



*ArcGeo Studio*

Via Don G. Minzoni 103 - 62028 Sarnano MC  
Tel. + Fax: 0733 - 657159 Port.le 330-882116

E\_mail: [lucarelli.geologo@virgilio.it](mailto:lucarelli.geologo@virgilio.it)  
E\_mail: [lucarelli.geologo@pec.it](mailto:lucarelli.geologo@pec.it)

Geologo:

**Geol. COSTANTINO LUCARELLI**

Ordine dei Geologi della Regione Marche  
Geologo Specialista n°357 - Albo Sezione A

C.F.: [REDACTED]  
P.I.: 01186690432

Collaboratore:

Comune di  
**Sarnano**

Provincia di  
**Macerata**

COMMITTENTE: **Gregori Olindo**  
**Gregori Augusto**

PROGETTO: Variante al PRG vigente per delocalizzazione  
edificio - L.R. 25/2017

OGGETTO: Indagine geologica

Elaborato n°:

**G**

Località: Vecciola

Scala:

1:

N° commessa:

ID elaborato:

Data	Motivazione	Redatto	Controllato	Approvato
<i>Agosto 2022</i>	<i>Prima emissione</i>	<i>Geol. Lucarelli C.</i>	<i>Geol. Lucarelli C.</i>	

## Indice

I. Premessa	pag. 1
II. Analisi dati esistenti	pag. 2
III. Inquadramento topografico e geomorfologico	pag. 3
IV. Inquadramento geologico	pag. 4
V. Cenni idrologici	pag. 6
VI. Caratteristiche litologiche e geotecniche medie ( $F_M$ )	pag. 7
VII. Azione sismica	pag. 8
i. Aspetti geodinamici e sismicità	pag. 8
ii. Classificazione sismica del suolo	pag. 8
iii. Categoria e amplificazione topografica $S_t$	pag. 9
iv. Valori di pericolosità sismica	pag. 10
v. Pericolosità sismica e geologica locale	pag. 11
VIII. Carta della vocazionalità	pag. 11
IX. Misure HVSR	pag. 12
X. Verifica alla compatibilità idraulica	pag. 13
XI. Conclusioni	pag. 14

### ***ELABORATI IN RELAZIONE***

<i>Stralcio di progetto</i>	<i>Tav. 1</i>
<i>Corografia</i>	<i>Tav. 2</i>
<i>Planimetria catastale</i>	<i>Tav. 3</i>
<i>Stralcio della “Carta geologica ...”</i>	<i>Tav. 4</i>
<i>Stratigrafia del terreno</i>	<i>Tav. 5</i>
<i>Carta della pericolosità geologica e sismica locale</i>	<i>Tav. 6</i>
<i>Carta delle vocazionalità</i>	<i>Tav. 7</i>
<i>Elaborati prove penetrometriche CPTU</i>	<i>Allegato 1</i>
<i>Elaborati prova geofisica MASW</i>	<i>Allegato 2</i>
<i>Elaborati misura HVSR</i>	<i>Allegato 3</i>
<i>Asseverazione sulla compatibilità idraulica ....</i>	<i>Allegato 4</i>

# INDAGINE GEOLOGICA PER LA VARIANTE AL PRG VIGENTE PER DELOCALIZZAZIONE EDIFICIO

- **L.R. 25/2017** -

## **I. PREMESSA**

Su incarico dei sig.ri Gregori Olindo e Gregori Augusto è stata effettuata un'indagine geologica relativa al progetto di “*VARIANTE AL PRG VIGENTE PER DELOCALIZZAZIONE EDIFICIO – L.R. 25/2017 -*”, da effettuare su una porzione di terreno di loro proprietà sita in località Vecciola di Sarnano MC (Tav. 1).

L'indagine è stata eseguita in conformità a quanto previsto da:

- ✚ *L.R. n°26 del 8 giugno 1987 “Piano Paesistico Ambientale Regionale, relative N.T.A. e circolari esplicative”*
- ✚ *L.R. n°34 del 5 agosto 1992 “Norme in materia di urbanistica, paesaggistica e di assetto territoriale”*
- ✚ *Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Macerata (Del. C.P. n.75 del 11/12/2001)*
- ✚ *C.S.L.P.: Circolare 21 gennaio 2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;*
- ✚ *D.M. 14 gennaio 2008: Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni;*
- ✚ *C.S.L.P.: Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare 2 febbraio 2009;*
- ✚ *C.S.L.P.: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27/07/07;*
- ✚ *O.P.C.M. 3274 del 25 marzo 2003 e ss.mm.ii.*

La metodologia operativa per l'esecuzione del presente lavoro è la seguente:

- rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- reperimento materiale a carattere geologico, con acquisizione dei dati relativi a sondaggi, pozzi e scavi effettuati in precedenza nell'area in esame ed in quelle limitrofe ritenuti utili ai fini del presente lavoro;

- controllo dell'idrologia;
- esecuzione di n.01 sondaggio geognostico, in data 28 giugno 2022, spinto ad una profondità massima di 13.0m senza raggiungere il substrato;
- esecuzione di n.02 prove penetrometriche statiche con punta elettrica, eseguite in data 11/07/2022, in situ utilizzando un penetrometro dinamico-statico modello Pagani TG 63 (200 kN), spinte in profondità massima fino al rifiuto strumentale;
- esecuzione di una misura HVRS in data 07/07/2022;
- esecuzione di una indagine geofisica MASW in data 09/07/2022;
- stesura della relazione esplicativa corredata da figure e tavole.

Le indagini sono state estese ad una porzione di terreno ritenuta significativa ai fini dell'indagine stessa, in un intorno geologicamente e geomorfologicamente ritenuto indicativo rispetto all'area in esame.

## **II. ANALISI DATI ESISTENTI**

I riferimenti litostratigrafici utilizzati nel presente studio traggono origine da alcune pubblicazioni consultate:

- *Dr. Geol. Lucarelli C.: "Studi di microzonazione sismica di I e III livello" del territorio comunale di Sarnano MC;*
- *Dr. Geol. Lucarelli C. (2009); Relazione geologica per ristrutturazione legnaia in località Vecciola di Sarnano MC, per conto del sig. Scagnoli Giovanni*
- *Dr. Geol. Lucarelli C. e Dr. Geol. Tiberi P., "Carta idrogeologica e geologica del P.R.G. comunale" in scala 1:10.0000;*
- *Regione Marche, "Carta geologica e geomorfologica della Regione Marche" in scala 1:10.000;*
- *Centamore E., con altri autori (1986), "Carta geologica delle Marche - scala 1:250.000". Istituto di Geologia dell'Università di Camerino, in "Studi Geologici Camerti - Volume Speciale 1986";*
- *Centamore E., con altri autori (1991), "Carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica delle Marche, scala 1:100.000" a cura della Regione Marche, Assessorato Urbanistica-Ambiente (1991) in: "L'ambiente fisico delle Marche - Geologia-Geomorfologia-Idrogeologia". S.E.L.C.A. Firenze;*
- *Consiglio Nazionale Ricerche (C.N.R.), Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.), Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nell'Italia centrale (I.R.P.I.): "Carta Inventario dei Movimenti Franosi della Regione Marche ed Aree Limitrofe - scala 1:100.000". Pubblicazione G.N.D.C.I. n° 580;*
- *Cantalamesa ed altri , "Carta geologica del Bacino della Laga tra il T. Fiastrella e il T. Fluvione", Istituto di Geologia dell'Università di Camerino in Studi Geologici Camerti, Volume VI (1980);*

- *Centamore E., Dramis F., Gentili B., Nanni T. e Pambianchi G. : “Carta Geoambientale del Bacino del Tenna”, 1991.*
- *Regione Marche, Assessorato Urbanistica-Ambiente (1991) : “L’ambiente fisico delle Marche - Geologia-Geomorfologia-Idrogeologia”. S.E.L.C.A. Firenze;*
- *Studi Geologici Camerti - Volume Speciale - La Geologia delle Marche 1986;*
- *Blumetti A.M., Dramis F., Gentili B. e Signanini P. : Una legenda per la cartografia degli elementi geologici e geomorfologici di pericolosità sismica. Mem. Soc. Geol. It. 37 (1987).*

Tali studi, sempre a carattere generale, forniscono utili indicazioni per inquadrare il territorio in esame in un contesto più ampio relativamente alle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche

### **III. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO**

L'area in esame si localizza nella carta tecnica regionale Foglio n°313 Camerino sezione n°313120 Colle in scala 1:10.000 (Tav. 2); catastalmente si individua nella mappa catastale foglio n°1 particelle n°182, 184 e 196 del comune di Sarnano MC in scala 1:2.000 (Tav. 3)

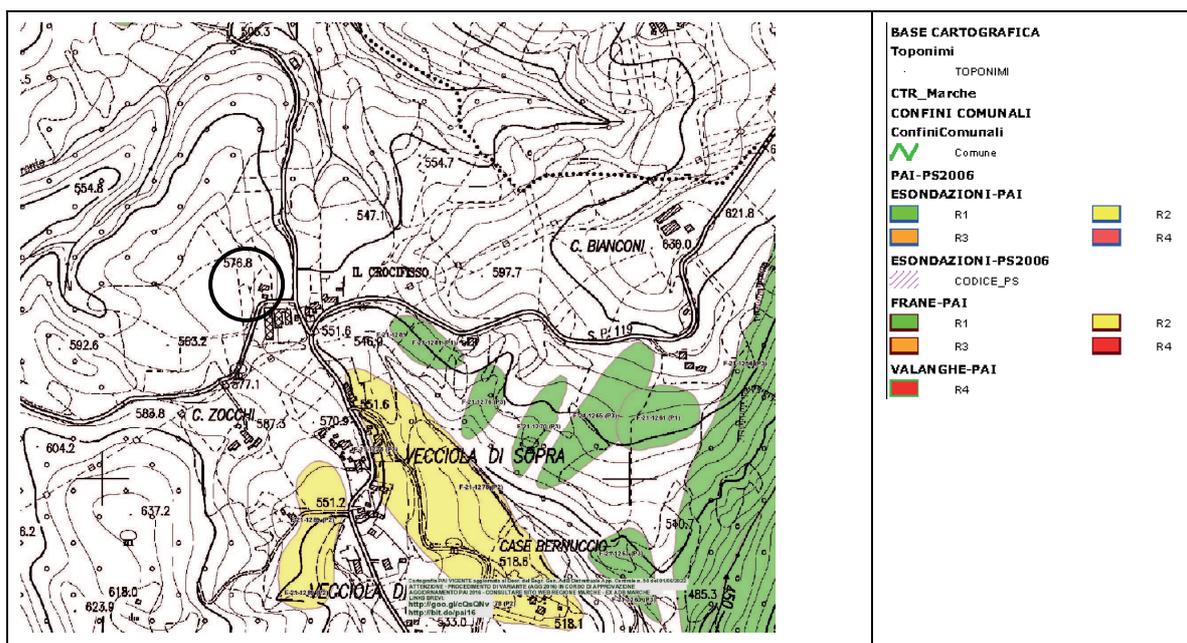
La zona in oggetto si individua sulla linea di spartiacque tra il Torrente Tennacola ed il Torrente Salino, suo tributario di sinistra, ad una quota di circa 570.0m s.l.m.m. ed è sub pianeggiante.

Geomorfologicamente nell'area esaminata non si riscontrano processi morfogenetici in atto e/o potenziali imputabili alla gravità, che possano turbare la naturale stabilità, in virtù della morfologia del sito.

In Tav. 4 viene riportato uno stralcio della *Carta Geologica della Regione Marche (Regione Marche - Servizi Informazioni Territoriali)* a conferma di quanto sopra esposto.

La visione della cartografia del P.A.I. aggiornata al Decreto del Segretario Generale AdB Distrettuale App.Centrale n.50 del 01/06/2022 (*Procedimento di Variante agg. 2016 in corso di approvazione*) evidenzia che l'area in esame non è inserita in aree perimetrate a rischio e pericolo frane ed alluvionamento (Fig. 1).

*Fig. 1 – Stralcio della cartografia del PAI*



#### **IV. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area in esame si rinviene sul versante orientale della dorsale carbonatica marchigiana esterna. In dettaglio ci troviamo a poca distanza dal passaggio tra i depositi della dorsale marchigiana e quelli terrigeni della Bacino della Laga.

Con riferimento allo stralcio della *Carta Geologica della Regione Marche (Regione Marche - Servizi Informazioni Territoriali)* Tav. 4 ed in base al controllo della geologia effettuato vengono descritti i vari litotipi rinvenuti distinti per unità delle coperture e del substrato.

##### **Unità della copertura**

**DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (MUSB2):** limi, sabbie ed argille, inglobanti frammenti lapidei spigolosi o arrotondati, con sottili livelli sabbioso-limosi. Questi sono originati da processi di alterazione in situ della roccia madre oppure da erosione e breve trasporto lungo i versanti; riempiono per lo più gli impluvi di piccole vallecole o caratterizzano il raccordo tra i versanti e i fondovalle;

##### **Unità del substrato**

Il substrato dell'area di indagine è caratterizzato da litotipi silicoclastici appartenenti alla Formazione del Bacino della Laga – Membro pre-evaporitico

(Messiniano p.p.), di origine marina, di età Messiniano inferiore. Di seguito si riporta una dettagliata descrizione di tali litotipi:

- **MEMBRO EVAPORITICO (LAG 2):** è costituito essenzialmente dall'Associazione arenacea nella quale sono intercalati alcuni orizzonti, di limitato spessore, delle associazioni arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea che sono stati cartografati:

**Associazione arenacea (LAG 2c):** è caratterizzata da arenarie torbiditiche silicoclastiche, sporadicamente gessose, in strati molto spessi, spessi e medi, di colore grigio-azzurro e giallastro, a granulometria grossolana e fine, con intercalazioni sottili, a volte discontinue, di peliti marnoso-siltose azzurre. La principale differenza con l'Associazione arenacea del membro pre-evaporitico, risiede nel minor grado di cementazione degli strati arenacei e in una maggiore organizzazione interna degli stessi.

- **MEMBRO POST-EVAPORITICO (LAG 3):** in questo primo membro sono state riconosciute e cartografate, sulla base del diverso rapporto arenaria/pelite, le associazioni litologiche appresso descritte:

**Associazione pelitico-arenacea (LAG 3E):** è generalmente costituita da peliti fittamente stratificate con intercalazioni arenacee di spessore variabile da 2-3cm a 25-30cm. Il rapporto sabbia/argilla è, di norma, molto basso, sempre molto minore di uno. La frazione pelitica è costituita prevalentemente da silt argilloso e, più raramente, solo da silt o argilla di colore grigiastro. Le strutture sedimentarie sono rare e si limitano alla sola laminazione piano-parallela. La frazione arenacea è data, per lo più, da arenarie gialle e talora grigie a granulometria da fine a finissima. Le strutture sedimentarie sono rappresentate da una laminazione trattiva ondulata, incrociata e, a volte, piano-parallela. La geometria degli strati arenacei più sottili è generalmente tabulare; quelli più spessi, invece, mostrano, alla scala dell'affioramento, una stratificazione piano-parallela.

In generale gli strati arenacei, rispetto al versante oggetto di intervento, presentano giaciture rovescia con direzione N160° con un angolo compreso tra 80°- 85°.

L'assetto tettonico-strutturale dell'area esaminata è caratterizzato dalla presenza di una faglia diretta che disloca e mette a contatto le associazioni prima descritte.

## **V. CENNI IDROLOGICI**

Il rilevamento geologico-geomorfologico eseguito ha evidenziato che nell'area non sono presenti aree interessate da fenomeni di erosione in atto dovuti all'azione delle acque superficiali.

Il deflusso delle acque superficiali è garantito dalla presenza a sud di un fosso tributario di destra del T. Tennacola ed a nord di un fosso tributario del T. Salino.

