

# **RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA IDRAULICA**

**OGGETTO: PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA  
PRIVATA, IN LOCALITA' STERPETE NELL'AREA  
DENOMINATA "IL BORGO" - PARTE NON ATTUATA**

**COMMITTENTI : BONIFAZI 5 DI BONIFAZI  
ENNIO & C. S.a.s - ELIM S.r.l.**

**LOCALITA': STERPETE - LOTTIZZAZIONE "IL  
BORGO"**

**COMUNE: FOLIGNO**

**DATA: LUGLIO 2019**

A blue ink signature in cursive script, reading "Pietro Aristei Piazza". It is written over a circular emblem or logo that appears to contain a stylized tree or similar graphic element.

**STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA – DOTT. PIETRO ARISTEI PIAZZA  
DELLA CONCORDIA N°7 BORGO-TREVI TEL. 347/1806884**

# **RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E IDRAULICA CON ACQUISIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI, RELATIVA AL PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA, IN LOCALITA' STERPETE NELL'AREA DENOMINATA "IL BORGO", NEL COMUNE DI FOLIGNO – PARTE NON ATTUATA.**

## **PREMESSA**

Nella presente relazione vengono esposti i risultati delle indagini geologica, idrogeologica e idraulica con acquisizione dei parametri geotecnici e sismici, richieste dallo Studio Tecnico dell'Architetto **MAIULI GIANLUCA** ed operate sui terreni di proprieta' delle societa' **BONIFAZI 5** di Ennio Bonifazi e C. s.a.s. e **ELIM** srl. siti in localita' **Sterpete**, lottizzazione ""il Borgo" nel comune di Foligno.

L'intervento in posto ha avuto come scopo l'individuazione sia delle caratteristiche litologico-geologiche puntuali del sito e sia della eventuale presenza di fattori, naturali o meno, che potrebbero inficiare l'effettiva fattibilita' dell'intervento in progetto;

Il sopralluogo diretto sul terreno, ha permesso la determinazione delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche della zona di intervento, in funzione del D. M.22/03/ 2018, "Norme tecniche per le costruzioni", che condiziona e regola le operazioni di realizzazione di tutti i manufatti, la cui costruzione preveda interventi e/o interazioni sul e con il terreno, dell' OPCM 3274 del 20/03/2003 "Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per costruzioni in zona sismica e successive integrazioni e modifiche" e della Circolare del 2 Febbraio 2009, n.617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".

La presente si suddivide in due parti:

- 1) una riguardante i caratteri **geolitologici, morfologici, idrogeologici e idraulici** generali dell'area,
- 2) una inerente la caratterizzazione **geotecnica e sismica** dei terreni che verranno

direttamente interessati dalle opere di fondazione e dalla distribuzione dei carichi.

Alla presente sono allegati:

	<b>stralcio carta topografica IGM in scala 1:25000 con indicata l'area di intervento</b>
<input type="checkbox"/>	<b>mappa catastale in scala 1:2000 con indicate le particelle interessate dall'intervento in progetto</b>
<input type="checkbox"/>	<b>carta geologica con indicati i depositi affioranti</b>
<input type="checkbox"/>	<b>stratigrafia corrispondente</b>
<input type="checkbox"/>	<b>ubicazione dei sondaggi, delle prove penetrometriche dinamiche e della prova MASW e HVSR effettuate</b>
	<b>tabelle e diagrammi corrispondenti, con indicati il numero di colpi, in funzione della profondita'</b>
<input type="checkbox"/>	<b>parametri meccanici ricavati dalle prove effettuate e relativo confronto fra i vari metodi di correlazione esistenti in letteratura.</b>

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

### **UBICAZIONE DEL SITO DI LAVORO**

L'area in esame e' posta, come detto in localita' **Sterpete** nel comune Foligno, in corrispondenza della lottizzazione "Il Borgo", parte non attuata, ad una quota topografica di circa **220** metri sul livello del mare.

Piu' precisamente questa zona si colloca a circa 2.0 chilometri a Sud-Ovest del centro abitato di Foligno.

La suddetta area, risulta essere interamente contenuta in cartografia nella tavoletta in scala 1:25000 dell'I.G.M. "**FOLIGNO**" I.N.O. appartenente al foglio n°131.

## **DESCRIZIONE GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA**

L'area esaminata e' sita in corrispondenza della valle Umbra, delimitata a Est dalla catena data dai monti Brunette e Serano e ad Ovest dalla catena dei monti Martani; la quota del sito prescelto per l'esecuzione dell'opera in progetto e' di circa 220 metri sul livello del mare.

Dal punto di vista tettonico, l'appennino Umbro Marchigiano e' costituito da un sistema di pieghe e sovrascorimenti a vergenza orientale delimitato sul bordo Ovest dall'area di affioramento della Marnoso Arenacea e su quello Est dal fronte dei monti Sibillini e dal suo prolungamento verso Nord.

Questo sistema si e' originato in una fase tettonica compressiva ed e' costituito da un'alternanza di anticinali e sinclinali, spesso evolute come sovrascorimenti; le pieghe sono fortemente asimmetriche, in genere con vergenza orientale, con assi disposti ad arco e con convessita' orientale.

Le anticinali presentano geometrie con zona di cerniera ampia e piatta e con fianchi ripidi, spesso verticali e rovesciati, con la presenza di faglie inverse ad alto angolo; per quanto riguarda le sinclinali, queste sono generalmente strette.

