COMMITTENTE: Dr. Geol. Eraldo Bernabei  
 CANTIERE: Laboratorio Professionale - Passo S Ginesio

PROVA N.1 del 03/04/17

PROF.: 4,80 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,2	6	60,20
0,4	3	27,79
0,6	3	27,79
0,8	2	18,53
1,0	4	37,05
1,2	4	37,05
1,4	4	34,41
1,6	4	34,41
1,8	4	34,41
2,0	4	34,41
2,2	4	34,41
2,4	5	40,14
2,6	4	32,11
2,8	5	40,14
3,0	6	48,17
3,2	9	72,25
3,4	11	82,79
3,6	13	97,85
3,8	15	112,90
4,0	11	82,79
4,2	6	45,16
4,4	3	21,25
4,6	12	85,01
4,8	rifiuto	
5,0		
5,2		
5,4		
5,6		
5,8		
6,0		
6,2		
6,4		
6,6		
6,8		
7,0		
7,2		
7,4		
7,6		
7,8		
8,0		
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		







**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678688  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P. IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 04 gennaio 2017

COMMITTENTE: Dr. Geol. Eraldo Bernabei  
CANTIERE: Laboratorio Professionale - Passo S Ginesio  
PROVA N.1 del 03/04/17

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

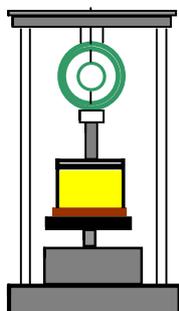




Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

Allegato n.9

CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO



## **GEOTECNO**

di Dr. Bellesi Roberto

LABORATORIO GEOTECNICO

Via Cluentina, 57 62100 Piediripa (MC)

Tel e Fax 0733/283589

P.I.V.A. 01737150431 – C.F. BLLRRT66E18E783P

# **DATI DELLE PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO**

Richiedente:

Dott. Bernabei Eraldo

Indagine:

Comune di San Ginesio (MC)

Costruzione Edificio Scolastico Passo S.Ginesio

27 Luglio 2020



Il responsabile  
Dr. Geol. Bellesi Roberto

---

Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in:	San Ginesio (MC)		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione:	<b>C1</b> Profondità prelievo m <b>2,00</b>
Dimensione del campione:		Diametro <b>100</b> mm	lunghezza <b>250</b> mm

### Caratteristiche generali del campione

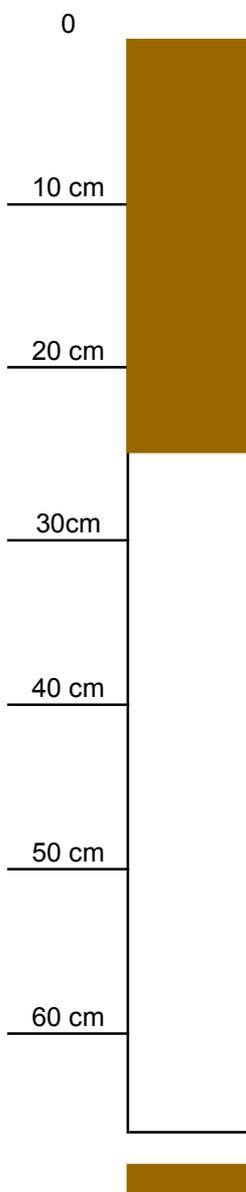
<b>indisturbato</b>
Stato del campione
rimaneggiato

Data di prelievo
Data di apertura <b>16/07/2020</b>

### Prove eseguite

Rp=	<b>1,25</b>	kg/cm <sup>2</sup>
Alto		
Tv=		kg/cm <sup>2</sup>

Rp=	<b>1,25</b>	kg/cm <sup>2</sup>
Basso		
Tv=		kg/cm <sup>2</sup>



### Identificazione

Descrizione visuale

Sabbia limosa a tratti argillosa avana scuro-marrone, struttura compatta mediamente consistente.

<b>2,01</b>	Peso di volume $\gamma$	<b>28,67</b>	Limite liquido <b>WI</b>
<b>19,54</b>	Contenuto in acqua <b>Wn</b>	<b>24,36</b>	Limite plastico <b>Wp</b>
	Grado di saturazione <b>Sr</b>	<b>4,31</b>	Indice plastico <b>Ip</b>
<b>1,68</b>	Peso volume secco $\gamma_d$		Indice di consistenza <b>Ic</b>
	Indice dei vuoti <b>e</b>		Indice di liquidità <b>IL</b>
	Porosità <b>n</b>		Limite di ritiro <b>Ws</b>
	Peso specifico dei grani <b>Gs</b>		Attività <b>A</b>

### Granulometria

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia
<b>12,56%</b>	<b>40,37%</b>	<b>47,07%</b>	<b>0,00%</b>

### Classificazione

USCS (AGI)

AASHTO (CNR UNI 10006)

### Caratterizzazione meccanica

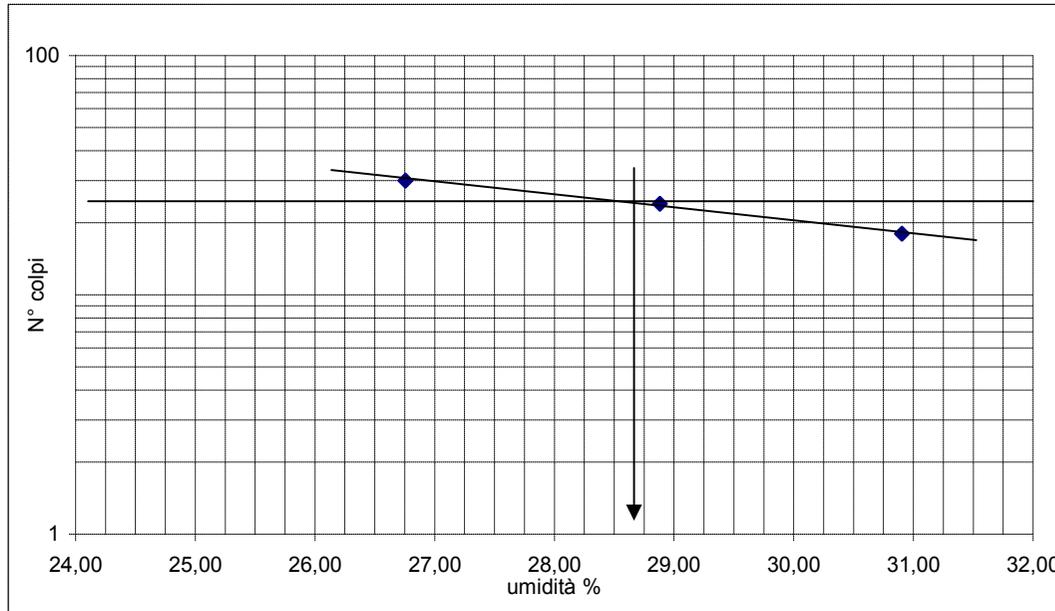
<input checked="" type="checkbox"/>	Compressione laterale libera
<input checked="" type="checkbox"/>	Taglio diretto CD
<input type="checkbox"/>	Taglio diretto RS
<input checked="" type="checkbox"/>	Consolidazione edometrica
<input type="checkbox"/>	Compressione triassiale UU
<input type="checkbox"/>	Compressione triassiale CU
<input type="checkbox"/>	Compressione triassiale CD
<input type="checkbox"/>	Costipamento Proctor standard
<input type="checkbox"/>	Costipamento Proctor Modificata
<input type="checkbox"/>	Permeabilità diretta a carico variabile in cella edometrica
<input type="checkbox"/>	Permeabilità diretta a carico variabile
<input type="checkbox"/>	Permeabilità diretta a carico costante

Sabbia limosa-argillosa

Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in:	San Ginesio (MC)		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione:	<b>C1</b> Profondità prelievo m <b>2,00</b>

**Determinazione del limite di liquidità e di plasticità**

N° dei colpi		18	24	30	Limite plastico	
Recipiente	n°	36	40	35	59	60
Peso lordo campione umido	g	69,49	61,34	69,83	48,40	50,16
Peso lordo campione asciutto	g	60,25	54,29	61,56	44,60	45,95
Peso acqua	g	9,24	7,05	8,27	3,80	4,21
Tara	g	30,35	29,88	30,65	29,10	28,56
Peso netto secco	g	29,90	24,41	30,91	15,50	17,39
Umidità	%	30,90	28,88	26,76	24,52	24,21

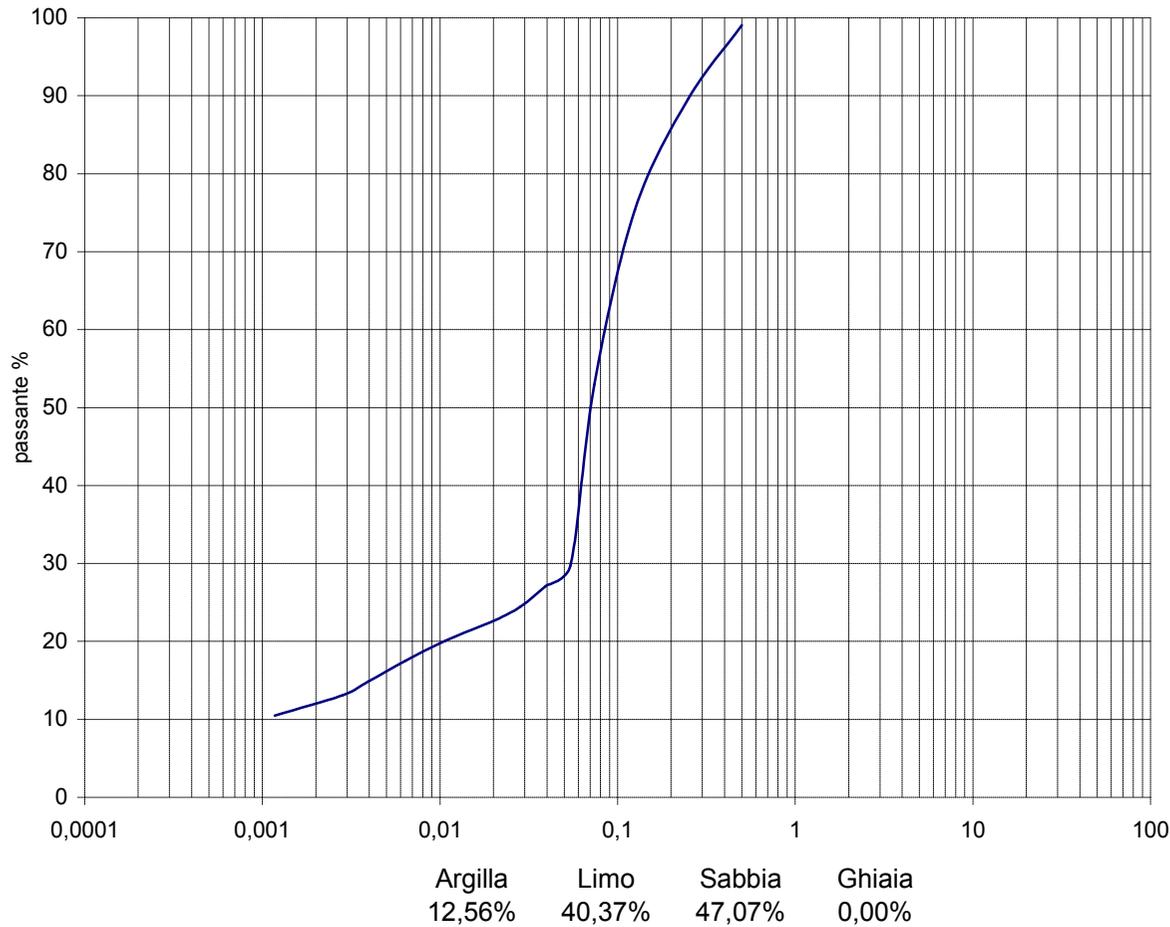


Limite liquido	28,67
Limite plastico	24,36
Indice di plasticità	4,31

Carta di Plasticità di Casagrande:  
Limi inorganici di bassa compressibilità  
**(ML)**

Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in:	San Ginesio (MC)		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione:	<b>C1</b> Profondità prelievo m <b>2,00</b>

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
Classifica UNI



Setaccio n°	Apertura mm	Tratt. g	Tratt. %	Passante %
2/1/2"	64,00			
1/1/4"	32,00			
5/8"	16,00			
5/16"	8,00			
5	4,00			
10	2,00			
18	1,00	0,00	0,00	100,00
35	0,500	0,56	0,93	99,07
60	0,250	5,67	9,45	89,62
120	0,125	8,56	14,27	75,35
200	0,074	13,45	22,42	52,93
fondo		31,76		
Peso totale iniziale g		60,00		
Peso totale finale g		60,00		
Materiale disperso g		0,00		

Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in:	San Ginesio (MC)		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione:	<b>C1</b> Profondità prelievo m <b>2,00</b>

Granulometria con setacci UNI del trattenuto al 200 dopo la sedimentazione				
Setacci n°	Diametro mm	Trattenuto g	Trattenuto T %	Passante P %
5/16"	8,00			
5	4,00			
10	2,00			
18	1,00	0,00	0,00	100,00
35	0,500	0,56	0,93	99,07
60	0,250	5,67	9,45	89,62
120	0,125	8,56	14,27	75,35
200	0,074	13,45	22,42	52,93
Fondo		31,76		

DATI PER AREOMETRIA

Cilindro	n°	1
Areometro	n°	152H
Correzione totale con dispersivo a		
30°		3,0
Peso secco	g	60
Peso specifico	$\gamma_s$	2,668

DATI PER SETACCIATURA

Peso totale iniziale	g	60
Peso totale finale	g	60
Materiale disperso	g	0,00

Data	Ora	Tempi di lettura	Tempo T min.	Lettura	Temp. t°	Correzione totale C	Lettura corretta	L mm	k	a	Diametro D=mm	Passante P %	
24/07/2020	15,30	30"	0,50	37,0	30°	-3,0	34	102	0,01199	0,99	0,05415	56,10	
		1'	1	34,0	30°	-3,0	31	107	0,01199	0,99	0,03922	51,15	
		2'	2	31,0	30°	-3,0	28	112	0,01199	0,99	0,02837	46,20	
		4'	4	29,0	30°	-3,0	26	115	0,01199	0,99	0,02033	42,90	
		15'	15	26,0	30°	-3,0	23	120	0,01199	0,99	0,01072	37,95	
	45'	45	23,0	30°	-3,0	20	125	0,01199	0,99	0,00632	33,00		
	17,30	2h	120	20,0	30°	-3,0	17	130	0,01199	0,99	0,00395	28,05	
25/07/2020	15,30	19,30	4h	240	18,0	30°	-3,0	15	133	0,01199	0,99	0,00282	24,75
		24h	1440	15,0	30°	-3,0	12	138	0,01199	0,99	0,00117	19,80	
		48h	2880										
		72h	4320										
		96h	5760										

Richiedente: Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in: San Ginesio (MC)		
Indagine: Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio: <b>S1</b>	Campione: <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>2,00</b>

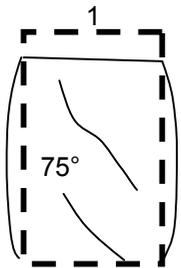
**COMPRESSIONE LATERALE LIBERA**

**CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI**

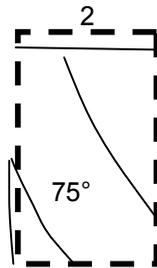
	1	2	3	
$\phi$ iniziale	3,81	3,81	3,81	cm
Ho	7,62	7,62	7,62	cm
Pi	174,56	174,37	174,78	gr
$\gamma$	2,01	2,01	2,01	gr/cm <sup>3</sup>
W	19,70	19,25	19,68	%

**CARATTERISTICHE MECCANICHE**

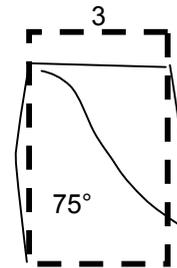
	1	2	3	
Velocità di deformazione	1,20	1,20	1,20	mm/min.
Pressione a rottura	1,61	1,20	1,17	Kg/cm <sup>2</sup>
Deformazione a rottura	11,81	9,18	10,49	%
Angolo a rottura	75°	75°	75°	
Moduli elastici Ei	85,96	83,09	81,18	Kg/cm <sup>2</sup>



campione composto da  
sabbia limosa-argillosa  
avana scuro marrone  
rottura semiplastica



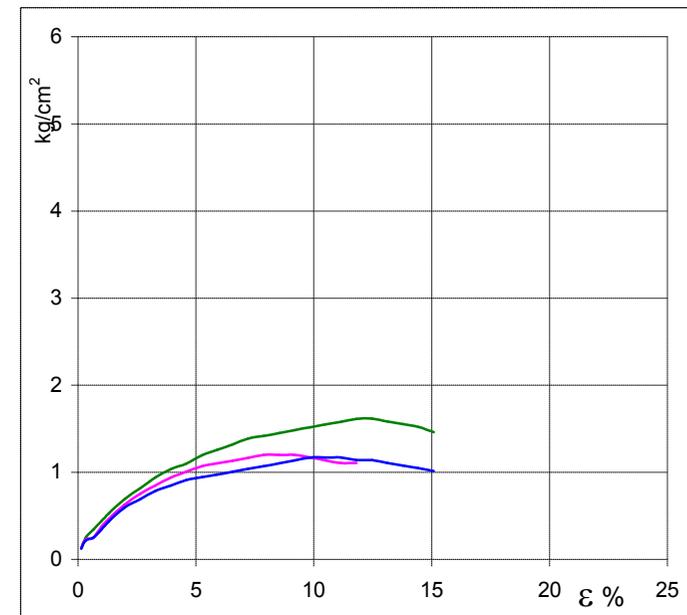
campione composto da  
sabbia limosa-argillosa  
avana scuro marrone  
rottura semiplastica



campione composto da  
sabbia limosa-argillosa  
avana scuro marrone  
rottura semiplastica

**CARATTERISTICHE MECCANICHE MEDIE**

**qu:** **1,33** Kg/cm<sup>2</sup>  
**cu:** **0,66** Kg/cm<sup>2</sup>  
 **$\epsilon$ :** **10,49** %



Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in:	San Ginesio (MC)		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>2,00</b>

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Caratteristiche iniziali medie dei provini

Peso:	=	144,93	g
Peso dell'unità di volume:	Y=	2,01	g/cm <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani:	Ys=		g/cm <sup>3</sup>
Contenuto in acqua:	W=	19,46	%
Indice dei vuoti:	e=		
Porosità:	n=		%
Grado di saturazione:	Sr=		

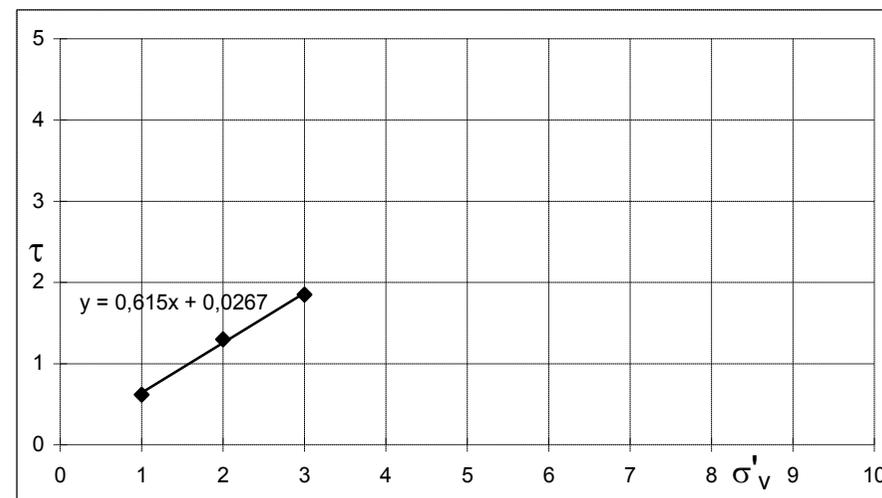
Velocità di deformazione: 0,007 mm/min

Stato del campione: **indisturbato**  
rimaneggiato  
costipato

Dimensione dei provini:  
L= 60 mm  
altezza 20 mm

Tipo della prova: Non consolidata-non drenata  
Consolidata-non drenata  
**Consolidata-drenata**

PROVINO			1	2	3
<b>CONSOLIDAZIONE</b>					
Pressione verticale	$\sigma$	Kg/cm <sup>2</sup>	1,00	2,00	3,00
Tempo di consolidazione		h	24,00	24,00	24,00
Cedimento finale	$\delta t$	mm	0,650	1,150	1,660
<b>ROTTURA</b>					
Sollecitazione tangenziale di picco	$\tau$	Kg/cm <sup>2</sup>	0,62	1,30	1,85
Deformazione trasversale	$\delta \tau$	mm	2,59	3,66	4,12
Deformazione normale	$\delta \sigma$	mm	0,18	0,39	0,50
Sollecitazione tangenziale residua	$\tau$	Kg/cm <sup>2</sup>			
Deformazione trasversale	$\delta \tau$	mm			
Deformazione normale	$\delta \sigma$	mm			
Contenuti in acqua finale	Wf	%	20,53	20,34	19,87