Dal punto di vista della permeabilità, i terreni rinvenuti nell'area di studio e distinti in unità della copertura e unità del substrato, possono essere così classificati:

### **Unità della copertura**

- a) **complesso dei depositi eluvio-colluviali**: limi, sabbie ed argille che presentano una permeabilità da **medio-bassa** a **bassa**, con valori compresi tra  $10^{-5}$  cm/s e  $10^{-6}$  cm/s (dati ricavabili in bibliografia).

### **Unità del substrato**

- a) **complesso idrogeologico della Formazione della Laga (Associazione arenacea e arenaceo-pelitica)**: con permeabilità complessivamente **bassa**, in funzione principalmente del grado di fessurazione delle arenarie; nella parte più superficiale del substrato, l'elevata alterazione con conseguente dissoluzione del cemento calcareo, ha trasformato le arenarie in sabbie molto addensate, con permeabilità primaria **medio-bassa**. La porzione argilloso-marnosa è da considerare **impermeabile**.

La copertura detritica, permette alle acque meteoriche una buona infiltrazione mentre il substrato arenaceo meno permeabile si comporta da acquiclude consentendo la formazione di falde locali, che presentano un regime stagionale legato all'andamento delle precipitazioni meteoriche.

Nel corso delle indagini geognostiche in situ non sono state rinvenute manifestazioni idriche di alcun genere.

## **VI. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE**

La situazione stratigrafica locale è stata ottenuta dalla visione del sondaggio eseguito (Tav. 5), dall'interpretazione dei dati penetrometrici (Allegato 1), dall'interpretazione dei dati geofisici (Allegato 2 e 3) e dal controllo della geologia di superficie.

Dalle colonnine stratigrafiche riportate si possono osservare i seguenti tipi di terreno:

**A – Terreno vegetale**: formato da *limi sabbioso-argillosi* di colorazione marrone ricco di materiale organico con uno spessore di 0.6m;

**B – Depositi eluvio-colluviali**: formati da commistioni (E2-E3) di limi, sabbie ed argille in diverse proporzioni a comportamento prevalentemente granulare. Questi sono caratterizzati da uno spessore compreso tra 14.80m in CPTU1 e 18.80m in CPTU2.

**C – Substrato**: formato da alternanze (B1) di *arenarie* a cementazione variabile di colore nocciola-giallastro, con granulometria media, con strati di *argille siltoso-marnose* grigio azzurre. Tali depositi appartengono all'Ass. arenacea della Formazione del Bacino della Laga – Membro evaporitico - e costituisce il locale bed-rock basale.

## **VII. AZIONE SISMICA**

### ***i ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA'***

Il Comune di Sarnano MC è classificato in **Zona Sismica 2** in base alla classificazione sismica del territorio nazionale riportata nell'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 25 marzo 2003. Per tale zona sismica si associa un valore di  $A_{(g)}$ , accelerazione orizzontale al suolo espressa come frazione dell'accelerazione di gravità (g) pari a:

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

### ***ii CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO***

Per classificare un sito da un punto di vista sismico è necessario conoscere le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata. In particolare devono essere noti i valori di  $V_s$  che possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per terreni a grana grossa e le prove statiche.

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

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

con:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  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 inferiori a 800 m/s

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II riportata nel *D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni* (Tabella sotto allegata):

<b>A.</b>	<b>AMMASSI ROCCIOSI AFFIORANTI O TERRENI MOLTO RIGIDI</b> 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.
<b>B.</b>	<b>ROCCE TENERE E DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MOLTO ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MOLTO CONSISTENTI</b> CARATTERIZZATI DA UN GRADUALE MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 360 M/S E 800 M/S
<b>C.</b>	<b>DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI</b> CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30M, 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.
<b>D.</b>	<b>DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA SCARSAMENTE ADDENSATI O DI TERRENI A GRANA FINA SCARSAMENTE CONSISTENTI,</b> CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30M, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 100 M/S E 180 M/S.
<b>E.</b>	<b>TERRENI CON CARATTERISTICHE E VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE RICONDUCEBILI A QUELLE DEFINITE PER LE CATEGORIE C E D,</b> CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO NON SUPERIORE A 30M

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (T.U. Norme tecniche per costruzioni in zone sismiche), si è provveduto alla caratterizzazione delle diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, a partire dal piano campagna, tramite il discrimine delle differenti "V<sub>s,eq</sub>". La classificazione del suolo è stata effettuata mediante i dati estrapolati dall'esecuzione dell'indagine geofisica con tecnica MASW (Allegato 2).

Secondo la parametrizzazione effettuata, con una velocità mediata delle onde di taglio  $V_{seq} = 330 \text{ m/sec}$  (si precisa che il valore delle Vs equivalenti e di conseguenza anche la categoria di suolo possono variare al variare della profondità di imposta del piano fondale).

### iii CATEGORIA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA $S_T$

Il D.M. 17.01.2018 prevede che nei siti suscettibili di amplificazione topografica venga introdotto un coefficiente moltiplicativo ( $S_T \geq 1$ ) per l'accelerazione massima orizzontale di progetto, che tenga conto di tale caratteristica morfologica.

<i>Categoria topografica</i>	$\alpha$	<i>Ubicazione dell'opera</i>	$S_T$
<b>T1</b>	$\alpha$	-	<b>1.0</b>
<b>T2</b> <i>Pendii o rilevati isolati</i>	$\alpha > 15$	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	<b>1.2</b>
<b>T3</b> <i>Rilievo con larghezza alla sommità molto inferiore a quella alla base</i>	$15 < \alpha < 30$	<i>In corrispondenza della cresta del pendio</i>	<b>1.2</b>
<b>T4</b>	$\alpha > 30$	<i>In corrispondenza della cresta del pendio</i>	<b>1.4</b>

Dove  $\alpha$  = inclinazione media del versante

Per l'area di progetto, con "α" (MEDIO) < 15° gradi, abbiamo una categoria topografica **T1** con  $S_T = 1,00$ .

**iv VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA**

L'ordinanza della P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 s.m.i., nell'allegato "b", definisce i valori standard di  $A_{(g)}$  (SLV) e relative variabili: operatività (SLO), danno (SLD) e collasso (SLC) calcolati su griglia con passo  $0,02^\circ$ , in relazione alle coordinate geografiche dell'area di riferimento (latitudine e longitudine) su base in scala 1:10.000.

Nel seguito sono restituiti i relativi valori specifici per il "sito di progetto":

Sito	Longitudine (est)	Latitudine (nord)	operatività (SLO)	danno (SLD)	salvaguardia (SLV)	collasso (SLC)
1	13,298781	43,055841	0,060g	0,064g	0,158g	0,205g

**v CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA E GEOLOGICA LOCALE**

La Tav. 6 "Carta della pericolosità geologica e sismica locale", rappresenta la carta di sintesi realizzata sulla base dei risultati dell'indagine geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e delle stratigrafie. Questa evidenzia le situazioni o gli scenari morfostratigrafici suscettibili di fenomeni di instabilità o di amplificazioni dinamiche rispetto ad un moto sismico di riferimento.

Il livello di sismicità in cui è incluso il territorio del Comune di S. Angelo in Pontano è tale da attendersi, in *condizioni standard* (tab. 1 Circ. Reg. 15/90): "limitati casi (25%) di crollo o grave danneggiamento di edifici non costruiti secondo le norme sismiche strutturale, di danneggiamento strutturale diffuso con significativa percentuale di casi di inagibilità, evacuazione parziale, arresto parziale della funzionalità del sistema urbano".

Per l'area in esame sono stati riscontrati i seguenti scenari sismici:

**TIPOLOGIA 2:** zone caratterizzate da depositi superficiali di caratteristiche meccaniche scadenti. In tali aree in presenza di sisma si possono produrre effetti di cedimenti diffusi del terreno in concomitanza di stress dinamici in relazione alle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione; amplificazione del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra substrato e terreno di copertura

### **VIII. VOCAZIONALITA' EDIFICATORIE**

La “Carta delle vocazionalità edificatorie” (Tav. 7) costituisce la sintesi delle indagini in precedenza esposte e cioè di quella geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e della pericolosità sismica locale.

Pertanto i dati acquisiti hanno permesso di definire una suddivisione dell’area in “*zone omogenee*”.

Le classi di vocazionalità individuate per l’area studiata sono:

**ZONA D:** zona con copertura detritica di spessore superiori a 2.0m caratterizzata da favorevoli condizioni morfologiche e sfavorevoli condizioni geotecniche. In tale area l'urbanizzazione può essere attuata con l'adozione di particolari tecniche costruttive (es. risposta sismica locale RSL).

E’ importante precisare che il presente paragrafo non vuole porre limitazioni d’uso delle aree interessate dalla pericolosità riscontrata, ma vuole richiamare l’attenzione sulle problematiche esistenti affinché si possano effettuare scelte progettuali adeguate.

### **IX. MISURE HVSR**

Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale ( $f_0$ ) di questa vibrazione. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice di  $f_0$ , lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed-rock) e la velocità media ( $V_s$ ) delle onde simiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi con antenna), attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Questa è una metodologia finalizzata alla determinazione della funzione di amplificazione utilizzando il rumore ambientale passivo anziché onde sismiche generate artificialmente. Lo strumento utilizzato, a stazione singola, è il TROMINO®.

L'acquisizione del segnale, che in questo caso è rappresentato dal rumore di fondo, avviene tramite un sensore a tre elementi (verticale, E-W e N-S) caratterizzati da frequenza di vibrazioni proprie molto basse ( $f = 1-2$  Hz) per acquisire meglio le frequenze più basse di primario interesse ingegneristico.

La prova sismica passiva a stazione singola HVSR mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. La prova, comunemente nota anche con il termine H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali, H e verticale, V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e

resa popolare da Nakamura (1989). Questo metodo è basato sul calcolo dei rapporti spettrali tra la componente verticale e quelle orizzontali (H/V), e consente di determinare la frequenza di risonanza di un sito utilizzando esclusivamente il rumore ambientale di fondo (microtremori, rumore di fondo a bassa frequenza).

Nel seguito sono tabulati le Frequenze fondamentali di risonanza e relativa Ampiezza ( $F_0$  ed  $A_0$ ), nonché le Frequenze secondarie e relativa Ampiezza ( $F_1$  ed  $A_1$ ), secondo quanto specificato dalla normativa e dalle Linee Guida Regionali, nell'intervallo di campionamento d'interesse ingegneristico tra 0Hz e 20Hz ed Ampiezza superiore a 1, ricordando che la frequenza di risonanza fondamentale è quella relativa alla frequenza più bassa.

<b>MISURA ESEGUITA (ALLEGATO 3)</b>				
<i>N. ORDINE</i>	<i>F<sub>0</sub></i>	<i>A<sub>0</sub></i>	<i>F<sub>1</sub></i>	<i>A<sub>1</sub></i>
<i>G.1</i>	<i>3.97</i>	<i>5.80</i>	<i>5.91</i>	<i>6.23</i>

#### **X. VERIFICA ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA**

La verifica di compatibilità idraulica effettuata in ottemperanza a quanto riportato nell'Allegato 1 alla D.G.R. (Marche) n.53 del 27 gennaio 2015 è stata svolta partendo dal controllo geomorfologico ed idrogeologico dell'area esaminata e di un suo intorno significativo.

Non sono mai state registrate a memoria d'uomo e storica eventi alluvionali che abbiano interessato il sito in esame.

La conferma di tale dato è la topografia del sito, infatti l'area in esame è posta su una dorsale che si eleva di molto rispetto al reticolo idrografico del Torrente Salino.

L'assenza del reticolo idrografico nei dintorni dell'area esaminata è tale da non rendere possibile in nessun modo l'inondamento del sito.

Al fine di evitare effetti negativi sul deflusso delle acque afferenti alle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica della medesima trasformazione.

La Legge Regionale n.22 del 23 novembre 2011 (Art. 10, c.4 – Criteri, modalità e indicazioni tecnico operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali) prevede una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione

consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.

<b>CLASSE DI INTERVENTO</b>	<b>DEFINIZIONE</b>
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 0.1 e 1.0ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 1.0 e 10.0ha; interventi su superfici di estensione oltre i 10.00 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori 10.00ha; con $Imp > 0,3$

Nello specifico l'area oggetto di variante al P.R.G. ha una estensione di circa 4800m<sup>2</sup>. Alla luce di tali dati possiamo affermare che l'intervento ricade su superfici comprese tra 0.1 e 10.0ha e pertanto ricadiamo nella classe di intervento di modesta impermeabilizzazione potenziale.

Per l'area in esame possono essere individuate le seguenti tipologie di soluzione per il raggiungimento dell'invarianza idraulica:

- realizzazione di tetti drenanti (es. giardini pensili, ecc.) sui nuovi fabbricati;
- realizzazione di vasche di laminazione;
- sovradimensionamento delle fognature interne;
- scarico in vasche adibite ad altri scopi;
- realizzazione di parcheggi con materiali non impermeabili.

## ***XI. CONCLUSIONI***

Lo studio eseguito nell'area di indagine ha permesso di trarre quanto segue:

1. l'area in esame è morfologicamente stabile in quanto non sono presenti aree interessate da fenomeni morfogenetici in atto o potenziali;
2. i rilevamenti eseguiti hanno evidenziato che il sito oggetto di studio è caratterizzato dalla presenza di una coltre con spessori massimi di 18.80m in CPTU 2 che ricoprono un substrato ascrivibile alla Formazione del Bacino della Laga (ass. arenacea) membro evaporitico;

3. le opere da realizzare non modificheranno in nessun modo il regime idrogeologico esistente non avendosi alcuna interferenza tra la falda (non rilevata) e le strutture fondali;
4. una particolare attenzione dovrà essere rivolta al drenaggio delle acque meteoriche e di quelle provenienti dagli scarichi attorno alla struttura che dovranno essere canalizzate in modo da essere allontanate dalla zona in esame; variazioni del contenuto di umidità nei terreni di sedime della costruzione possono alterare le attuali caratteristiche geomeccaniche;
5. la verifica alla liquefazione è stata omessa per l'assenza della falda idrica;
6. il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni" e costituisce la relazione geologica specialistica. In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva; differendo, di conseguenza differisce il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore;
7. nel caso in cui si generino "*materiali da scavo*", come definito all'Art. 1 comma 1 punto b del D.M. n.161 del 10/08/12 il materiale movimentato dovrà essere rispondente alle norme previste dal D.P.R. 13 giugno 2017 n.120 "*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del Decreto Legge 12 settembre 2014 n°133, convertito, con modificazioni, dalla Legge 11 novembre 2014 n°164*";
8. in considerazione di quanto emerso nel corso dell'indagine, si esprime **parere favorevole** per la variante al PRG vigente per la delocalizzazione edificio L.R. 25/2017.

Lo scrivente resta a disposizione per eventuali chiarimenti.