$\Phi' = 31,6^\circ$

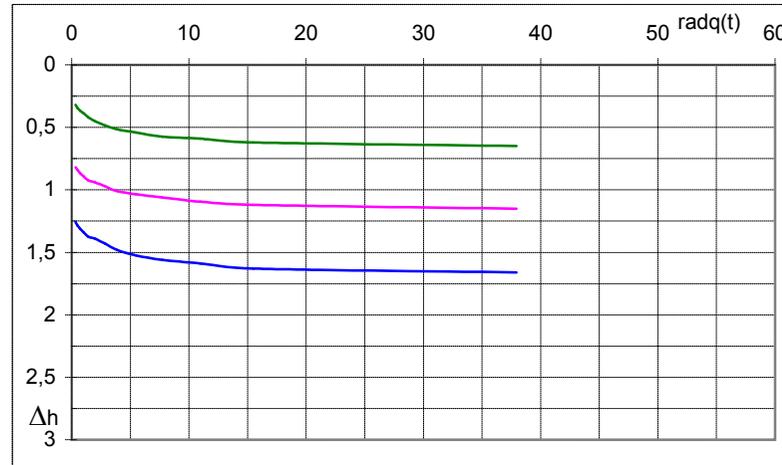
$c' = 0,02 \text{ Kg/cm}^2$

Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>2,00</b>

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

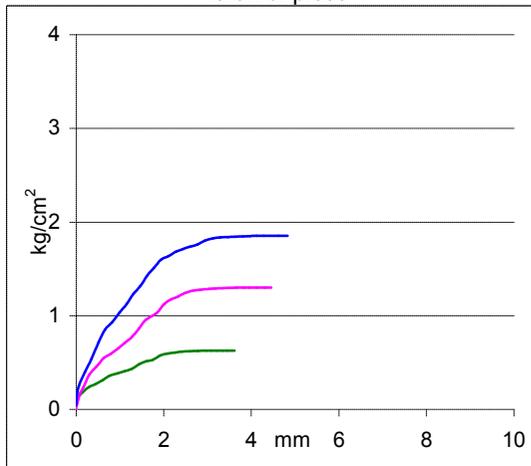
Consolidazione

tempi	prov. n°1	prov. n°2	prov. n°3
6"	32	82	126
15"	34,5	84	128,5
30"	36,5	86,5	131
1'	38,5	89	134
2'	42	92,5	137,5
4'	45	94	139
8'	48,5	97	143
15'	51,5	101	148
30'	54	103,5	152,5
1h	57,5	106	156
2h	59	109,5	159
4h	62	112	163
24h	65	115	166

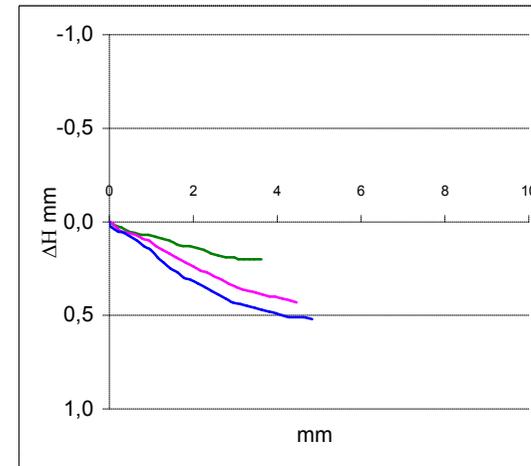


Rottura

valori di picco



ΔH



Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in:	San Ginesio (MC)		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione:	<b>C1</b> Profondità prelievo m <b>2,00</b>

**DATI RELATIVI ALLA PROVA EDOMETRICA**

Stato del campione **indisturbato**  
rimaneggiato

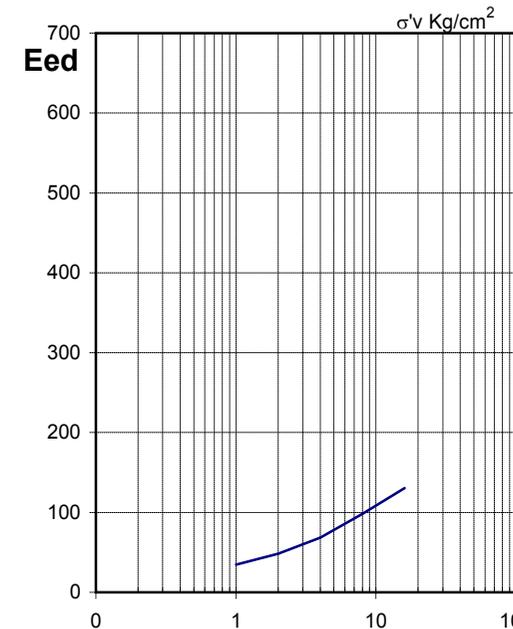
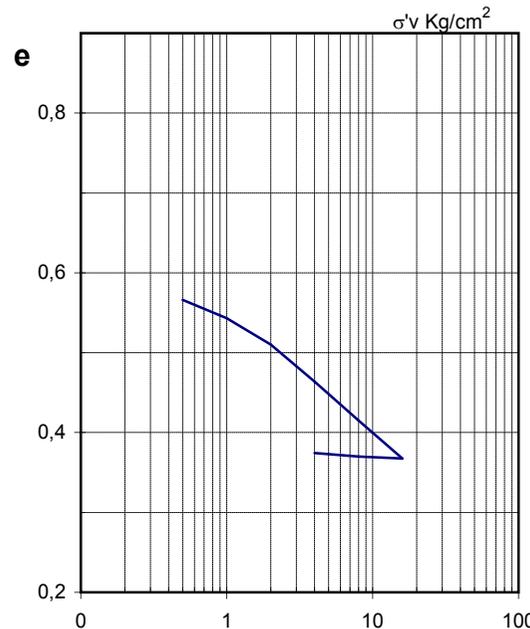
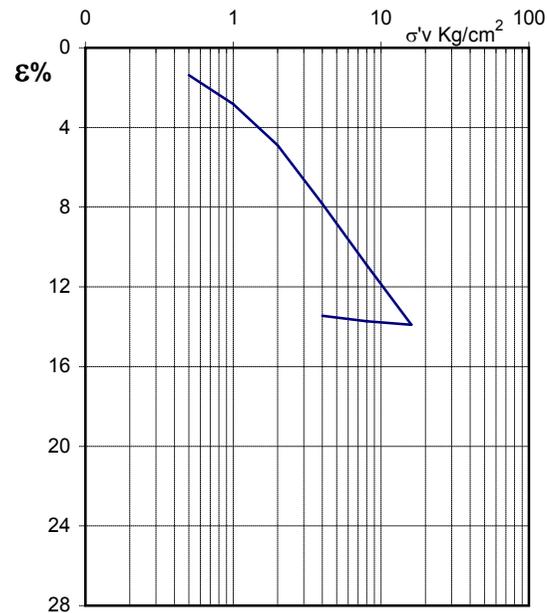
EDOMETRO N° **1**

Pressione kg/cm <sup>2</sup>	Tempo ore	ΔH cm	ε %	e	mv cm <sup>2</sup> /kg	Eed kg/cm <sup>2</sup>
0,50	24,00	0,0275	1,375	0,5663		
1,00	24,00	0,0565	2,825	0,5432	0,0290	34,483
2,00	24,00	0,0980	4,900	0,5103	0,0208	48,193
4,00	24,00	0,1565	7,825	0,4638	0,0146	68,376
8,00	24,00	0,2180	10,900	0,4150	0,0102	98,140
16,00	24,00	0,2780	13,900	0,3674	0,0077	130,470
8,00	24,00	0,2745	13,725	0,3701		
4,00	24,00	0,2690	13,450	0,3745		

Caratteristiche iniziali del provino

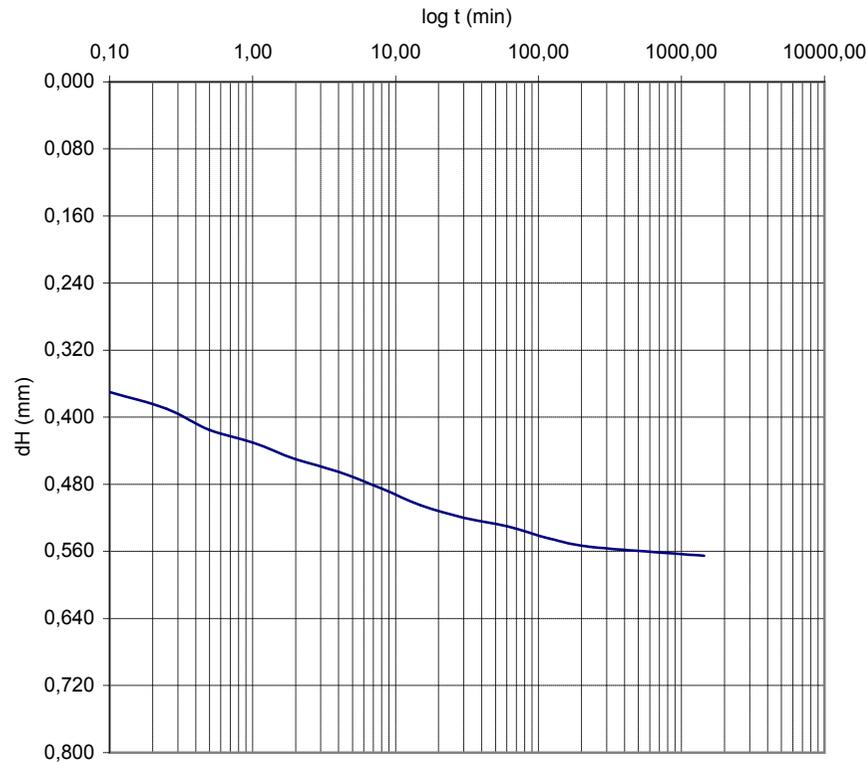
Peso:	=	161,13	g
Peso dell'unità di volume:	Y=	2,01	g/cm <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani:	Ys=	2,668	g/cm <sup>3</sup>
Contenuto in acqua:	W=	19,65	%
Indice dei vuoti:	e=	0,5881	
Pressione di preconsolidazione	σ'p=	0,95	kg/cm <sup>2</sup>
Grado di sovraconsolidazione	Or=	2,36	

Indice di ricomprensione Cr	0,07674
Indice di compressibilità Cc	0,15813
Indice di rigonfiamento Cs	0,01461

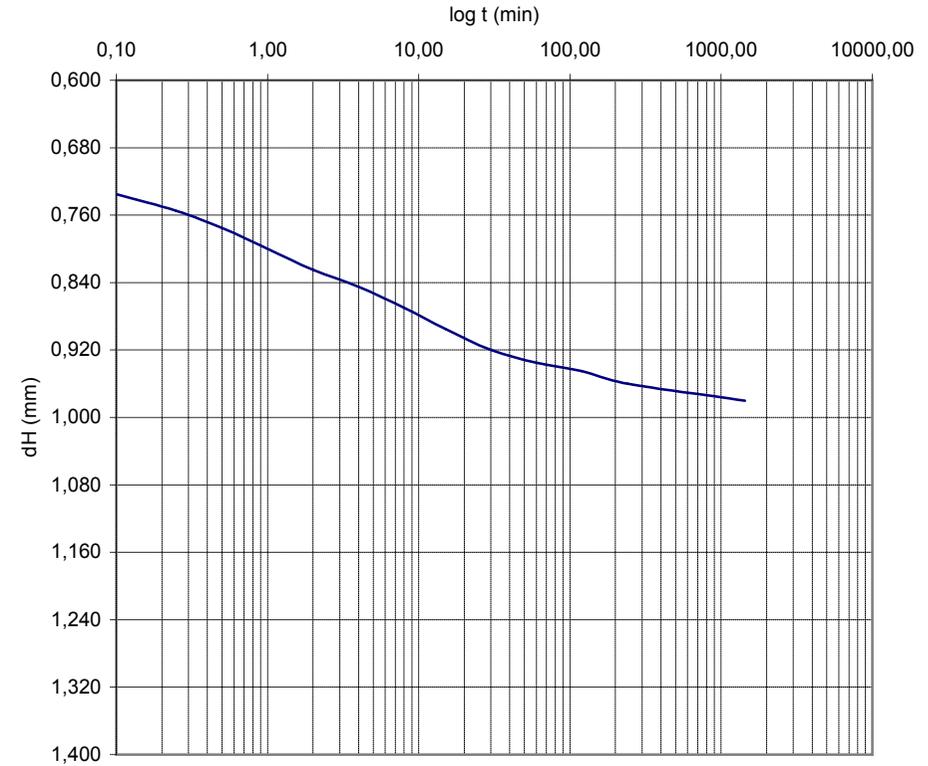


Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo				
con sede in:	San Ginesio (MC)				
Indagine	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio				
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione	<b>C1</b>	Profondità prelievo m	<b>2,00</b>

**CURVE TEMPO-CEDIMENTI**



Percorso di drenaggio H'= 0,97633 cm  
 Pressione = 1 kg/cm<sup>2</sup> Pressione precedente = 0,5 kg/cm<sup>2</sup>  
 t 50 = 1,76 min  
 Coefficiente di consolidazione Cv = 0,0017782 cm<sup>2</sup>/sec  
 Coefficiente di permeabilità kv = 5,15\*10<sup>-8</sup> cm/sec



Percorso di drenaggio H'= 0,95847 cm  
 Pressione = 2 kg/cm<sup>2</sup> Pressione precedente = 1 kg/cm<sup>2</sup>  
 t 50 = 1,92 min  
 Coefficiente di consolidazione Cv = 0,0015709 cm<sup>2</sup>/sec  
 Coefficiente di permeabilità kv = 3,26\*10<sup>-8</sup> cm/sec

Richiedente:	Dott. Bernabei Eraldo		
con sede in:	San Ginesio (MC)		
Indagine:	Comune di S.Ginesio - Costruzione Edificio Scolastico Passo S. Ginesio		
Sondaggio:	<b>S1</b>	Campione: <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>2,00</b>

**PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)**

Campione N°						
Picnometro N°	<b>1</b>	<b>2</b>				
Beker N°						
Temperatura t°	30°	30°				
Peso lordo secco g						
Tara g						
Peso netto secco (Wo) g	48,13	57,36				
Peso picnometro+acqua (temp. T) (Ww) g	791,22	766,58				
Wo+Ww	839,35	823,94				
Peso picnometro+acqua+camp.(Ws) g	821,32	802,43				
(Wo+Ww)-Ws	18,03	21,51				
Peso specifico $G_s = W_o / ((W_o + W_w) - W_s)$ g/cm <sup>3</sup>	2,669	2,667				



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

Allegato n.10

INDAGINE GEOFISICA MASW REPERITA

## Introduzione e riferimenti normativi

Scopo dell'indagine MASW, eseguita mediante sismografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro  $V_{seq}$  (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nel rispetto di: D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni)).

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore  $a_g$  dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di  $a_g$  (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A (Tab.:1), in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E, I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie

## **CENNI SULLA METODOLOGIA MASW**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza dei geofoni posti lungo uno stendimento. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi. Il metodo utilizzato nell'indagine è *attivo* e consente di ottenere una curva di dispersione sperimentale nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz fornendo informazioni sulla parte più superficiale del suolo. Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di geofoni. La metodologia MASW non è influenzata dai fenomeni di inversione di velocità o presenza di falde acquifere superficiali consentendo di individuare il profilo di velocità  $V_s$  anche in presenza di contrasti di rigidezza tra gli strati del suolo. Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura A.1 e A2, può essere suddiviso in tre fasi:1) Acquisizione (Figura A.1); 2) Processing (Figura A.2); 3) Inversione (Figura A.3).

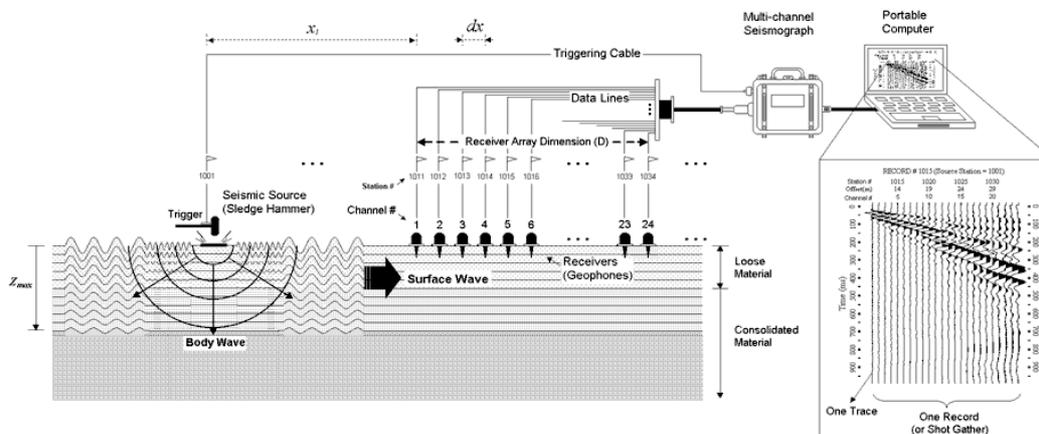


Fig. 1 – Schema acquisizione M.A.S.W.

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. La metodologia di *processing* più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh  $V_R$ , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori ( $V_R, f$ ) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura A.2). Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto iterativamente variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica).

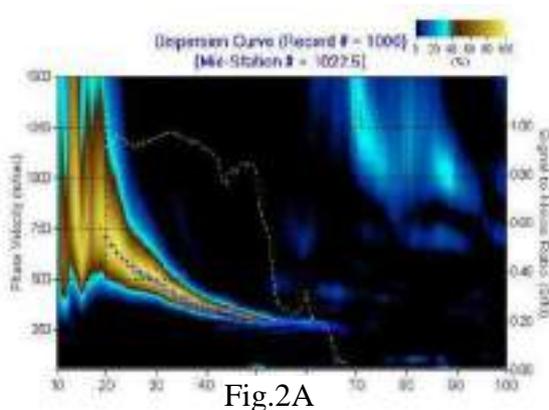


Fig.2A

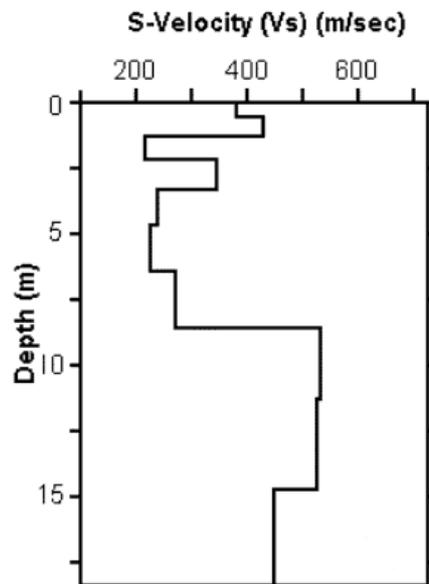


Fig.2B

Fig.2 – A- Esempio curva di dispersione della velocità  $V_s$  in funzione della frequenza e della velocità di Fase  
 B - Esempio del profilo di velocità

## UBICAZIONE

La relazione illustra i risultati dell'indagine sismica MASW eseguita presso un'area nel territorio comunale di S.Ginesio (MC), riguardante la realizzazione di una nuova struttura geodetica nell'area delle scuole.



Fig.3 – Ubicazione stendimento

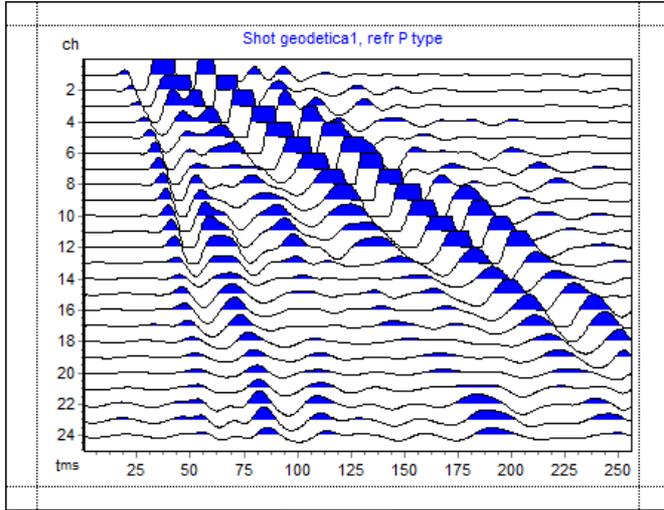
## MODALITA' DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

La strumentazione utilizzata è costituita da: un acquisitore a 24 canali della Dolang geophysical (modello JEA 247E500 Telemetry System 24 bitwaterproof, IP67) 24 geofoni verticali a frequenza di 4,5 Hz, una mazza battente per la generazione dell'impulso sismico da 10 Kg.