Sarnano Agosto 2022

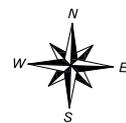
*Il tecnico incaricato*  
**Geol. LUCARELLI Costantino**

# Tav. 1

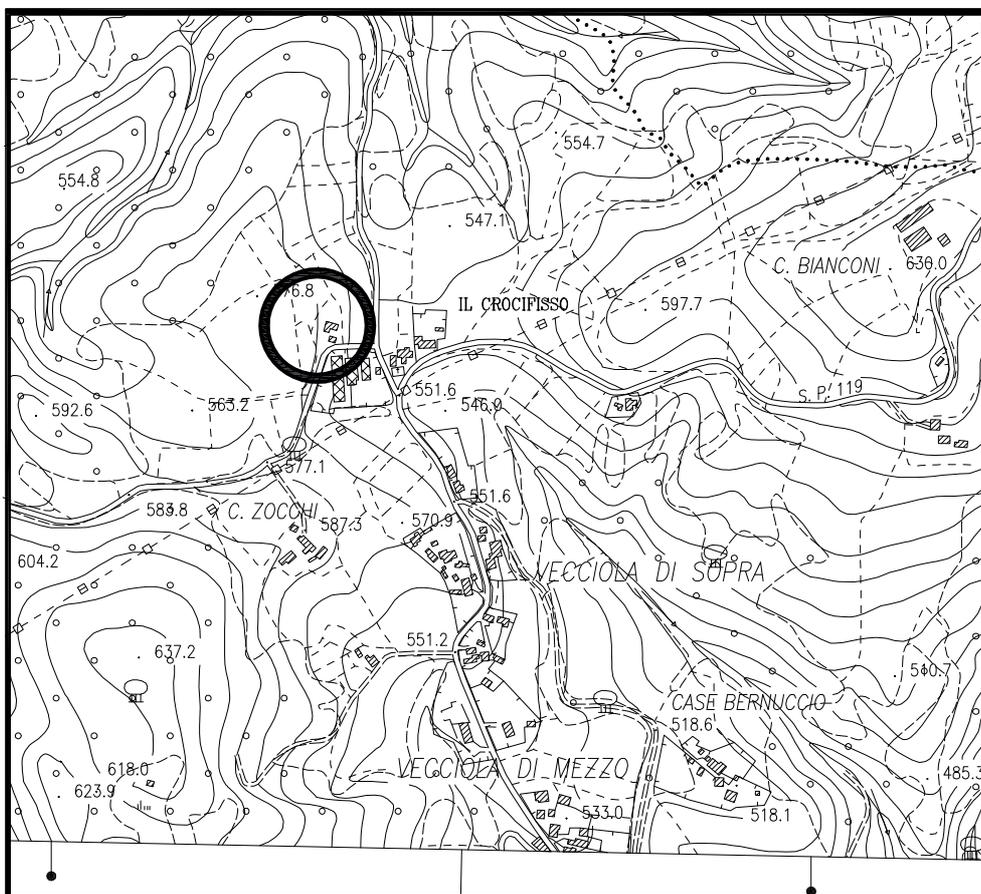


**Stralcio di progetto**  
*planimetria piano terra in scala 1:200*

- **S.1** *Ubicazione sondaggio geognostico*
- **CPTU 1 - 2** *Ubicazione prove penetrometriche*
- **G.1** *Ubicazione misure HVSR*
- — *Ubicazione prova geofisica MASW*



# Tav. 2

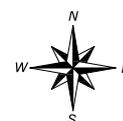


## Corografia

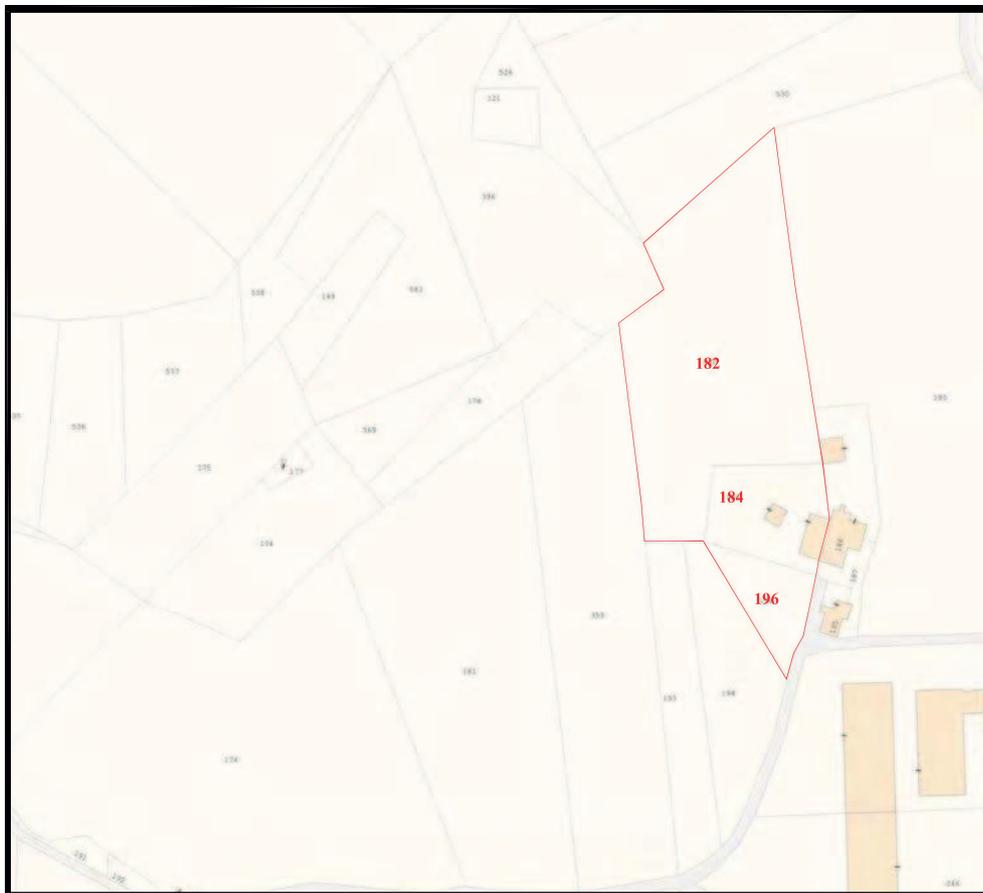
*Carta Tecnica Regionale  
Foglio n°313 - Camerino  
Sezione n°313120 - Colle  
in scala 1:10.000*



*Area in esame*

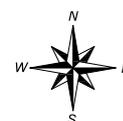


# Tav. 3



## Planimetria catastale

*Mappa catastale  
del Comune di Sarnano MC  
Foglio n° 11  
Particella n. 1000 e 1013  
in scala 1:1.000*





ArcGeo Studio  
**Geologo LUCARELLI Costantino**  
 Via Don G. Minzoni 103 - 62028 Sarnano MC  
 Tel. + Fax: 0733/657159 Port. 330/882116  
 E-mail: lucarelli.geologo@virgilio.it

Committente: Gregori Olindo e Gregori Augusto

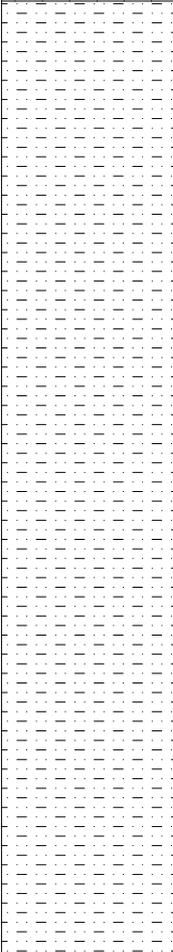
Cantiere: Vecciola - Sarnano MC

Data esecuzione: 28 giugno 2022

Sondaggio: S.1

Profondità: 13.00m

**Tav. 5**

Scala 1:100	Profondità	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Campioni	Pocket kg/cmq
1	0.6	0.6		<i>Terreno vegetale</i>			
2				<i>Commistioni di limi, sabbie ed argille di colorazione nocciola-marroncino - Depositi eluvio-colluviali -</i>			
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

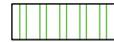
## Carta delle pericolosità sismiche e geologiche

### Legenda



**Tipologia 1:** Aree caratterizzate da frane recenti o quiescenti; aree potenzialmente franose.

**Possibili effetti in caso di sisma:** accentuazione ed evoluzione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.



**Tipologia 2:** Zone caratterizzate da depositi superficiali di caratteristiche meccaniche scadenti.

**Possibili effetti in caso di sisma:** cedimenti diffusi del terreno in concomitanza di stress dinamici in relazione alle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione; amplificazione del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra substrato e terreno di copertura.



**Tipologia 3:** Aree di cresta rocciosa, cocuzzolo o dorsale, aree di bordo e ciglio di scarpata.

**Possibili effetti:** amplificazione del moto del suolo connessa con la focalizzazione delle onde sismiche lungo pendii obliqui; ribaltamenti e/o distacchi di blocchi rocciosi con l'arretramento delle scarpate.



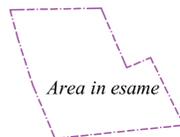
**Tipologia 4:** Aree di fondovalle, aree pedemontane di falda di detrito.

**Possibili effetti:** amplificazione del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra substrato e terreno di copertura; cedimenti collegati a particolari caratteristiche meccaniche dei terreni.



**Tipologia 5:** Aree di brusca variazione litologica o aree di contatto tra litotipi aventi caratteristiche meccaniche molto differenti.

**Possibili effetti:** amplificazioni differenziali del moto del suolo e/o cedimenti dovuti alla differente resistenza e deformabilità dei litotipi presenti,



Carta Tecnica Regionale  
ingrandita alla scala 1:2.000

# Tav. 7

## Carta delle vocazionalità edificatorie

### Legenda



**Zona A:** Area con copertura detritica inferiore ai 2.0m, caratterizzata da favorevoli condizioni geotecniche e morfologiche, in cui l'urbanizzazione può essere attuata con l'adozione di normali tecniche costruttive.



**Zona B:** Zona caratterizzata dalla presenza di condizioni di instabilità reali e/o potenziali e dalle sfavorevoli condizioni morfologiche (zona interessata dalla presenza di scarpate con altezza variabile), in cui si sconsiglia l'edificazione. In tale area si possono eseguire interventi di mitigazione del rischio di instabilità.



**Zona C:** Zona con copertura detritica di spessore maggiore di 2.0m caratterizzata da favorevoli condizioni morfologiche e da favorevoli condizioni geotecniche. In tale area l'urbanizzazione può essere attuata con l'adozione di normali tecniche costruttive.



**Zona D:** Zona con copertura detritica di spessore superiori a 2.0m caratterizzata da favorevoli condizioni morfologiche e sfavorevoli condizioni geotecniche. In tale area l'urbanizzazione può essere attuata con l'adozione di particolari tecniche costruttive.



**Zona E:** Area con pendenza assoluta >30% di origine antropica in cui sono ammessi interventi edilizi e di sistemazione della scarpata.



**Zona F:** Area con pendenza assoluta >30% in cui sono vietati gli interventi edilizi (Art. 31 del P.P.A.R. della Regione Marche), ma sono consentiti interventi di sistemazione del versante



*Carta Tecnica Regionale  
ingrandita alla scala 1:2.000*

# *ALLEGATO 1*

**PROVINCIA DI MACERATA  
COMUNE DI SARNANO**

**COMMITTENTE: OLINDO GREGORI**

**LOCALITA': CDA VECCIOLA**

**PROVE PENETROMETRICHE CPTU 1 - 2**

Dott. Geol. Carlo Gualtieri

Data: 11 Luglio 2022

**Geo-Sondaggi s.a.s**  
di C.M. & C.  
Indagini Geognostiche e Prospezioni Sismiche  
Sede: Via Campiglia, 25  
62015 MONTE SAN GIUSTO (MC)

**Documentazione fotografica**

CPTU1



CPTU2





### **Legenda parametri stimati**

- Permeabilità Ksbt (m/s)
- Modulo Edometrico Constrained Modulus M (Mpa)
- Coesione non drenata, Shear strength Su (kPa)
- OCR
- Peso di volume, Bulk unit weight (kN/m<sup>3</sup>)
- Phi

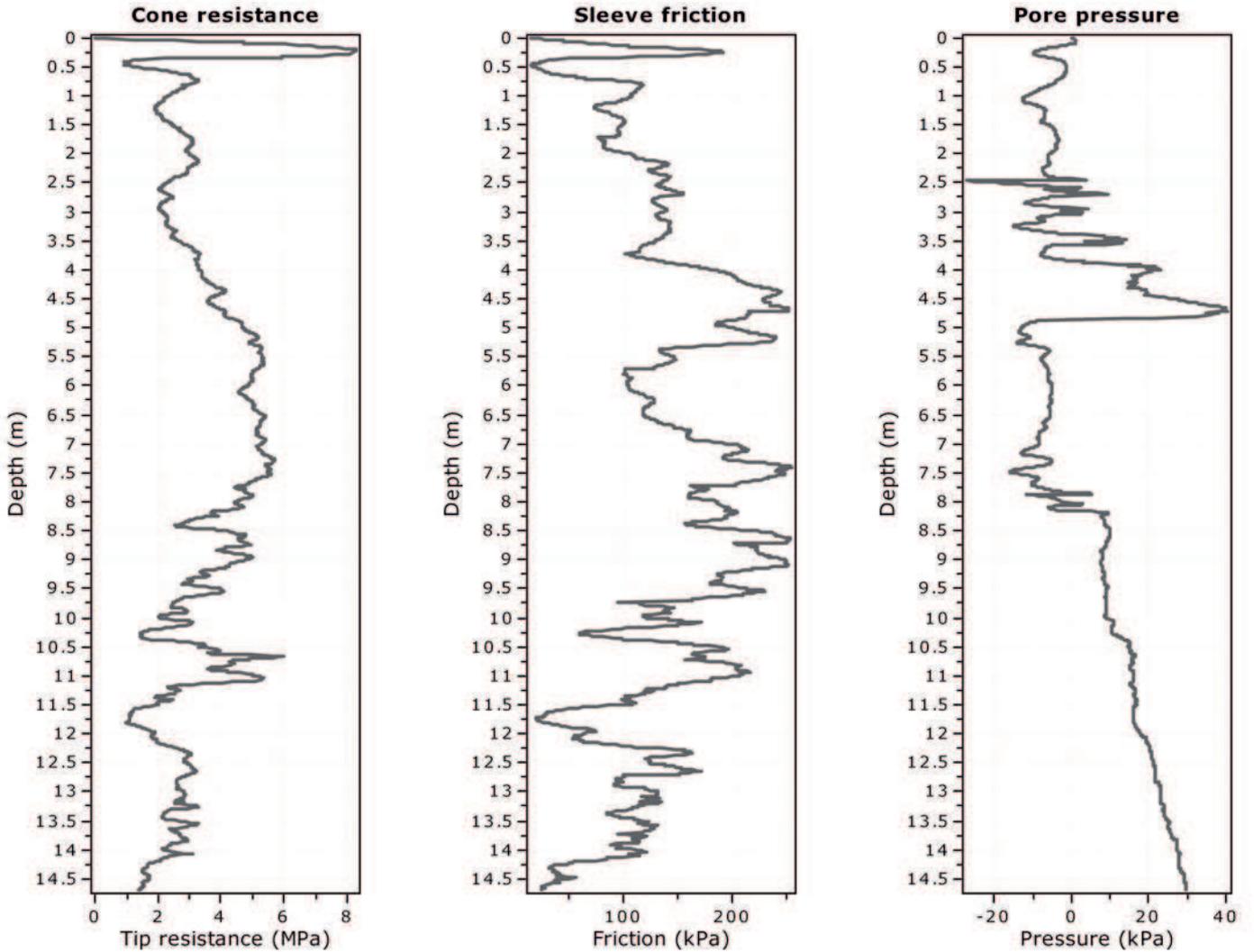
**Project:** CPTU

**Location:** Cda Vecciola - Sarnano (MC)

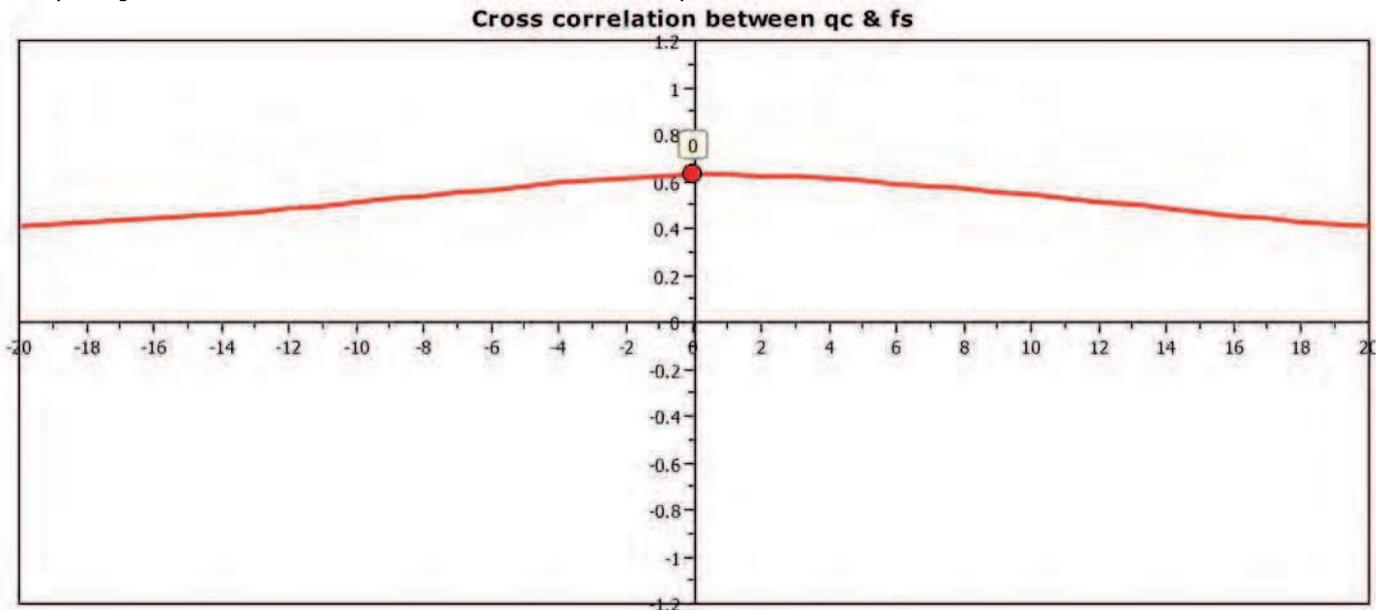


**Project: CPTU**

**Location: Cda Vecciola - Sarnano (MC)**



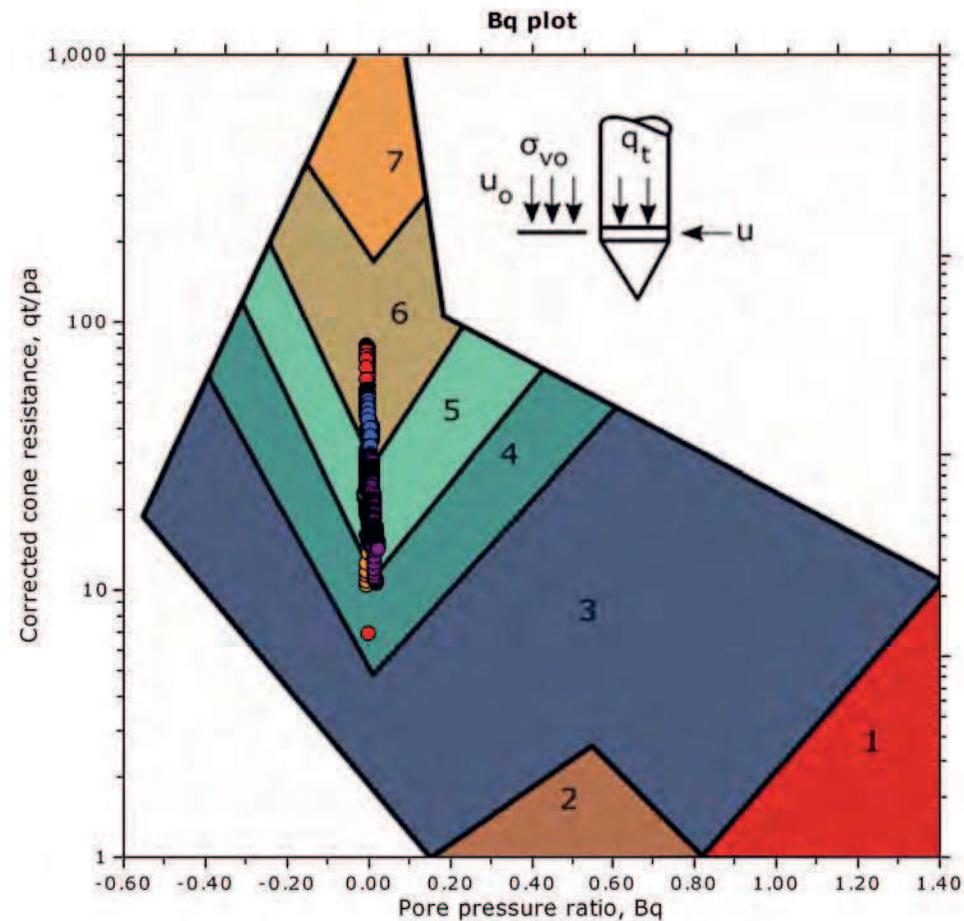
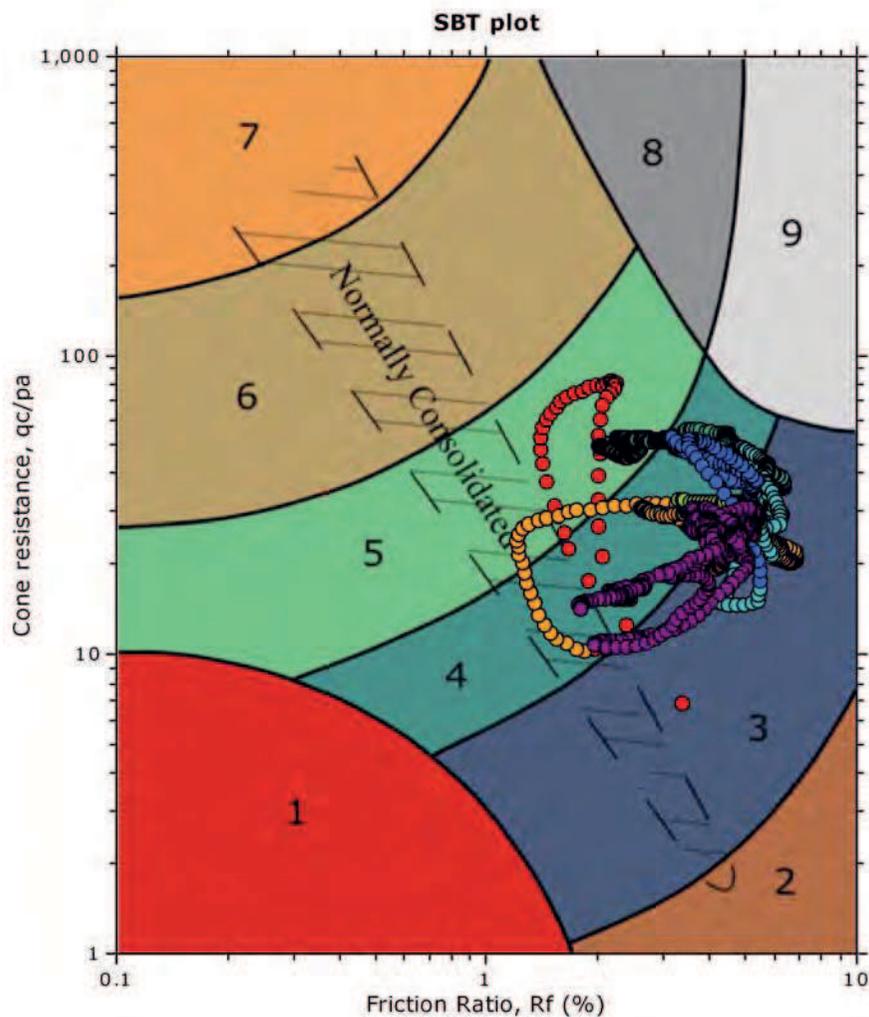
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



**Project: CPTU**

**Location: Cda Vecciola - Sarnano (MC)**

**SBT - Bq plots**



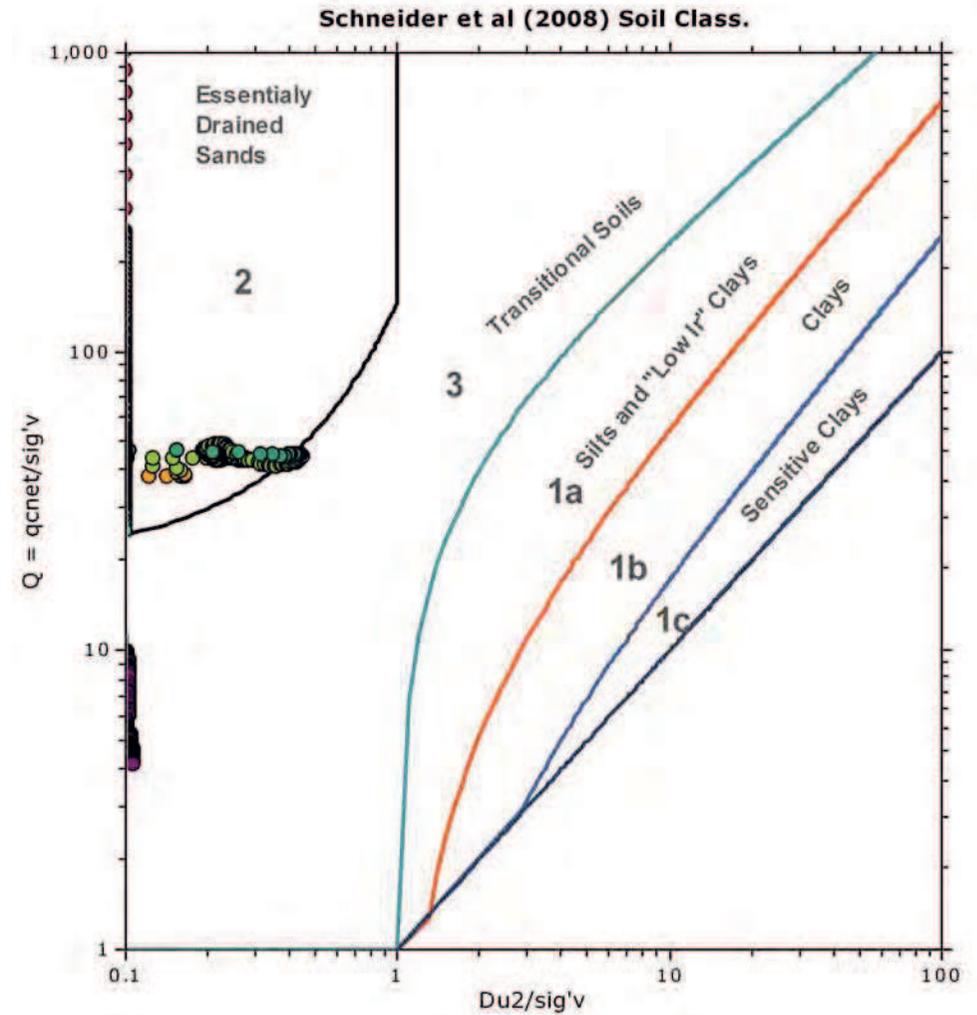
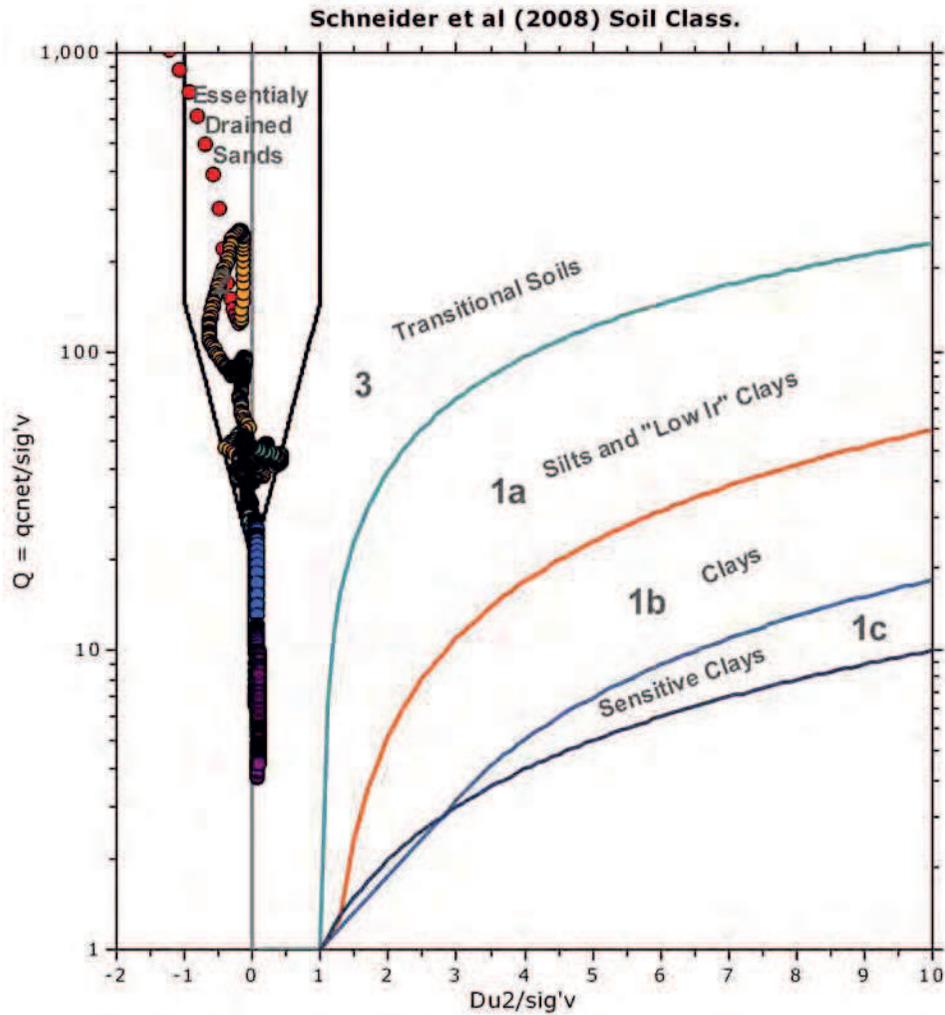
**SBT legend**

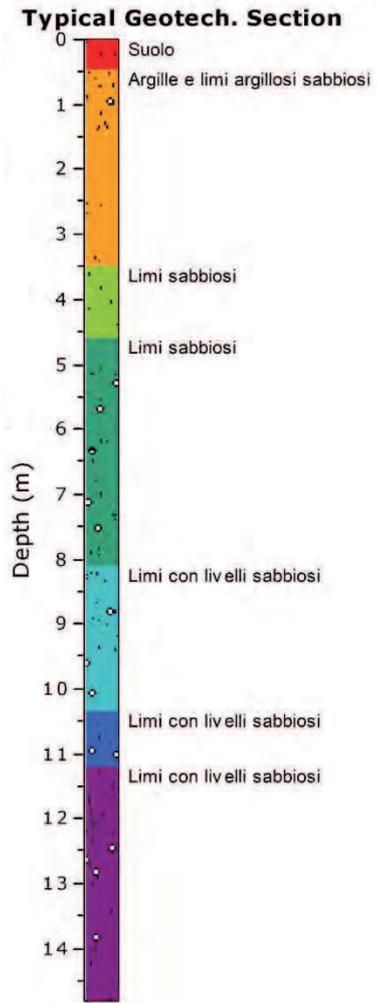
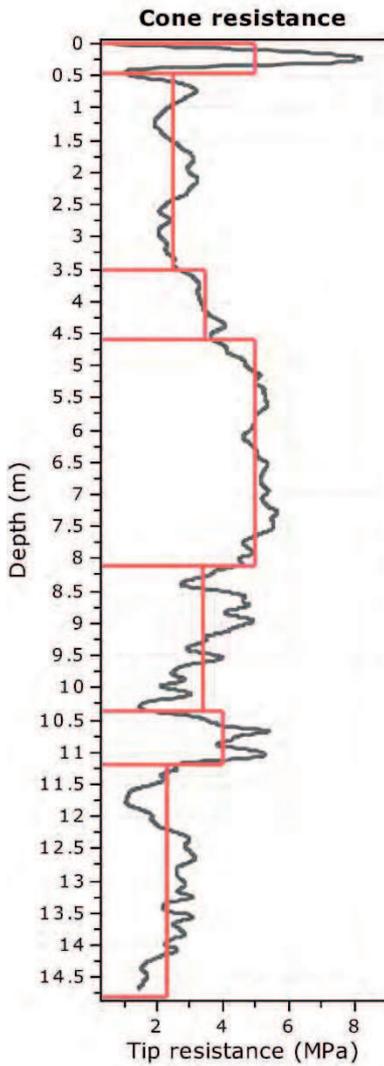
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |