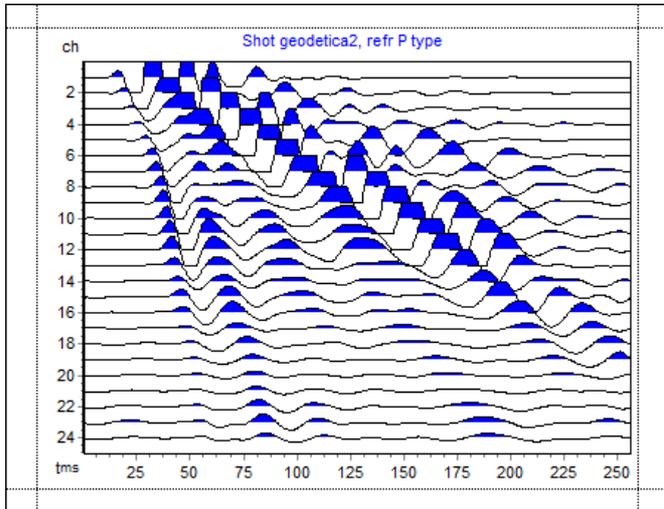
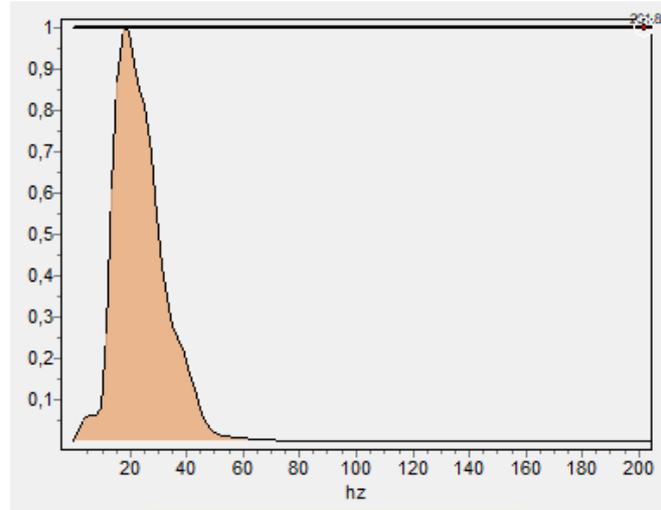
L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è stata effettuata realizzando uno stendimento lineare di 46,0 m di lunghezza con orientamento 120° N, con i 24 geofoni equidistanziati di 2,0 m. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate energizzazioni disposte a distanze variabili, m.6 (S1), m.4(S2) e m.2(S3) dal geofono numero 1 e a m. 2(S4), m.4(S5) e m.6(S6) dal geofono numero 24 per un totale di 6 punti shot. (Fig.4) Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 3-4 impulsi sismici. I dati sono stati elaborati con il software Zond ST2D Geophysical . La curva di dispersione ottenuta è riportata in figura.

<i>SAMPLING FREQUENCY</i>	2000 Hz
<i>SAMPLING DURATION</i>	256 ms
<i>SAMPLES</i>	512

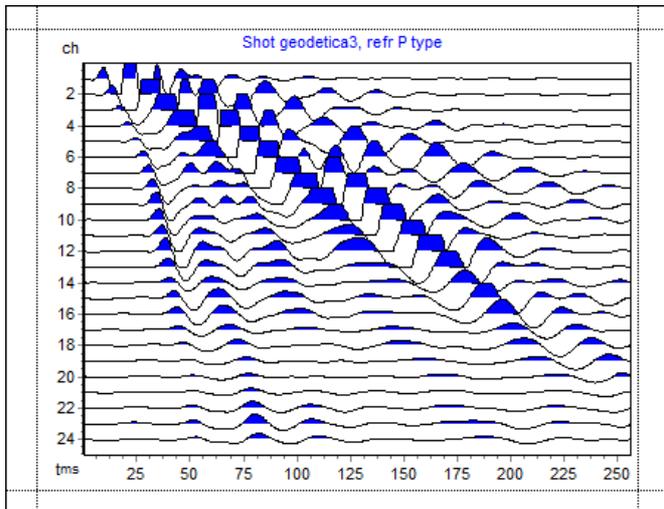
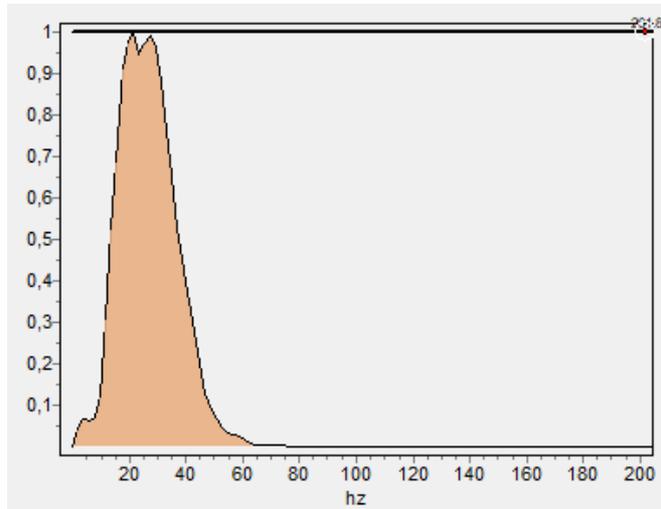
## SISMOGRAMMI



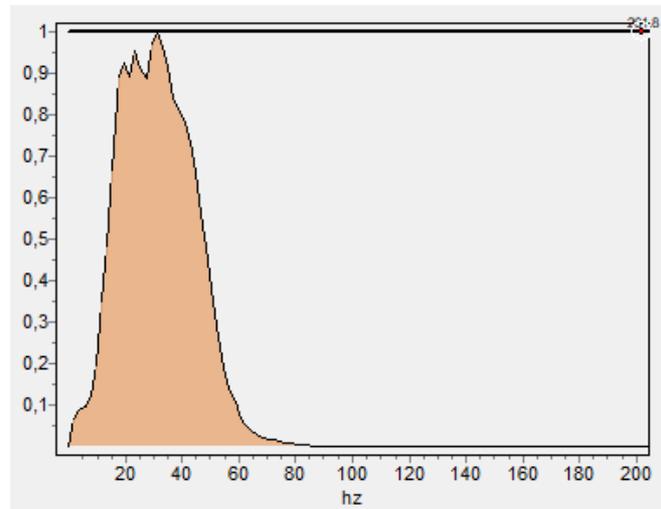
**Shot n°1**

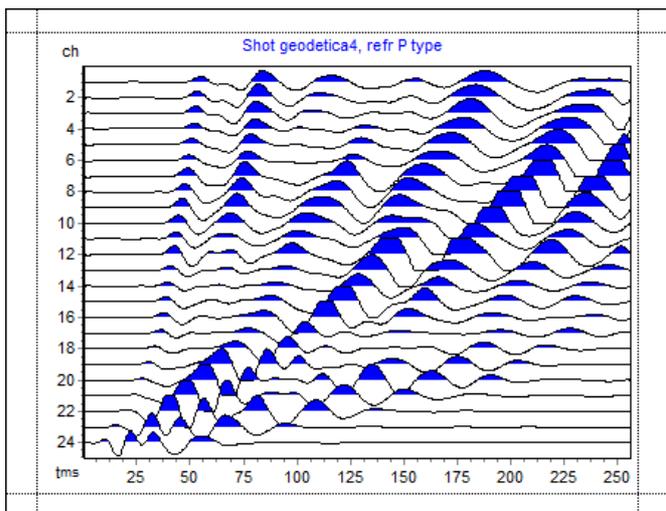


**Shot n°2**

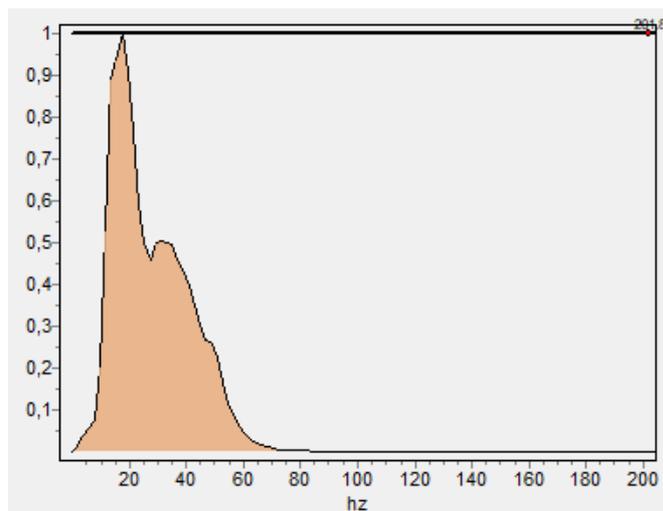


**Shot n°3**

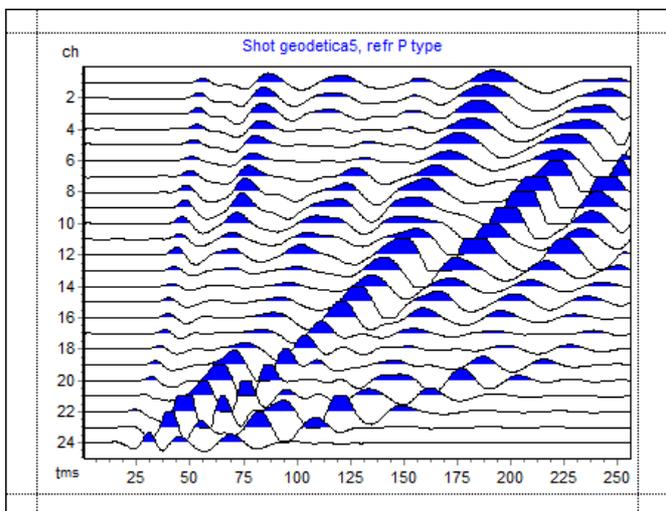




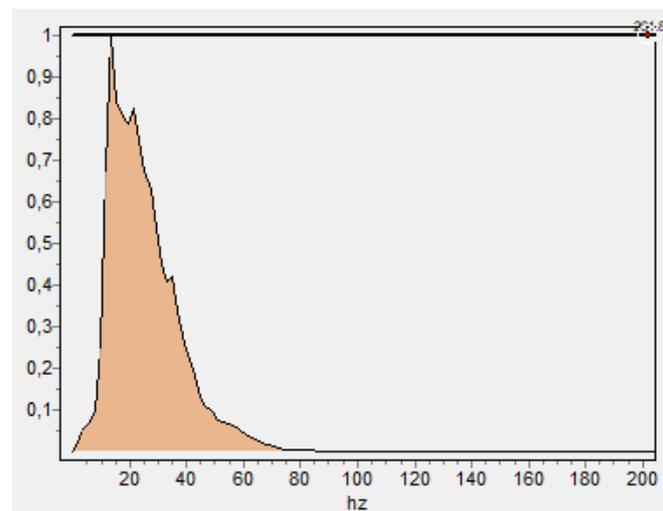
**Shot n°4**



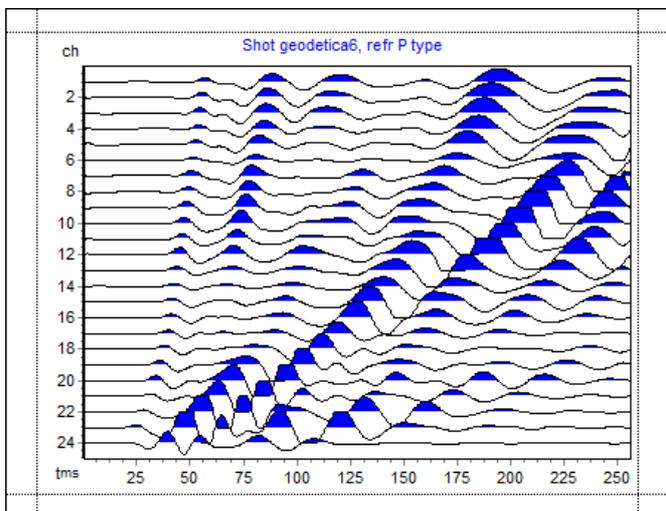
**Spettro in frequenza Shot n°4**



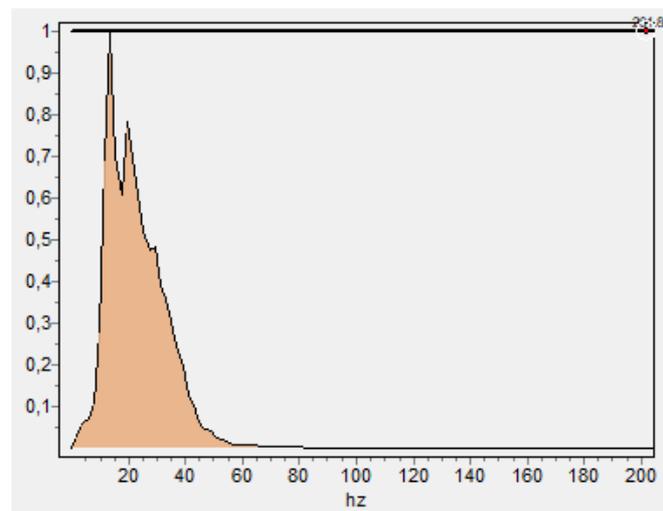
**Shot n°5**



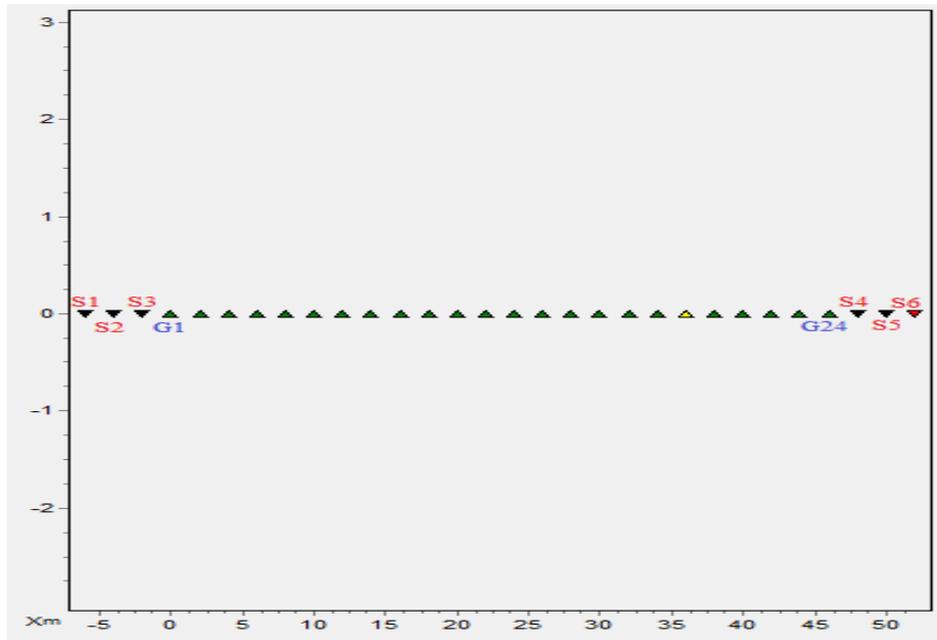
**Spettro in frequenza Shot n°5**



**Shot n°6**

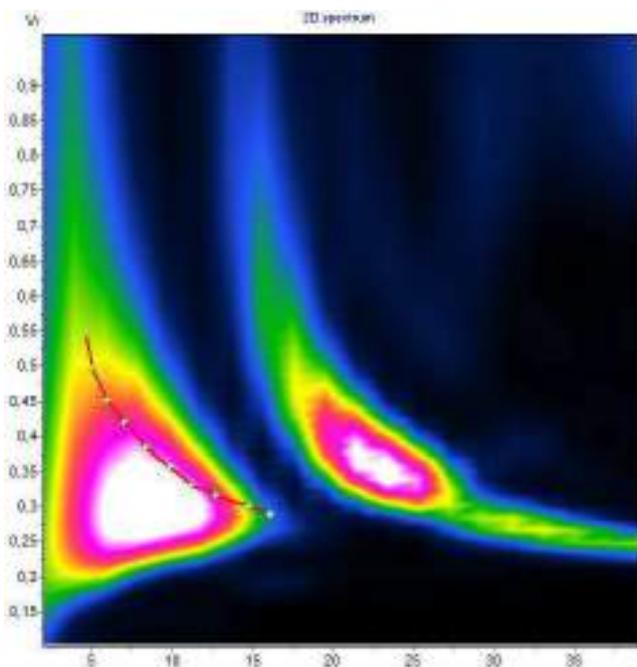


**Spettro in frequenza Shot n°6**

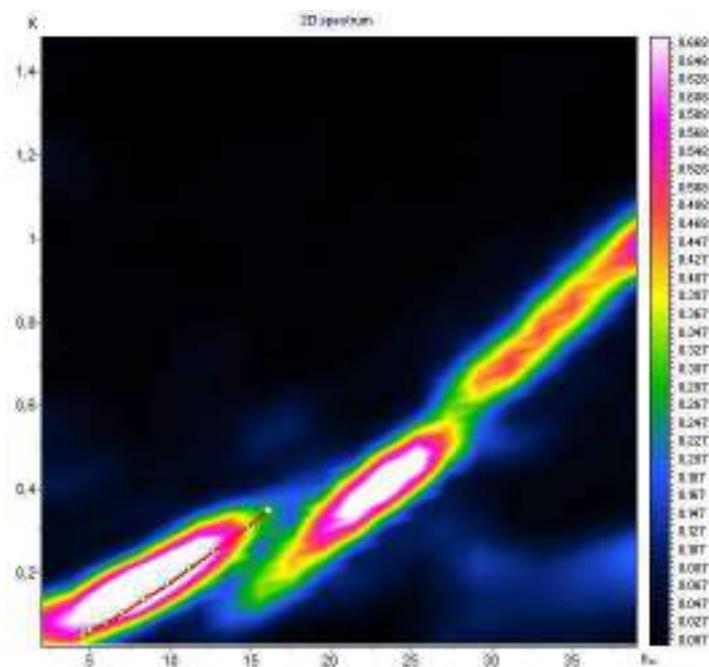


**Fig. 4 – Geometria**

**DISPERSIONE**



**Fig. 5.a (dominio frequenze f-v)**



**Fig. 5.b (dominio tempo f-k)**

**VELOCITA' DI FASE SPERIMENTALE - VELOCITA' DI FASE APPARENTE NUMERICA -  
PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO**