**Project: CPTU**

**Location: Cda Vecciola - Sarnano (MC)**

**Bq plots (Schneider)**





**Tabular results**

<b>::: Layer No: 1 :::</b>		
<b>Code:</b> 1	<b>Start depth:</b> 0.00 (m), <b>End depth:</b> 0.45 (m)	
<b>Description:</b> Suolo		
<b>Basic results</b>	<b>Estimation results</b>	
Total cone resistance: 4.96 ±2.70 MPa	Permeability: 3.82E-05 ±2.94E-05 m/s	Constrained Mod.: --- MPa
Sleeve friction: 95.33 ±60.82 kPa	N <sub>60</sub> : 11.51 ±5.94 blows	Go: ---
Ic: 1.85 ±0.20	Es: 34.17 ±16.23 MPa	Su: 0.00 ±0.00 kPa
SBT <sub>n</sub> : 6	Dr (%): 86.56 ±20.62	Su ratio: 0.00 ±0.00
SBTn description: Sand & silty sand	φ (degrees): 33.56 ±3.16 °	O.C.R.: 0.00 ±0.00
	Unit weight: 18.50 ±1.12 kN/m <sup>3</sup>	

**::: Layer No: 2 :::****Code: 2**      **Start depth:** 0.45 (m), **End depth:** 3.50 (m)**Description:** Argille e limi argillosi sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 2.50 ±0.45 MPa

Sleeve friction: 109.20 ±32.32 kPa

Ic: 2.51 ±0.22

SBT<sub>n</sub>: 4

SBTn description: Clay &amp; silty clay

**Estimation results**

Permeability: 7.29E-07 ±1.59E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 9.37 ±1.66 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 29.00 ±1.50 °

Unit weight: 18.65 ±0.54 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 7.5 ±1 MPa

Go: ---

Su: 70.86 ±9.59 kPa

O.C.R.: 2.82 ±0.96

**::: Layer No: 3 :::****Code: 3**      **Start depth:** 3.50 (m), **End depth:** 4.60 (m)**Description:** Limi sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 3.44 ±0.34 MPa

Sleeve friction: 179.09 ±49.13 kPa

Ic: 2.67 ±0.07

SBT<sub>n</sub>: 4

SBTn description: Clay &amp; silty clay

**Estimation results**

Permeability: 7.92E-08 ±4.17E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 14.32 ±1.82 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 30.00 ±1.50 °

Unit weight: 19.38 ±0.37 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 10.11 ±2.0 MPa

Go: ---

Su: 95.95 ±9.05 kPa

O.C.R.: 2.15 ±0.10

**::: Layer No: 4 :::****Code: 4**      **Start depth:** 4.60 (m), **End depth:** 8.10 (m)**Description:** Limi sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 5.00 ±0.39 MPa

Sleeve friction: 171.69 ±46.16 kPa

Ic: 2.55 ±0.11

SBT<sub>n</sub>: 4

SBTn description: Clay &amp; silty clay

**Estimation results**

Permeability: 2.06E-07 ±1.41E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 19.28 ±1.73 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 31.00 ±1.50 °

Unit weight: 19.48 ±0.32 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 13.37 ±2.41 MPa

Go: ---

Su: 140.43 ±11.71 kPa

O.C.R.: 2.02 ±0.30

**::: Layer No: 5 :::****Code: 5**      **Start depth:** 8.10 (m), **End depth:** 10.35 (m)**Description:** Limi con livelli sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 3.41 ±0.92 MPa

Sleeve friction: 184.43 ±49.56 kPa

Ic: 2.98 ±0.13

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.12E-08 ±8.78E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 17.05 ±3.41 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 30.00 ±1.50 °

Unit weight: 19.39 ±0.48 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 10.00 ±1.5 MPa

Go: ---

Su: 90.47 ±25.10 kPa

O.C.R.: 0.93 ±0.31

**::: Layer No: 6 :::****Code:** 6      **Start depth:** 10.35 (m), **End depth:** 11.20 (m)**Description:** Limi con livelli sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 4.02 ±0.93 MPa

Sleeve friction: 175.63 ±28.50 kPa

Ic: 2.92 ±0.14

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.76E-08 ±1.42E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 19.33 ±3.15 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 31.00 ±1.50 °

Unit weight: 19.44 ±0.29 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 11.5 ±1.5 MPa

Go: ---

Su: 102.98 ±25.19 kPa

O.C.R.: 0.92 ±0.22

**::: Layer No: 7 :::****Code:** 7      **Start depth:** 11.20 (m), **End depth:** 14.80 (m)**Description:** Limi con livelli sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 2.28 ±0.59 MPa

Sleeve friction: 93.09 ±39.21 kPa

Ic: 3.17 ±0.08

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.31E-09 ±1.12E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 13.04 ±2.88 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 28.00 ±1.50 °

Unit weight: 18.37 ±0.72 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 7.0 ±1.0 MPa

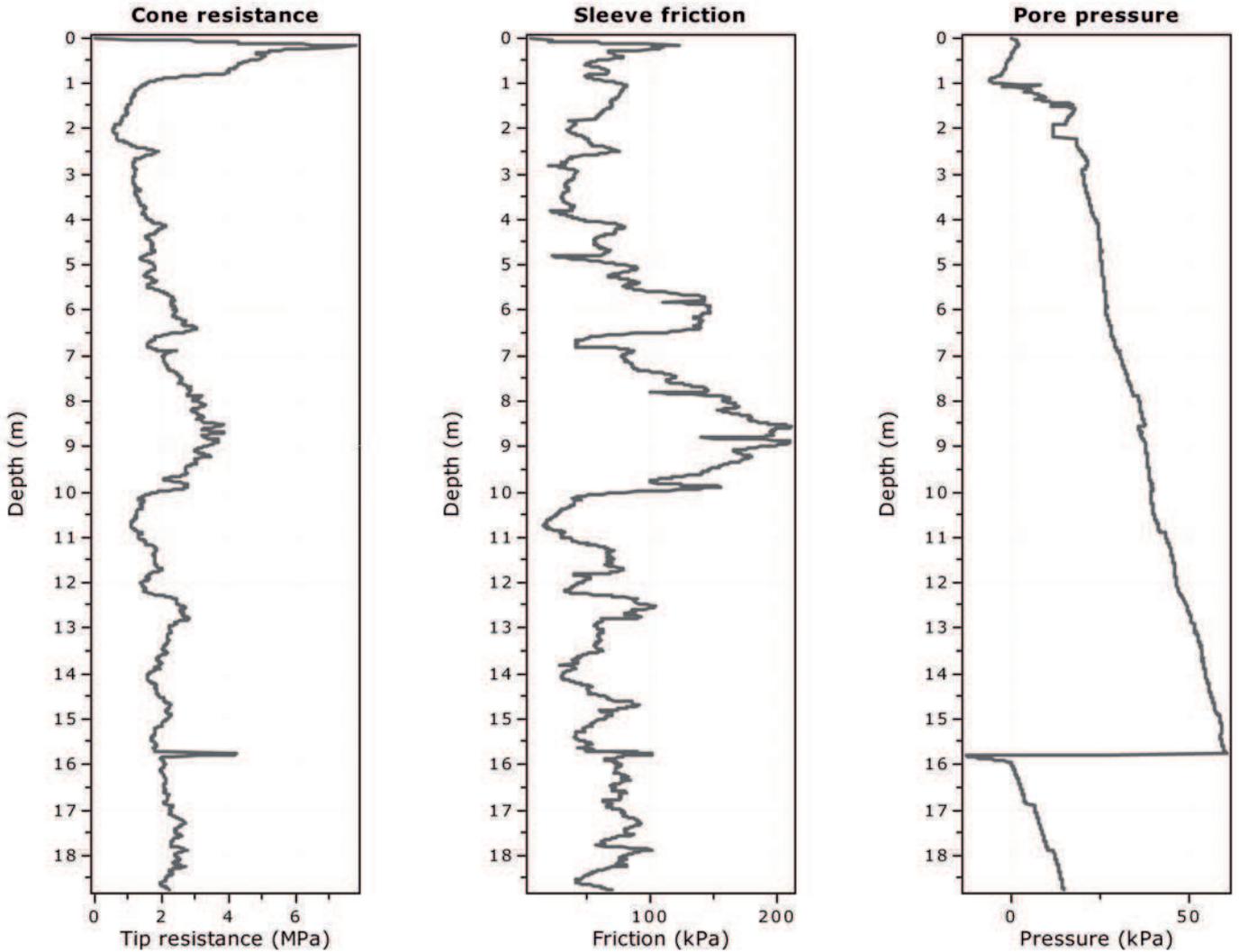
Go: ---

Su: 65.99 ±15.87 kPa

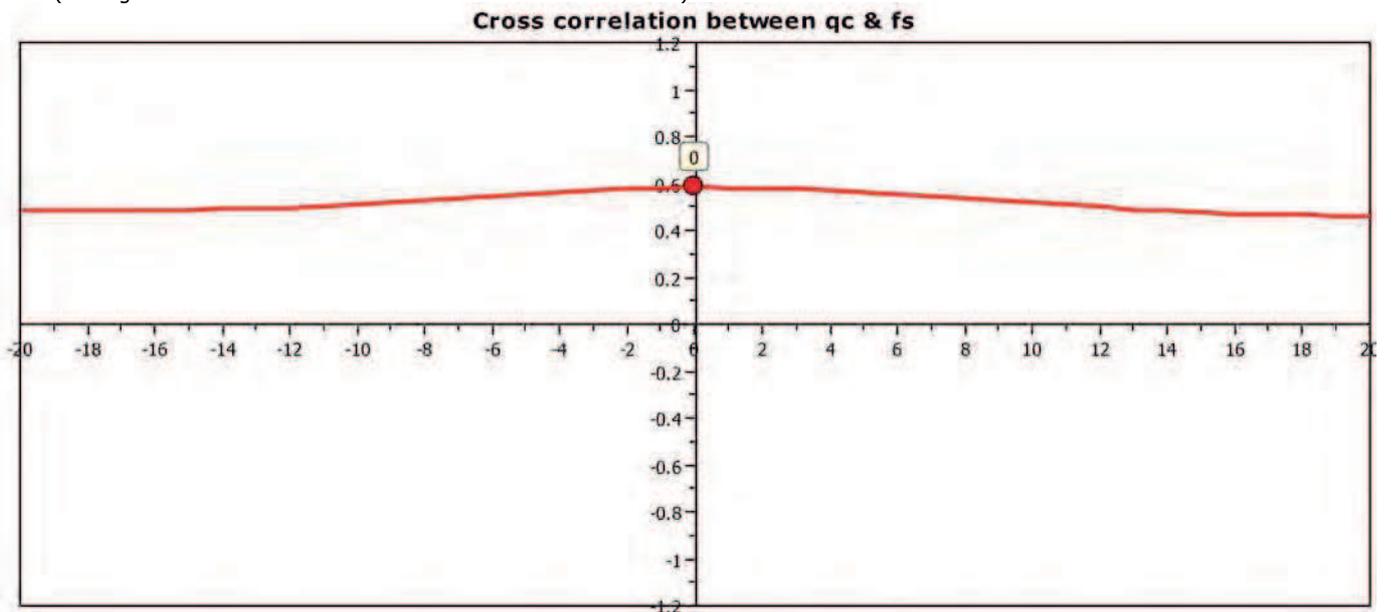
O.C.R.: 0.41 ±0.12

**Project: CPTU**

**Location: Cda Vecciola - Sarnano (MC)**



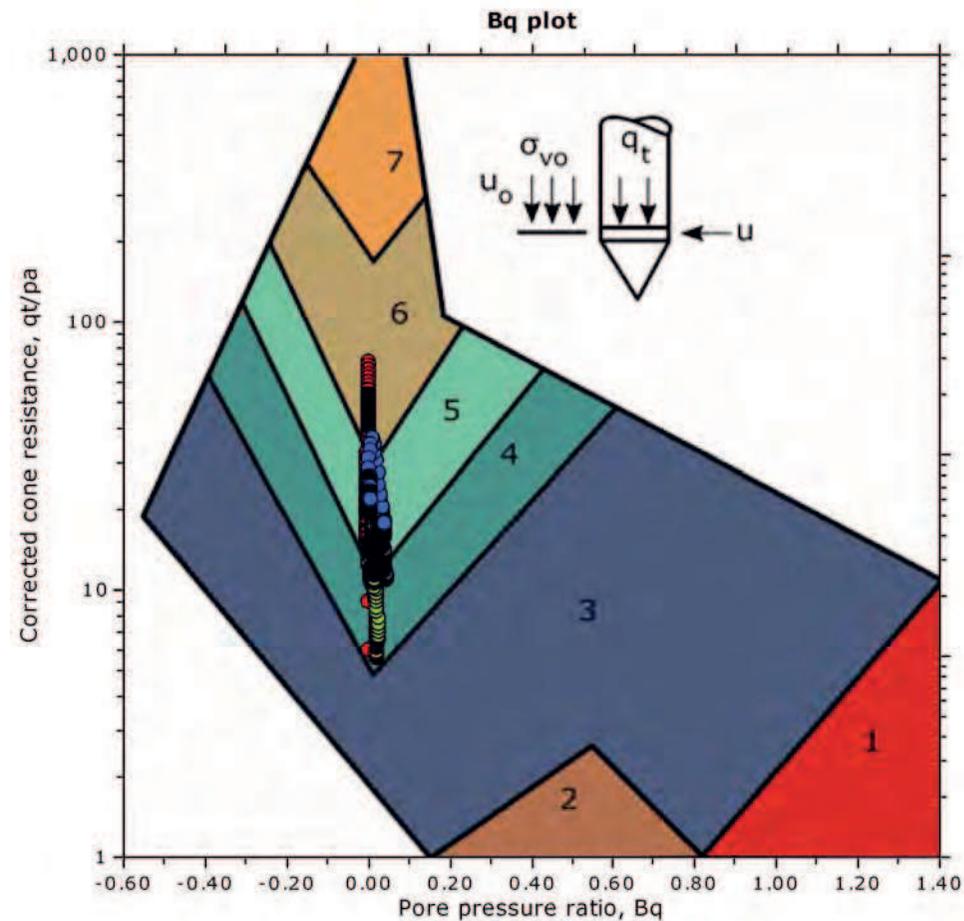
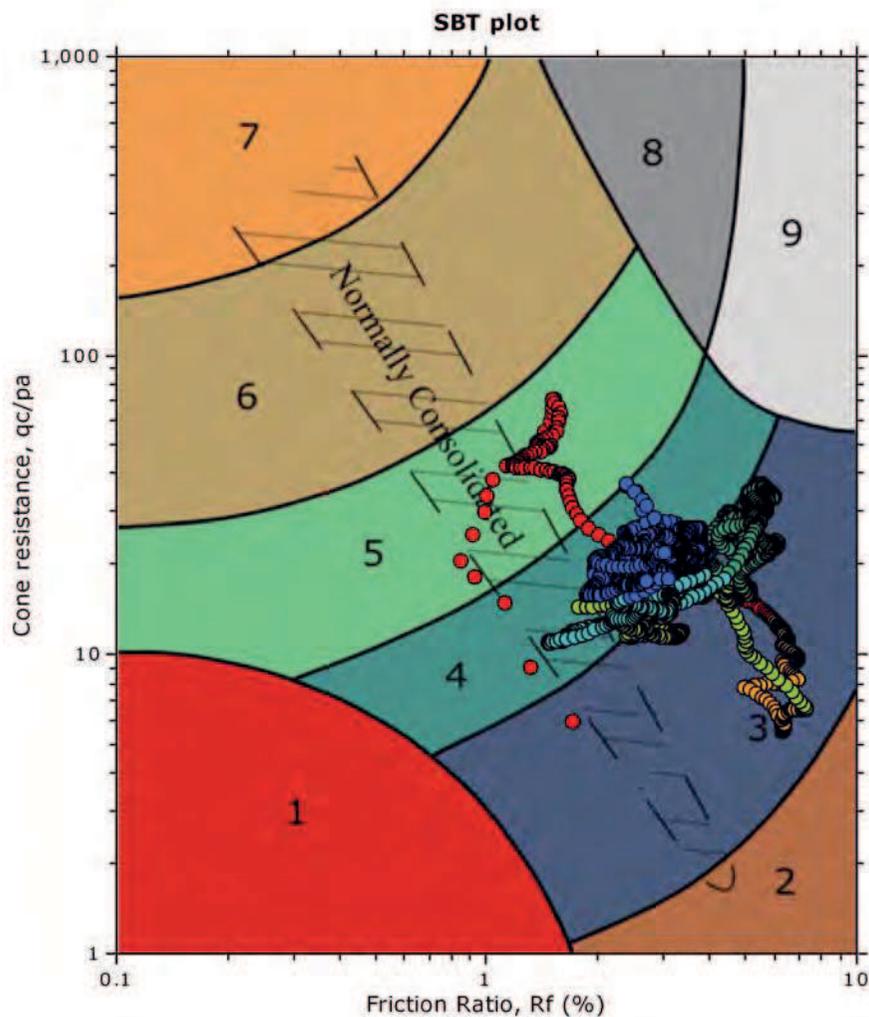
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