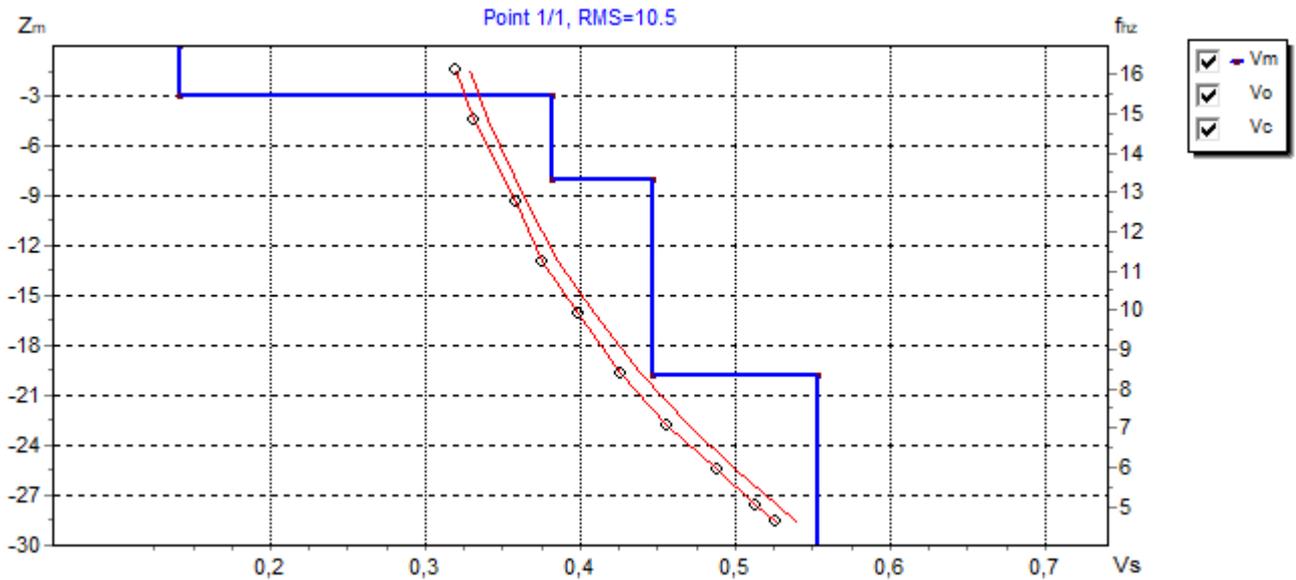


Fig.6

**PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO**

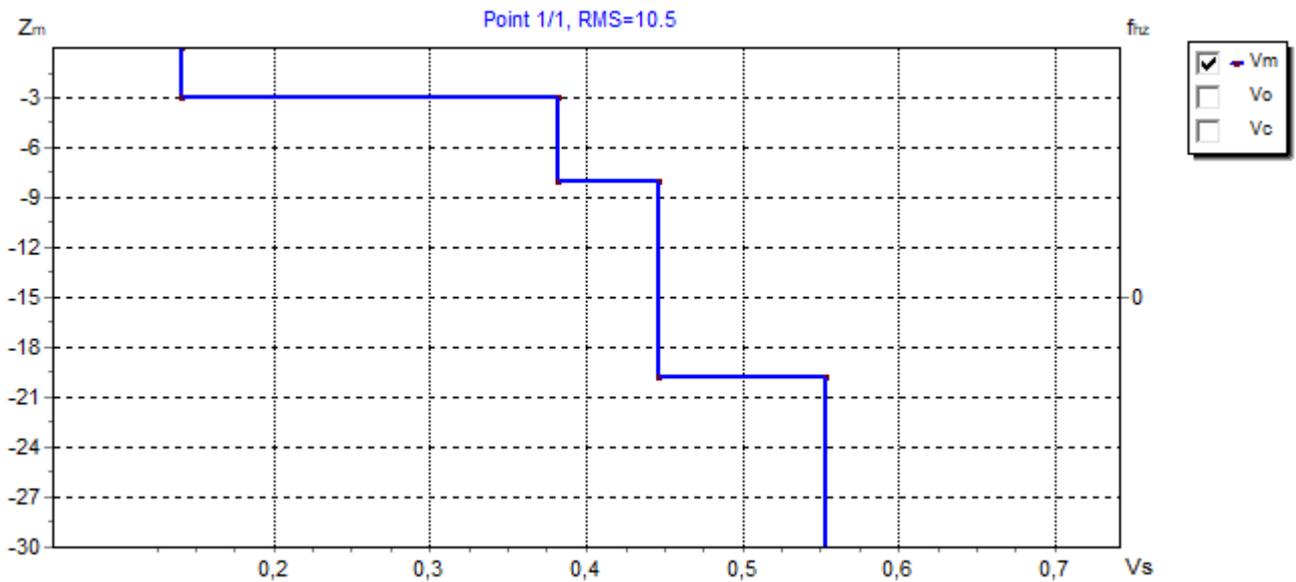


Fig.7

### TABELLA DEL PROFILO DI VELOCITA'

N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	140	0.40	1.9	0	3
2	380	0.39	1.9	3	5
3	450	0.39	2	8	11.8
4	550	0.38	2.1	19.8	10,2

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

$$V_{S,eq} = 375 \text{ m/s}$$

### DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S,eq}$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.17 gennaio 2018 integrato, la velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ , è calcolata con la seguente espressione.

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

con

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  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  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Nel caso in esame considerando l'intervallo di profondità di **30,00** m riferito al piano campagna, si ottiene, sostituendo:

$$V_{S,eq} = 375 \text{ m/sec}$$

Categoria	Descrizione
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310

Allegato n.11

INDAGINE GEOFISICA HVSR REPERITA

Scopo dell'indagine HVSR, eseguita mediante tromografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro  $V_{seq}$  (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nel rispetto di: *D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni)*).

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore  $a_g$  dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di  $a_g$  (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A (Tab.:1), in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E. I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie.

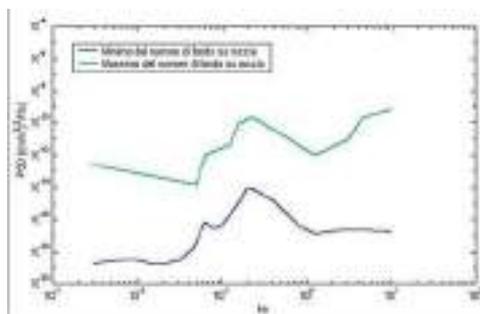
*L'indagine eseguita con tale metodologia MISURA DIRETTAMENTE le frequenze caratteristiche di sito permettendo così di effettuare un'analisi di amplificazione sismica locale al fine di ottenere una valutazione reale e diretta dello spettro di risposta del terreno,* elemento di fondamentale importanza nello studio del fenomeno di doppia risonanza edificio-struttura descritto più avanti.

La Normativa, infatti, in assenza di una specifica *analisi di amplificazione sismica locale* introduce un fattore di amplificazione  $S$  e periodi  $T$  che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%, per ricavare indirettamente quello stesso *parametro che con la presente tecnica andiamo a misurare direttamente.*

#### **Cenni sulla tecnica utilizzata (tecnica dei rapporti spettrali)**

La tecnica HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica non invasiva che attraverso la misura del "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, fornisce dati sulle frequenze caratteristiche del sito investigato. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte da terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Tale tecnica, essendo una misurazione sismica passiva, non richiede la produzione di impulsi generati ad hoc come nel caso di sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Fig.1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il massimo di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti dalle onde oceaniche sulle coste.



**Fig. 1: Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra**



Cerreto d'Esse il 08 aprile 2019  
Comm.: Dr. Geol. Eraldo Bernabei  
Cant.: Laboratorio Professionale – Passo S. Ginesio  
Indagine HVSR - N°: 1 del: 03/02/2017

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

### **Strumentazione impiegata**

Le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 14 minuti, sono effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

### **Stratigrafia sismica da indagini a stazione singola**

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

### **Basi teoriche del metodo H/V**

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Fig. 2 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

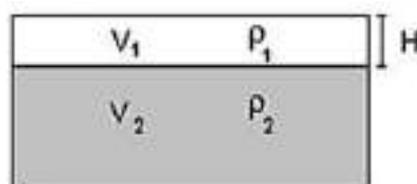


Fig. 2: Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità  $\rho$  e velocità di propagazione  $V$

\* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso



Cerreto d'Esi il 08 aprile 2019  
Comm.: Dr. Geol. Eraldo Bernabei  
Cant.: Laboratorio Professionale – Passo S. Ginesio  
Indagine HVSR - N°: 1 del: 03/02/2017

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $l$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_s l / 4H \quad (f_r) = V_p l / 4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

### **Procedura di analisi dati**

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
  - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
  - ⇒ lisciamiento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
  - ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
  - ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto precedente.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità  $h$  delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[ \frac{V_0(1-a)}{4v_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

in cui  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $a$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $v$  la frequenza fondamentale di risonanza. Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le

curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love. Si fa notare che ai fini di questi modelli le  $V_P$  e la densità  $\rho$  dei mezzi sono quasi ininfluenti pertanto i valori di  $V_P$  e  $\rho$  che si sono impiegati vanno considerati come puramente indicativi.

### La stima della frequenza di risonanza degli edifici

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico. Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [2]$$

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura, espressa dalla relazione seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. naturale coperture} \quad [3]$$

ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione. La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx V_s / (4H), \quad [4]$$

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx 200\text{-}300 \text{ m/s} / (4H). \quad [5]$$

Recenti studi Italiani di Masi et al. (2007) cfr. Figura 3, effettuati su un gran numero di edifici in c.a. mettendo in relazione le frequenze di oscillazione caratteristiche con le altezze, hanno evidenziato alcune deviazioni rispetto alla [5].

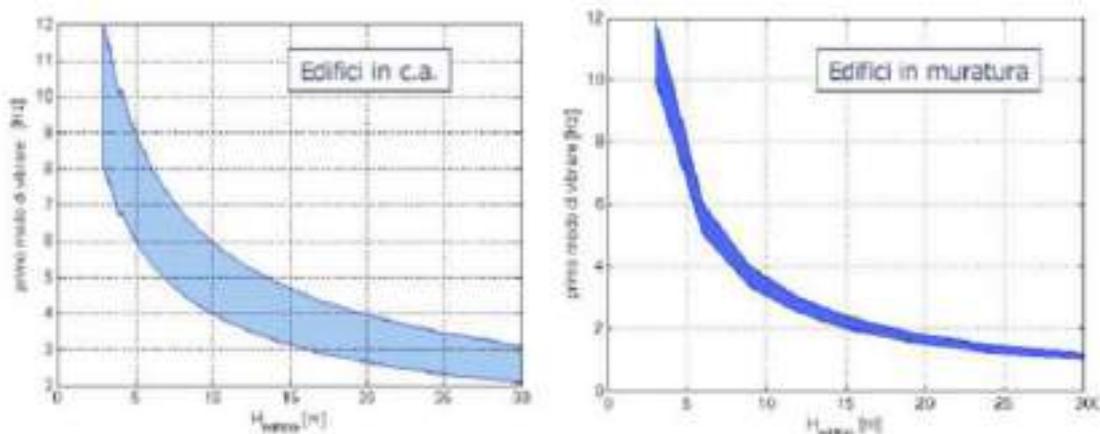


Fig 3:

**Castellani e Faccioli (2000) definiscono la risonanza delle strutture tramite la relazione empirica**  $f_s = \frac{B^{0.5}}{C \times H}$

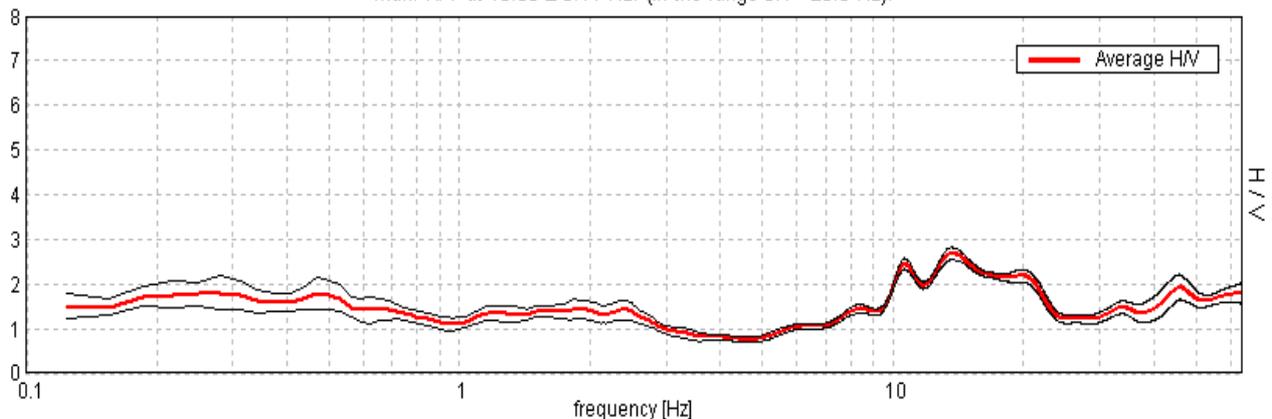
**Comm: Dr. Geol. Eraldo Bernabei - Cant.: Laboratorio Professionale – Passo S Ginesio**