**Project: CPTU**

**Location: Cda Vecciola - Sarnano (MC)**

**SBT - Bq plots**



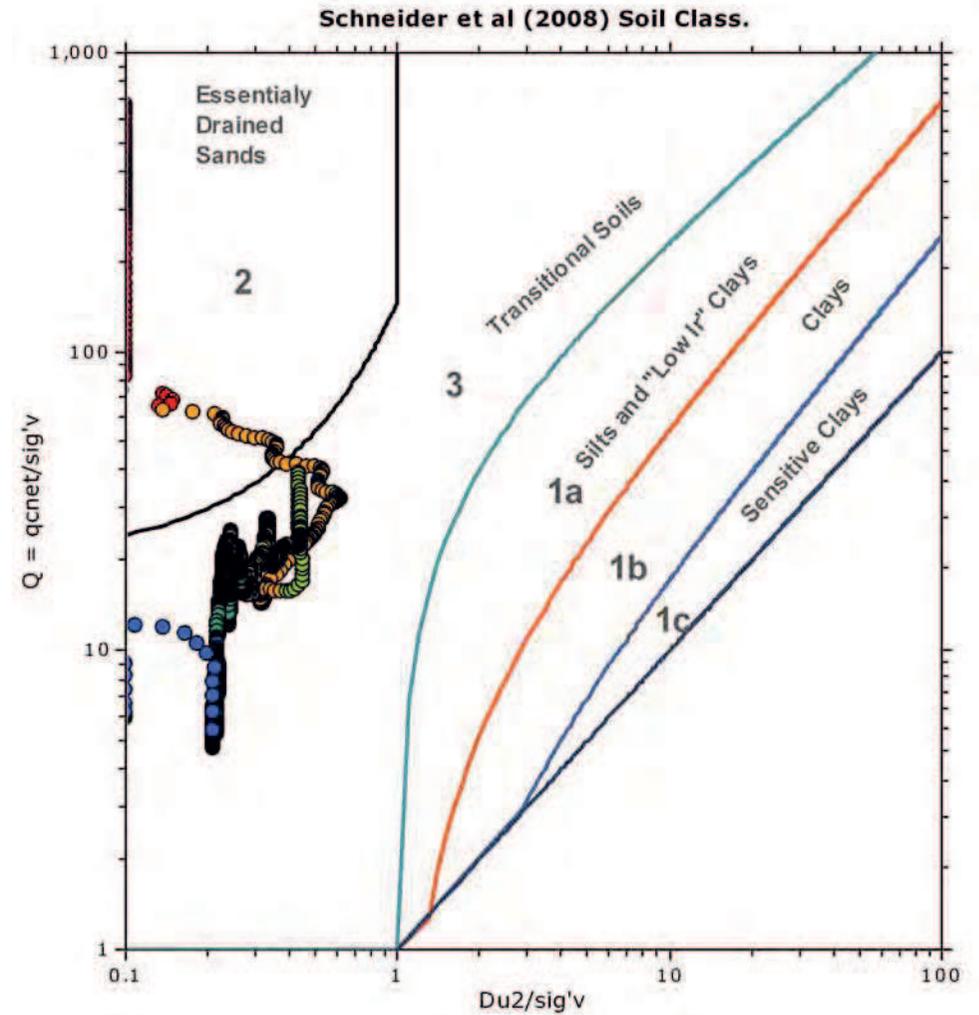
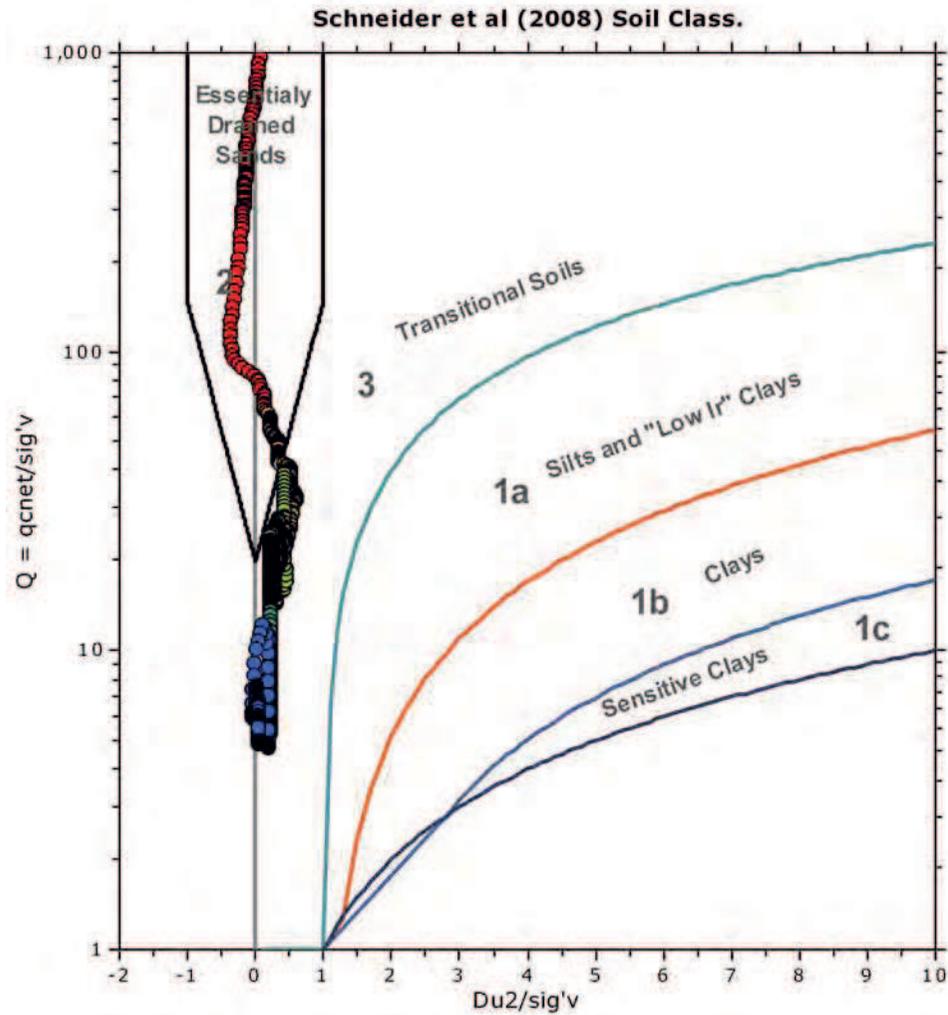
**SBT legend**

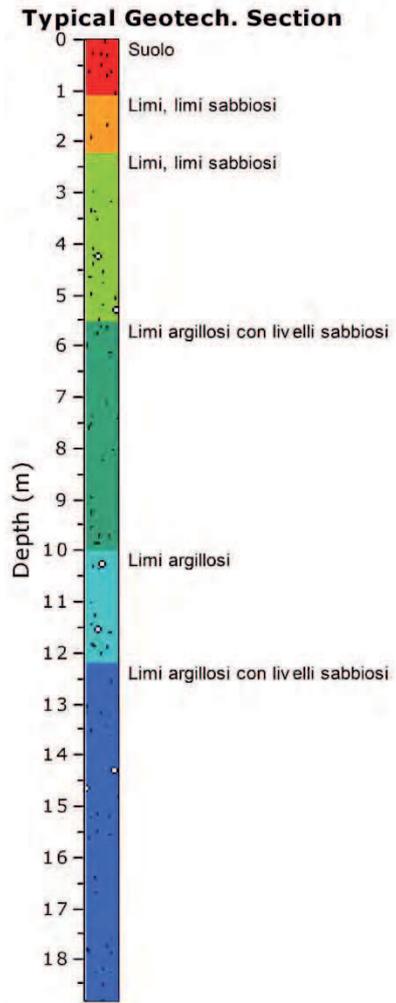
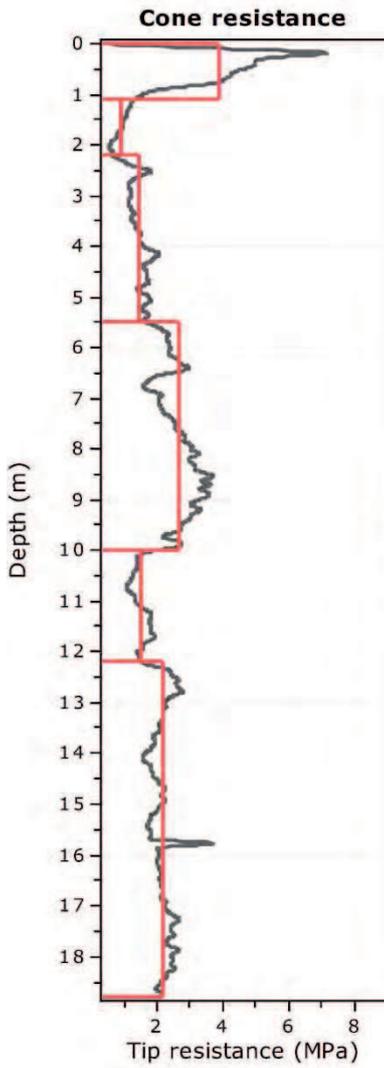
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |

**Project: CPTU**

**Location: Cda Vecciola - Sarnano (MC)**

**Bq plots (Schneider)**





### Tabular results

**::: Layer No: 1 :::**

**Code:** 1      **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 1.10 (m)

**Description:** Suolo

**Basic results**

Total cone resistance: 3.91 ±1.65 MPa

Sleeve friction: 65.96 ±22.34 kPa

Ic: 1.96 ±0.30

SBT<sub>n</sub>: 6

SBT<sub>n</sub> description: Sand & silty sand

**Estimation results**

Permeability: 2.93E-05 ±2.96E-05 m/s

N<sub>60</sub>: 9.81 ±3.16 blows

Es: 31.73 ±7.47 MPa

Dr (%): 73.05 ±15.17

φ (degrees): 31.04 ±2.02 °

Unit weight: 18.21 ±0.59 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: ---

Go: ---

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**::: Layer No: 2 :::****Code: 2**      **Start depth:** 1.10 (m), **End depth:** 2.20 (m)**Description:** Limi, limi sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 0.91 ±0.23 MPa

Sleeve friction: 57.86 ±15.25 kPa

Ic: 2.89 ±0.13

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.18E-08 ±1.77E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 4.28 ±0.81 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 25.00 ±1.50 °

Unit weight: 17.56 ±0.42 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 2.5 ±0.5 MPa

Go: ---

Su: 33.68 ±6.28 kPa

O.C.R.: 1.47 ±0.57

**::: Layer No: 3 :::****Code: 3**      **Start depth:** 2.20 (m), **End depth:** 5.50 (m)**Description:** Limi, limi sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 1.48 ±0.28 MPa

Sleeve friction: 52.45 ±18.92 kPa

Ic: 2.80 ±0.10

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 3.50E-08 ±2.09E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 6.66 ±1.45 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 28.00 ±1.50 °

Unit weight: 17.91 ±0.46 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 5.1 ±0.5 MPa

Go: ---

Su: 48.10 ±7.29 kPa

O.C.R.: 1.03 ±0.20

**::: Layer No: 4 :::****Code: 4**      **Start depth:** 5.50 (m), **End depth:** 10.00 (m)**Description:** Limi argillosi con livelli sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 2.66 ±0.52 MPa

Sleeve friction: 134.89 ±41.55 kPa

Ic: 2.94 ±0.06

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.10E-08 ±4.08E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 13.27 ±2.65 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 30.00 ±1.5 °

Unit weight: 18.93 ±0.49 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 7.3.0 ±1 MPa

Go: ---

Su: 78.20 ±13.79 kPa

O.C.R.: 0.91 ±0.16

**::: Layer No: 5 :::****Code: 5**      **Start depth:** 10.00 (m), **End depth:** 12.20 (m)**Description:** Limi argillosi**Basic results**

Total cone resistance: 1.51 ±0.24 MPa

Sleeve friction: 44.91 ±18.18 kPa

Ic: 3.18 ±0.02

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.00E-09 ±2.88E-10 m/s

N<sub>60</sub>: 8.70 ±1.36 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 28.00 ±1.50 °

Unit weight: 17.82 ±0.56 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 5.5 ±0.7 MPa

Go: ---

Su: 45.41 ±6.32 kPa

O.C.R.: 0.32 ±0.05

**::: Layer No: 6 :::****Code:** 6      **Start depth:** 12.20 (m), **End depth:** 18.80 (m)**Description:** Limi argillosi con livelli sabbiosi**Basic results**

Total cone resistance: 2.18 ±0.31 MPa

Sleeve friction: 64.85 ±17.00 kPa

Ic: 3.16 ±0.08

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.52E-09 ±1.74E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 12.49 ±1.57 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 29.00 ±1.50 °

Unit weight: 18.04 ±0.36 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 6.8±1.0 MPa

Go: ---

Su: 61.38 ±8.20 kPa

O.C.R.: 0.34 ±0.07

PROVINCIA DI MACERATA  
COMUNE DI SARNANO

COMMITTENTE: OLINDO GREGORI

LOCALITA': CDA VECCIOLA

INDAGINE GEOFISICA MASW

Dott. Geol. Carlo Gualtieri

Data: 9 Luglio 2022

**Geo-Sondaggi s.a.s**  
di C.M. & C.  
Indagini Geognostiche e Prospezioni Sismiche  
Sede: Via Campiglia, 25  
62015 MONTE SAN GIUSTO (MC)

***ALLEGATO 2***

## Sommario

<b>INDAGINE MASW - CENNI TEORICI .....</b>	<b>3</b>
<b>SPECIFICHE TECNICHE CENTRALINA DI ACQUISIZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>ELABORAZIONE DATI.....</b>	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>

## INDAGINE MASW - CENNI TEORICI

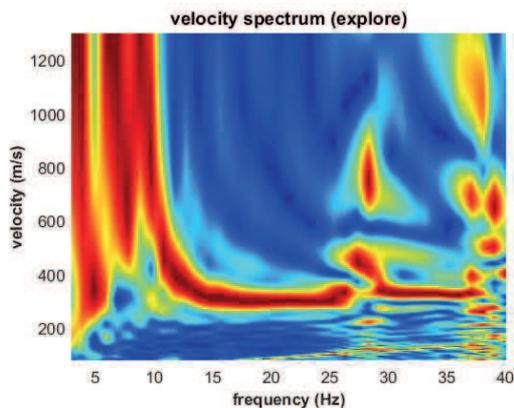
L'acronimo masw (Multichannel Analysis of Surfaces Waves) è l'analisi della dispersione delle onde di superficie nel sottosuolo, da cui si vuole ottenere il profilo Vs.

L'analisi si sviluppa in due passaggi fondamentali:

- Determinazione dello spettro di velocità
- Inversione delle curve di dispersione

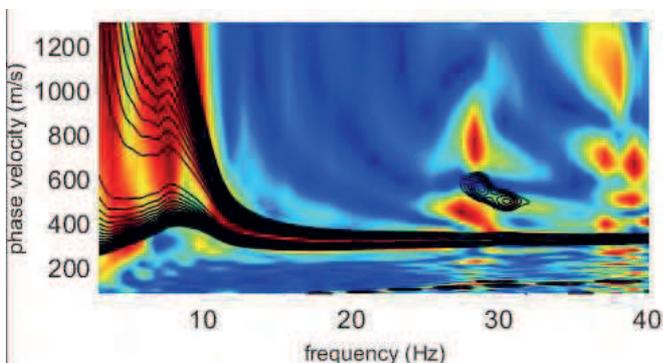
Per la determinazione dello spettro, i dati vengono acquisiti nel dominio del tempo (offset-tempo) per poi essere trasposti nel dominio frequenza velocità. In questo modo è possibile determinare la velocità di ciascuna componente in frequenza.

Esempio di spettro:



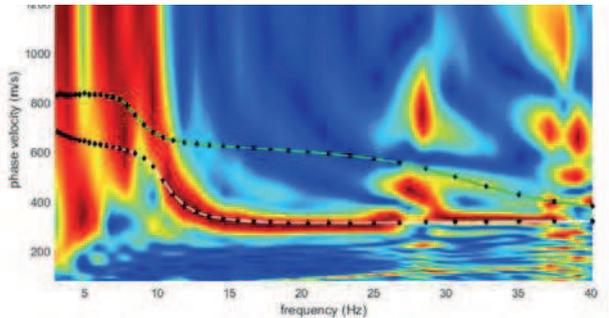
Per quanto riguarda l'inversione, da cui si otterrà il profilo delle Vs con la profondità, si effettua l'inversione totale dello spettro per cui si genereranno dei sismogrammi sintetici, dai quali uno spettro di velocità sintetico e di conseguenza il calcolo dell'errore tra lo spettro misurato e quello sintetico.

Esempio di spettro sintetico.



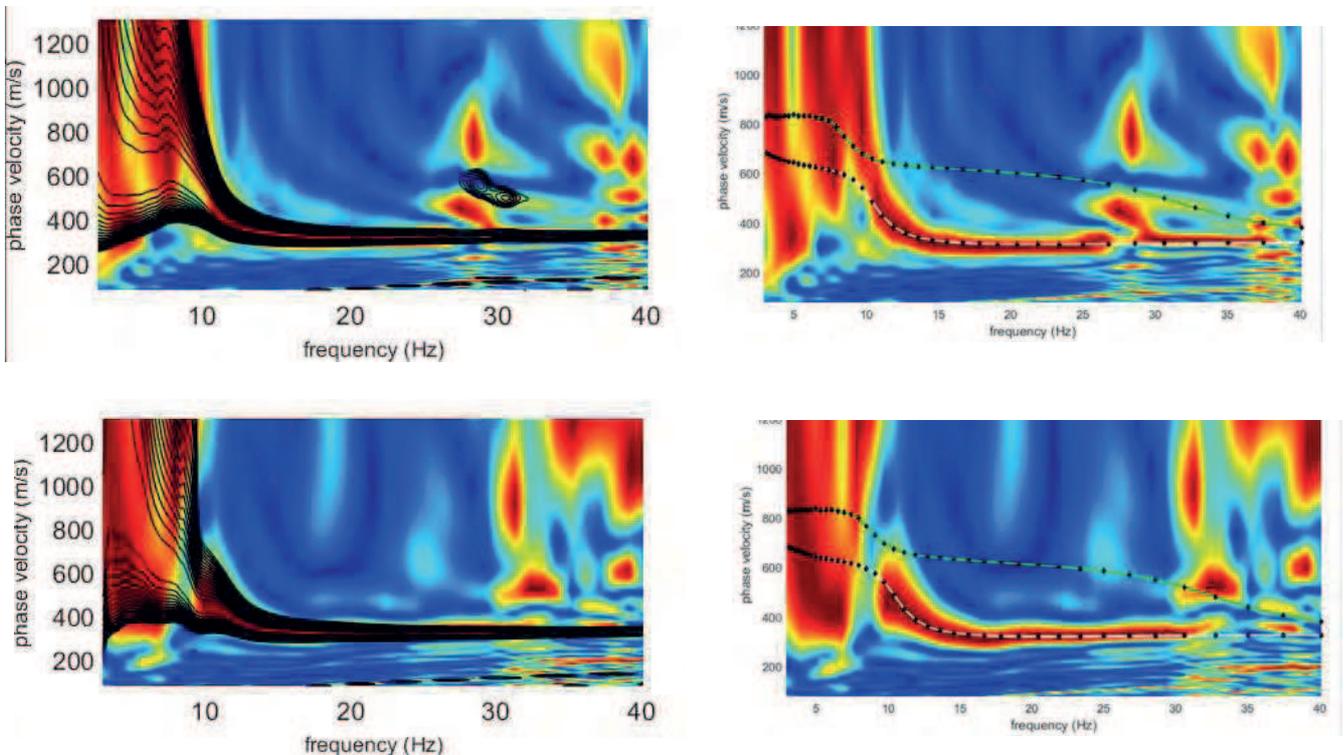
Lo spettro sintetico si traduce in una distribuzione dei modi non determinata manualmente in base alla sola osservazione della curva di dispersione, ma in base al dato reale misurato. Ovviamente quest' ultimo dovrà essere ripulito da disturbi ed essere un segnale che caratterizza veramente la dispersione delle onde di superficie, tralasciando porzioni dello spettro caratterizzate da fenomeni di altra natura.

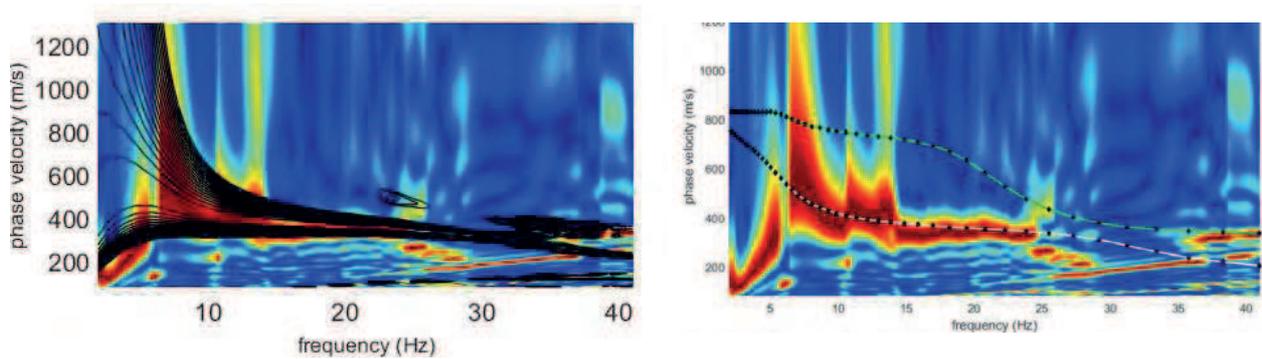
Esempio di distribuzione dei modi.



L'analisi delle onde di superficie possono essere fatte per varie componenti; Verticale, Orizzontale o Radiale, e i loro spettri possono essere invertiti congiuntamente per avere un modello più vincolato e più realistico.

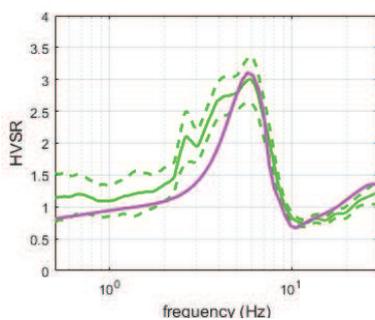
Esempio di analisi congiunta tra spettri relativi a componenti, verticale, radiale, orizzontale.



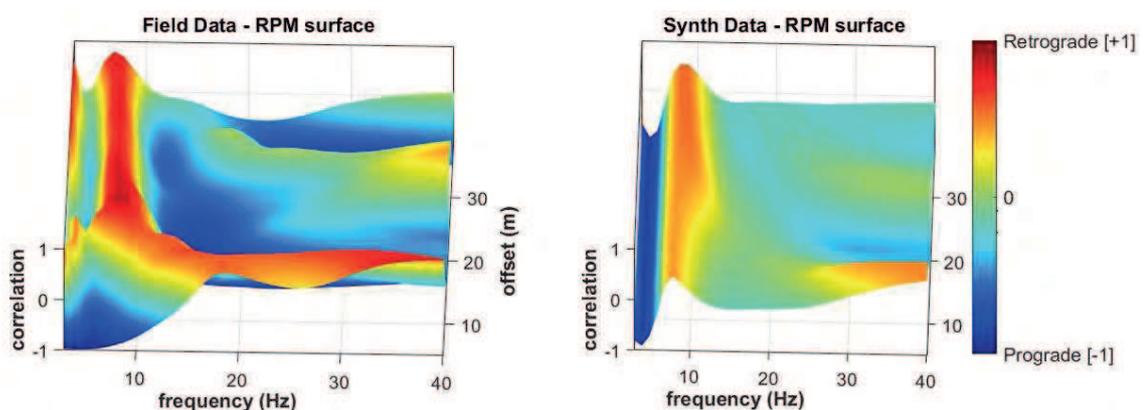


L'analisi congiunta può essere fatta anche con le curve hvsr scaturite da misure passive.

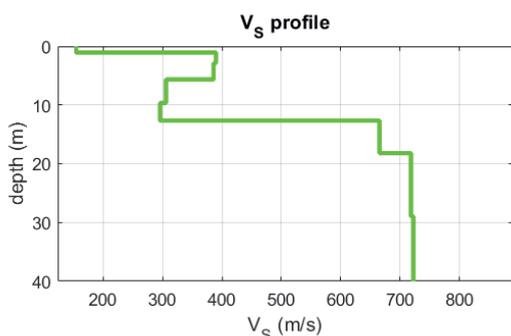
Esempio:



L'analisi congiunta della componente radiale e verticale delle onde di superficie, permette di vincolare maggiormente il modello delle velocità del suolo, utilizzando un altro oggetto chiamato superficie RPM, la quale utilizza il concetto di movimento progrado e retrogrado delle onde di superficie. Data una superficie rpm misurata, si arriva ad un modello sismo stratigrafico, la cui curva rpm sintetica calcolata assomiglia a quella misurata.



Il risultato finale di un'analisi che unisce le componenti verticali, radiali, orizzontali, insieme alla curva hvsr e la superficie rpm, sarà un profilo Vs del sottosuolo:



## SPECIFICHE TECNICHE CENTRALINA DI ACQUISIZIONE

### Centralina d'acquisizione PASI GEA 24

**Numero di canali:** 24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.

**Conversione Dati:** Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)

**Intervallo Campionamento:** Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.

**Lunghezza Acquisizione:** 27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue

**Guadagno Preamp.:** 0/52 dB, selezionabile via software

**Stacking:** Numero di stacking illimitato

**Impedenza di ingresso:** 2MΩ // 22nF

**Range Dinamico:** 144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)

**Distorsione:** 0.007% @16kHz

**Largh.Banda:** -3dB

**Largh.Banda:** +/- 0.1dB 6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps

**Filtri Passa Basso:**125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz

**Filtri "Notch":** 50-60Hz + armoniche

**Trigger:** Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software

**Visualizzazione Tracce:** Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile

**Noise-monitor:** Tutti i canali + trigger

**Canale AUX (ausiliario):** 1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)

**Interfaccia comunicazione:** 1x USB 2.0 per PC esterno

**Formato Dati:** SEG2, SAF

**Alimentazione:** 5VDC da USB, 0.25A

**Temp.operativa/stoccaggio:** -30°C to +80°C

**Umidità:** 80% umidità relativa, non condensante

**Dimensioni:** 24cm x19.5cm x11cm

**Peso:** 2 Kg

**PLANIMETRIA**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



## ELABORAZIONE DATI

### Caratteristiche array e battute

Nome battuta	Direzione	Componente	Geofoni	Spaziatura	Array	N°geofoni	Distanza offset	Battuta	Stack	Tracce inattive
ZVF1	Lato A	ZVF	V - 4.5 Hz	3.0 m	69 m	24	3.0 m	Verticale	3	0
THF2	Lato A	THF	H - 4.5 Hz	3.0 m	69 m	24	3.0 m	Orizzontale	3	0
ZVF3	Lato B	ZVF	V - 4.5 Hz	3.0 m	69 m	24	2.0 m	Verticale	3	0
ZVF4	Lato B	ZVF	V - 4.5 Hz	3.0 m	69 m	24	5.0 m	Verticale	3	0

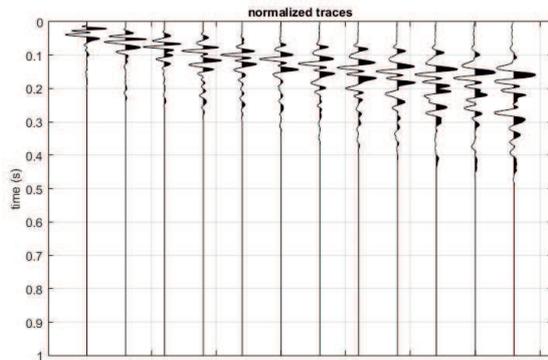
#### Sismogrammi ZVF - Rayleigh

Durata di registrazione: 2000 ms

Passo di campionamento: 0.125 $\mu$ s

Decimazione 12 tracce

Frequenza di campionamento 8000 Hz



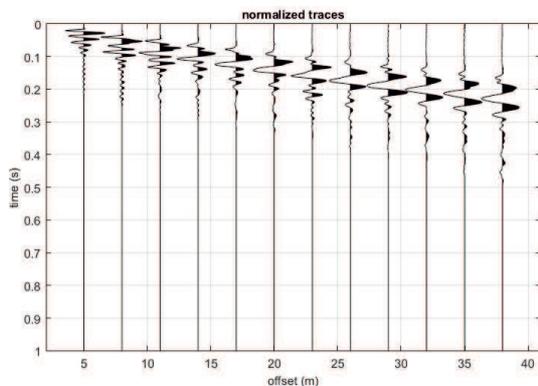
#### Sismogrammi THF - Love

Durata di registrazione: 2000 ms

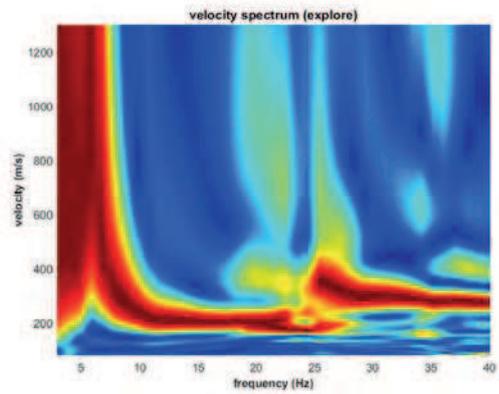
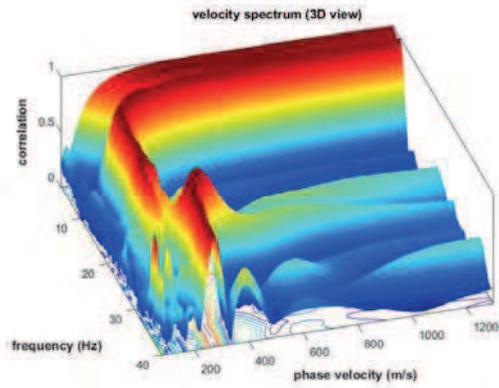
Passo di campionamento: 0.125 $\mu$ s