Cielo	Coperto	Vento	Assente	Precipitazioni	Assenti	Orientamento	0°N
-------	---------	-------	---------	----------------	---------	--------------	-----

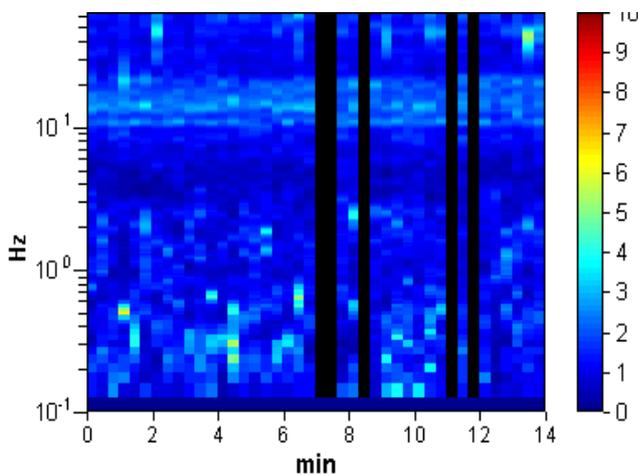
Instrument: TEP-0040/01-09  
 Start recording: 03/02/17 09:07:47 End recording: 03/02/17 09:21:47  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS location: 013°22.4891 E, 43°06.9746 N (330.4 m)  
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples  
 Satellite no.: 04  
 Trace length: 0h14'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

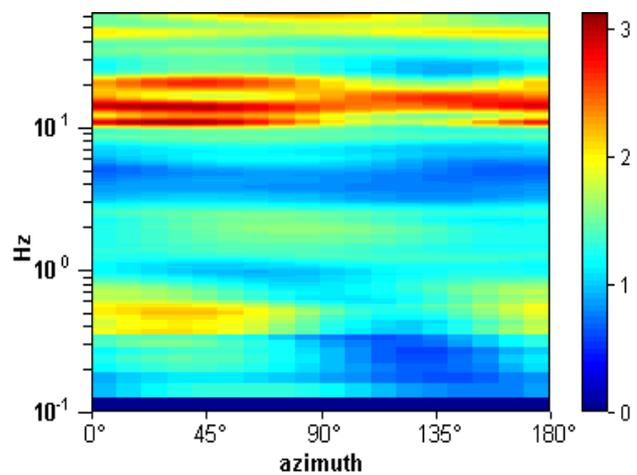
Max. H/V at 13.66 ± 0.11 Hz. (In the range 0.1 - 20.0 Hz).



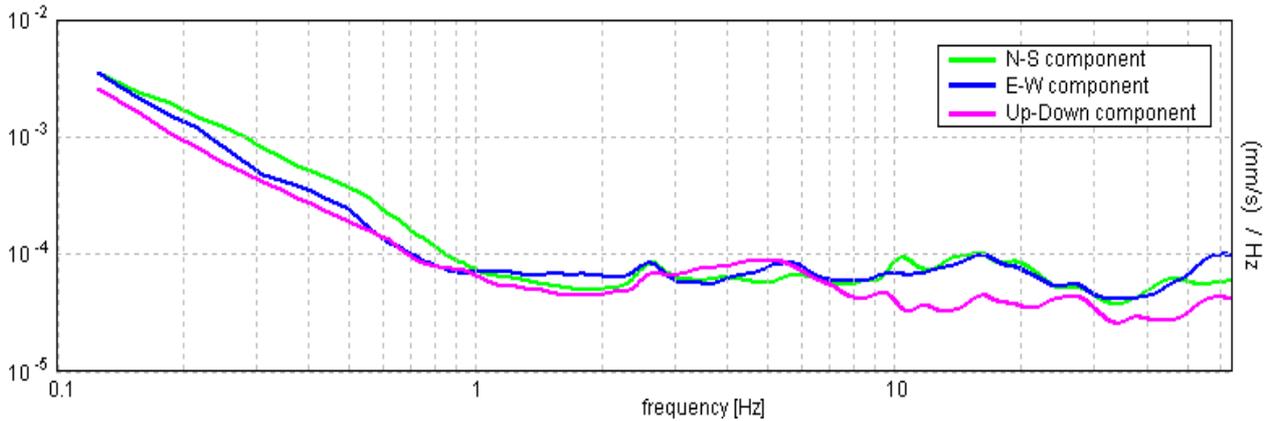
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

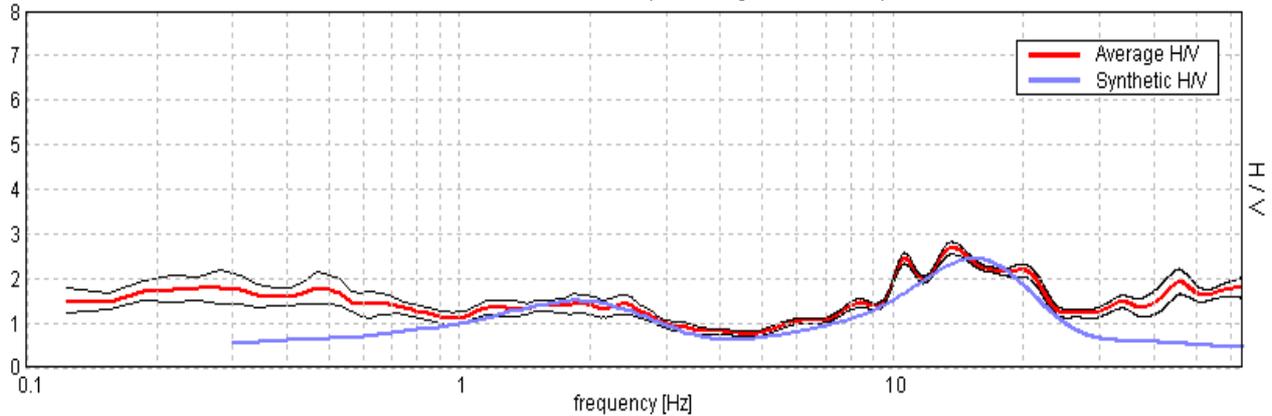


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 13.66 ± 0.11 Hz. (In the range 0.1 - 20.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	110	0.35
3.00	2.00	220	0.35
7.00	4.00	380	0.38
17.00	10.00	460	0.38
42.00	25.00	440	0.42
62.00	20.00	650	0.42
117.00	55.00	700	0.40
inf.	inf.	800	0.40

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.17 gennaio 2018 integrato, la velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, è calcolata con la seguente espressione.

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

con

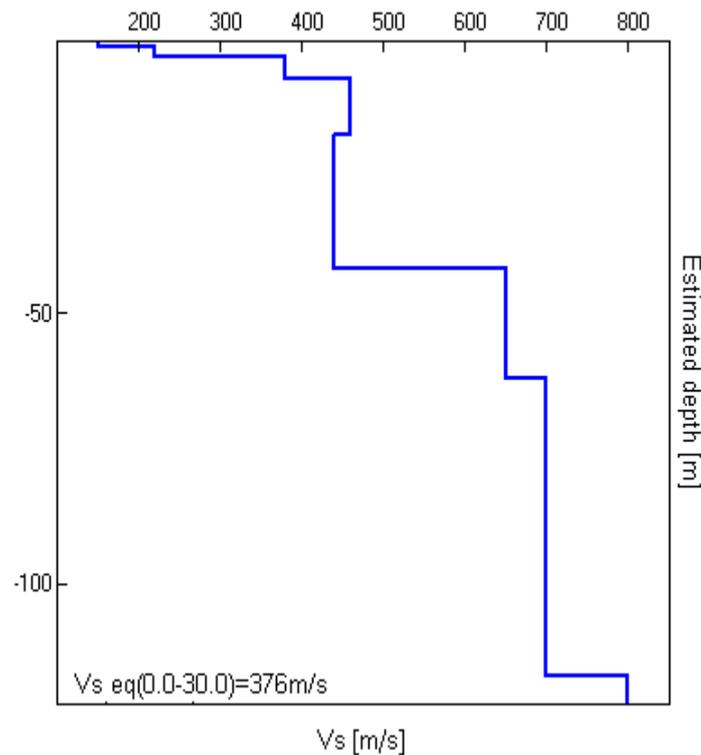
h<sub>i</sub> spessore dell'i-esimo strato;

V<sub>s,i</sub> 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.

Vs eq (0.0-30.0)=376m/s



Categoria	Descrizione
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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.

**NOTA:** la categoria di sottosuolo viene stabilita in funzione del valore di  $V_{eq}$  calcolato a partire dalla quota del Piano Campagna

#### Commento sul profilo delle velocità.

L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da:

**sismostrato 1:** ha uno spessore complessivo di m.17,00 probabilmente riconducibile alla copertura alluvionale.

**sismostrato 2:** da m. 17,00 probabilmente correlabile alla formazione che, man mano che ci si approfondisce, manifesta migliori proprietà geofisiche con velocità delle Vs stimata a m/s 800.

#### Frequenza fondamentale di sito e frequenza di risonanza ai fini progettuali

Ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare da millesimi di Hz a decine di Hz, in particolare in questo caso si è misurata una frequenza massima di picco pari a Hz  $13,36 \pm 0,11$ .

**L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece 0,5 - 10 Hz** (corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 a 1 piano). Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravii particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze superiori a 20 Hz. **Nel caso in esame si evidenzia che l'area, sollecitata da input sismico, amplifica le onde di superficie con un fattore  $\geq 2$  nel range  $10,15 \text{ Hz} \leq f \leq 21,24 \text{ Hz}$  con picco a 13,36 Hz.** Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo. Qualora almeno una delle condizioni sopra indicate non possa essere rispettata la categoria di sottosuolo dovrà essere declassata alla categoria E.

Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $13.66 \pm 0.11$  Hz (nell'intervallo 0.1 - 20.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.66 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$10105.6 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 656	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.844 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	23.625 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$2.68 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00836  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	$0.11419 < 0.68281$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1402 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\epsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1. Ubicazione sondaggio geognostico S1.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310



Foto 2. Carote di terreno estratte in S1.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310



Foto 3. Ubicazione sondaggio geognostico S2.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310



Foto 4. Carote di terreno estratte in S2.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310



Foto 5. Ubicazione sondaggio geognostico S3.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310



Foto 6. Carote di terreno estratte in S3.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310



Foto 7. Ubicazione sondaggio geognostico S4.



Dott. Geol. ERALDO BERNABEI  
Via Brugiano n.°35 San Ginesio (MC)  
Tel. 0733/656218-347/4866310



Foto 8. Carote di terreno estratte in S4.