Decimazione 12 tracce

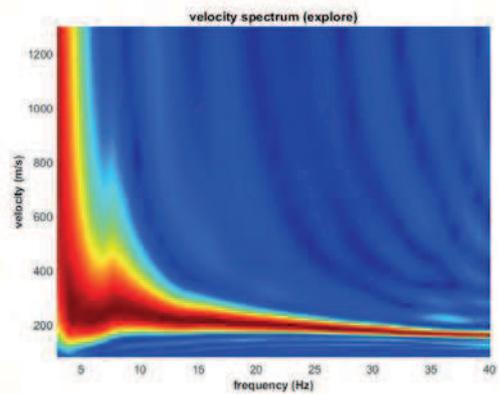
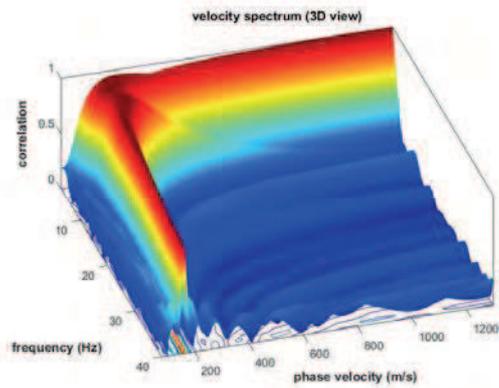
Frequenza di campionamento 8000 Hz



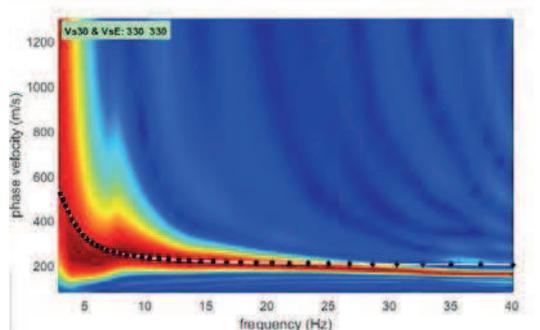
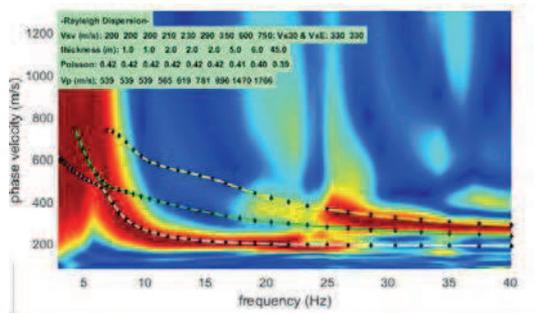
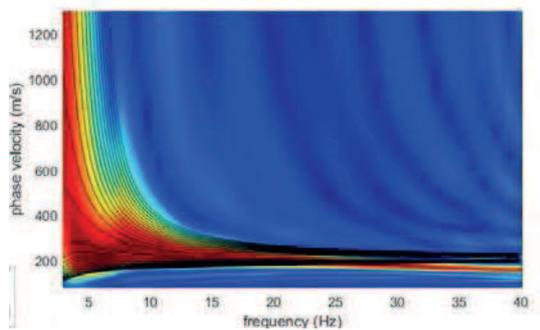
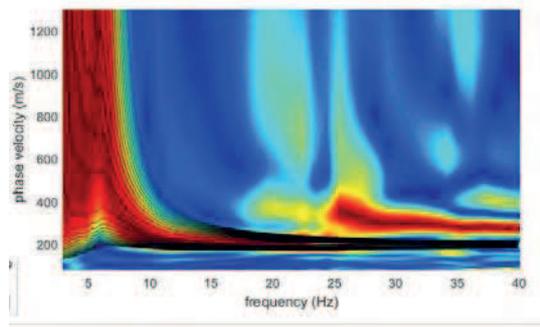
**Curva di dispersione sperimentale  
Rayleigh**

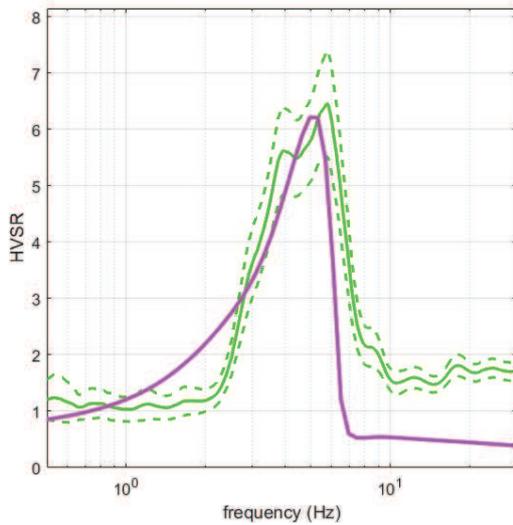


**Love**

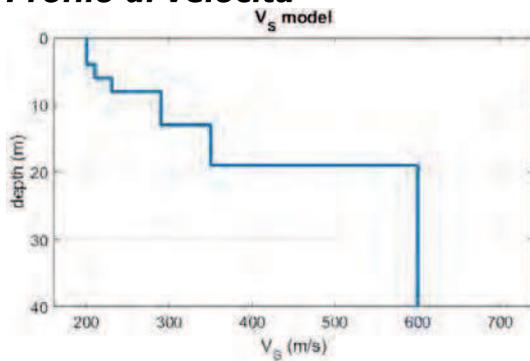


**Inversione congiunta componente Rayleigh-Love-HVSR**





**Profilo di velocità**



**Vs model (Vs30 & VsE: 330 330 m/s)**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	200	1	1
2	200	1	2
3	200	2	4
4	210	2	6
5	230	2	8
6	290	5	13
7	350	6	19
8	600	45	64
9	750	0	0

Monte San Giusto, Luglio 2022

Dott. Geol. Carlo Gualteri  
**Geo-Sondaggi s.a.s**  
 di C.M. & C.  
 Indagini Geognostiche e Prospezioni Sismiche  
 Sede: Via Campiglia, 25  
 62015 MONTE SAN GIUSTO (MC)

## ALLEGATO 3

### Elaborati misura HVSR

DATI DI PROGETTO	Committente: Gregori Olindo e Gregori Augusto
	Via Vecciola di Sarnano MC

**G1**



Instrument: TRZ-0133/01-11

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/07/2022 13:49:06 End recording: 07/07/2022 14:09:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

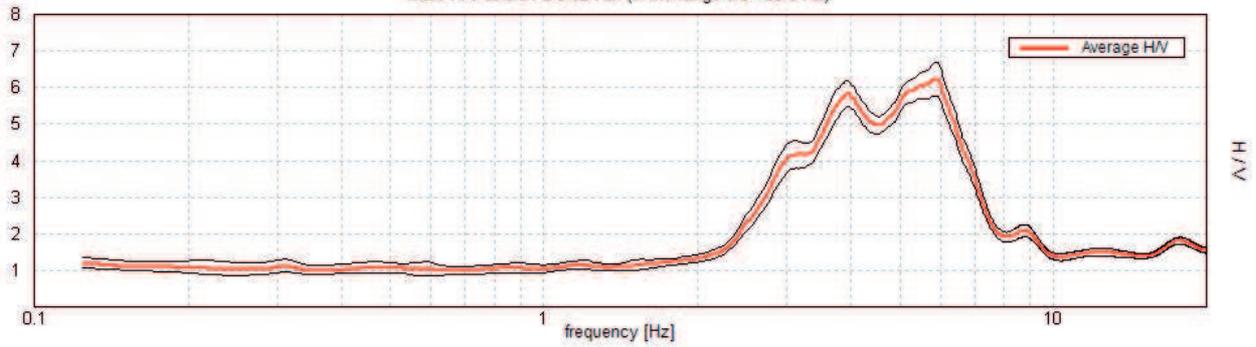
# Geo-Sondaggi Sas di MC & C

C.da Campiglia Bassa, 25 – 62015 Monte San Giusto (MC)

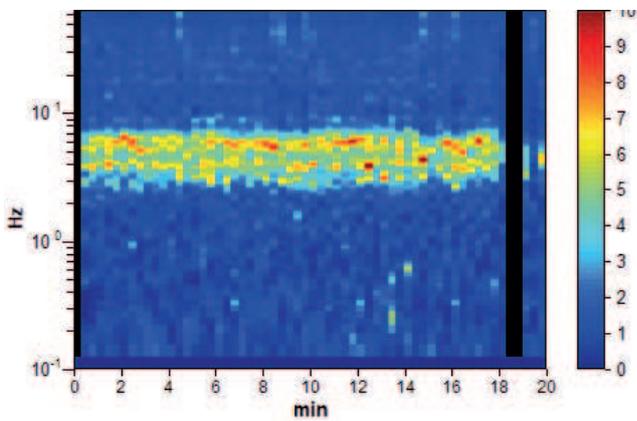
email: geosondaggi@yahoo.it – www.geo-sondaggi.com – cell.3293126576 – 3292955106 – Fisso 0733/53663 – Fax.0733/4431173

## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

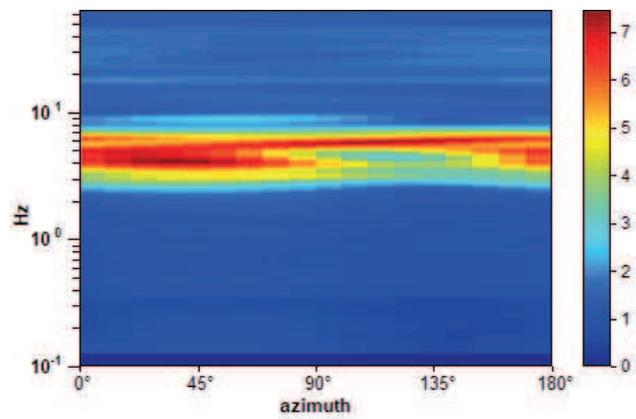
Max. H/V at  $5.91 \pm 0.62$  Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



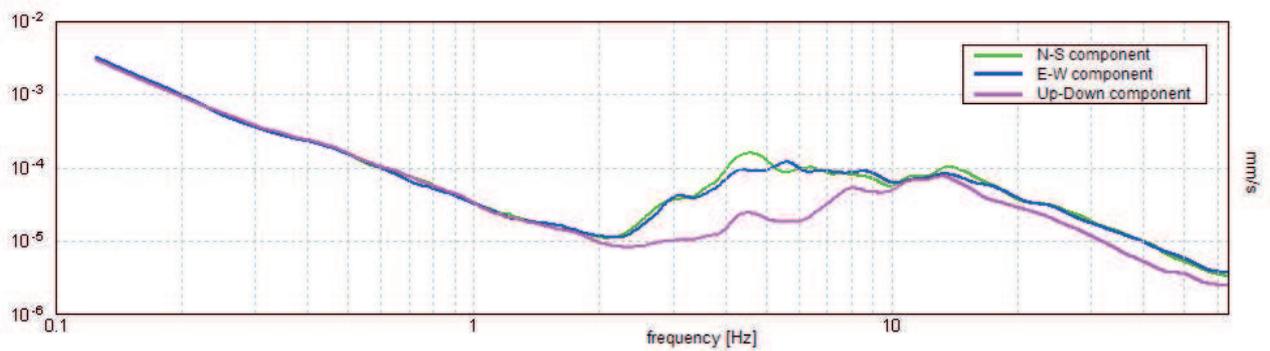
## H/V TIME HISTORY



## DIRECTIONAL H/V



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



## Geo-Sondaggi Sas di MC & C

C.da Campiglia Bassa, 25 – 62015 Monte San Giusto (MC)

email: geosondaggi@yahoo.it – www.geo-sondaggi.com - cell.3293126576 – 3292955106 – Fisso 0733/53663 - Fax.0733/4431173

[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 5.91 ± 0.62 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	5.91 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6733.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 284 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.719 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	6.23 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10519  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.6213 < 0.29531		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4612 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

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



## ALLEGATO 4

REGIONE MARCHE – L. 22 DEL 23/11/2011, A T. 10  
**COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**

DGR N. 53 DEL 27/01/2014

### ASSEVERAZIONE SULLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI (Verifica di Compatibilità Idraulica e/o Invarianza Idraulica)

Il sottoscritto

nato a [REDACTED] il [REDACTED] residente a [REDACTED] in [REDACTED] in qualità di:  
Libero professionista in possesso di laurea in Sc. Geologiche incaricato, nel rispetto delle vigenti disposizioni che disciplinano l'esercizio di attività professionale/amministrativa, dai sig.ri Gregori Olindo e Gregori Augusto

(selezionare le voci secondo i casi trattati: sola verifica di compatibilità idraulica, sola invarianza idraulica, entrambe)

di redigere la Verifica di Compatibilità Idraulica del seguente strumento di pianificazione del territorio, in grado di modificare il regime idraulico:

*VARIANTE AL PRG VIGENTE PER DELOCALIZZAZIONE EDIFICIO – L.R. 25/2017 -*

**di definire le misure compensative rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica, per la seguente trasformazione/intervento che può provocare una variazione di permeabilità superficiale:**

#### DICHIARA

di aver redatto la Verifica di Compatibilità Idraulica prevista dalla L.R. n. 22/2011 conformemente ai criteri e alle indicazioni tecniche stabilite dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

che la Verifica di Compatibilità Idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.

di aver ricercato, raccolto e consultato le mappe catastali, le segnalazioni/informazioni relativi a eventi di esondazione/allagamento avvenuti in passato e dati su criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi conosciuti e disponibili.

che l'area interessata dallo strumento di pianificazione

non ricade /  ricade parzialmente /  ricade integralmente, nelle aree mappate nel Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI - ovvero da analoghi strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Autorità di distretto).

di aver sviluppato i seguenti livelli/fasi della Verifica di Compatibilità Idraulica:

Preliminare;  
 Semplificata;  
 Completa.

di avere adeguatamente motivato, a seguito della Verifica Preliminare, l'esclusione dai successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica.



**X** di avere adeguatamente motivato l'utilizzo della sola Verifica Semplificata, senza necessità della Verifica Completa.

in caso di sviluppo delle analisi con la Verifica Completa, di aver individuato la pericolosità idraulica che contraddistingue l'area interessata dallo strumento di pianificazione secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale.

**X** che lo strumento di pianificazione/trasformazione/intervento ricade nella seguente classe (rif. Tab. 1, Titolo III, dei criteri stabiliti dalla Giunta Regionale) – barrare quella maggiore:

- trascurabile impermeabilizzazione potenziale;
- modesta impermeabilizzazione potenziale;
- significativa impermeabilizzazione potenziale;
- marcata impermeabilizzazione potenziale.

di aver definito le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica, conformemente ai criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

che la valutazione delle misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.

che le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica sono quelle migliori conseguibili in funzione delle condizioni esistenti, ma inferiori a quelli previsti per la classe di appartenenza (rif. Tab. 1, Titolo III), ricorrendo le condizioni di cui al Titolo IV, Paragrafo 4.1.

#### **ASSEVERA / ASSEVERANO**

**X** la compatibilità tra lo strumento di pianificazione e le pericolosità idrauliche presenti, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

che per ottenere tale compatibilità sono previsti interventi per la mitigazione della pericolosità e del rischio, dei quali è stata valutata e indicata l'efficacia.

la compatibilità tra la trasformazione/intervento previsto e il perseguimento dell'invarianza idraulica, attraverso l'individuazione di adeguate misure compensative, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

Sarnano, Agosto 2022

Il dichiarante

Geol. LUCARELLI Costantino