Le pieghe e le associate faglie inverse ad alto angolo, sono dislocate da sovrascorimenti, da faglie e da zone di taglio trascorrenti, Nord-Sud destre e ed Est-Ovest sinistre.

Successivamente, su questo sistema di pieghe e sovrascorimenti, in una fase tettonica distensiva, si e' impostato un sistema di faglie dirette (che in parte hanno riattivato le già esistenti faglie inverse) che delimita Graben e Semigraben riempiti da sedimenti progressivamente piu' recenti verso Est.

Le strutture distensive sono distribuite lungo allineamenti che si sviluppano per decine di chilometri con direzione Nord Ovest-Sud Est e Nord Nordovest-Sud Sudest.

Tra le strutture distensive a noi piu' vicine troviamo la valle Folignate-Spoletina e l'altipiano di Colfiorito.

Per cio' che riguarda le caratteristiche geologiche della zona in esame, bisogna dire che

questa puo' essere identificata come una porzione della grande sinclinale, separante le dorsali anticinaliche dei Monti Martani (ad Ovest), del monte Subasio (a Nord) e dei monti di Foligno (ad Est), successivamente livellata topograficamente dai depositi alluvionali depositi dai numerosi corsi d'acqua li' convergenti.

Trattasi infatti di argille, sabbie e ghiaie ad elementi delle formazioni mesozoiche e terziarie locali, di origine fluvio-lacustre, che hanno colmato l'antica depressione folignate-spoletina, che e' quanto rimane dell'antico "lago Tiberino".

Tale depressione si e' originata tettonicamente nel Pliocene medio-superiore e successivamente e' stata colmata da depositi lacustri, fluvio palustri e alluvioni piu' recenti. La fase ultima del colmamento dell'antico bacino e' data da un un'ambiente palustre, successivamente prosciugato in seguito a bonifiche effettuate in tempi storici tramite l'escavazione di numerosi canali che hanno drenato le acque presenti, facendole defluire verso Nord-Ovest.

Attualmente la morfologia della zona e' a lieve pendenza verso Nord-Est come indicato dal verso di scorrimento dei corsi d'acqua li' presenti;

una vistosa rottura di pendenza si ha verso Est al passaggio con la catena M.Pale-M.Serano, mentre verso Ovest tale piana e' bordata dal cordone collinare di Castel Ritaldi-Montefalco che si raccorda dolcemente con essa.

Pertanto tale area e' litologicamente caratterizzata da depositi fluvio-lacustri, a granulometria da media a fine, e relativamente alla porzione più superficiale, poco addensati e quindi facilmente compressibili.

Per la sua morfologia sub-pianeggiante e per le buone caratteristiche meccaniche dei depositi presenti, l'area esaminata risulta esente da movimenti franosi, in atto o quiescenti, che potrebbero inficiare la fattibilita' del progetto in questione.

**Inoltre l'intervento in progetto non altera il generale stato di equilibrio attualmente esistente nell'area, né aumenta il potenziale di rischio nei confronti dei movimenti franosi .**

## IDROGEOLOGIA

La circolazione delle acque, sia superficiali che sotterranee, e' condizionata come sempre non solo dal grado di permeabilita' dei terreni attraversati ma anche dalla continuita' spaziale, dalla forma, dalla simmetria dell'acquifero e dalla possibilita' che formazioni geologiche a permeabilita' diversa, possano essere giustapposte a causa di azioni tettoniche successive alla fase di deposizione.

Nel caso della pianura Folignate-Spoletina e delle valli alluvionali in genere, si puo' affermare che la circolazione delle acque e' pilotata dalla presenza di depositi, talvolta lenticolari, a granulometria grossolana, sostenuti da livelli limoso-argillosi a bassa permeabilita'.

Per la determinazione di massima della circolazione idrica del sito, sono stati vagliati dati geologico-stratigrafici ottenuti raccogliendo notizie riguardanti precedenti perforazioni ed inoltre, per l'esatta individuazione del livello idrico e' stato eseguito un censimento di questo nei pozzi esistenti nella zona circostante il sito di lavoro.

Dall'analisi di dati reperiti e considerando le caratteristiche litologiche dei depositi presenti in loco, sembra possibile ipotizzare l'esistenza di un acquifero a falde sovrapposte, a volte intercomunicanti, di cui la piu' superficiale e a carattere permanente, presente per gran parte dell'anno, si trova a circa **16.4 metri** dal piano di campagna

(livello misurato nel mese di Gennaio 2019, in corrispondenza di un sondaggio ubicato in prossimita' dell'area di intervento) e caratterizzata da una modesta potenzialita', in quanto si osservano non trascurabili variazioni di livello in dipendenza delle piogge e degli emungimenti.

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale bisogna dire che l'area interessata dagli interventi di urbanizzazione in progetto, e' caratterizzata da una medio-bassa densita' di drenaggio a testimoniare la buona permeabilita' dei depositi affioranti.

Il vettore principale di questo drenaggio e' dato dal fiume Topino.

**L'intervento in progetto non interferisce in alcun punto con il reticolo idrografico**

naturale attualmente esistente nè crea ostacolo al libero deflusso delle stesse modificando il loro verso di scorrimento.

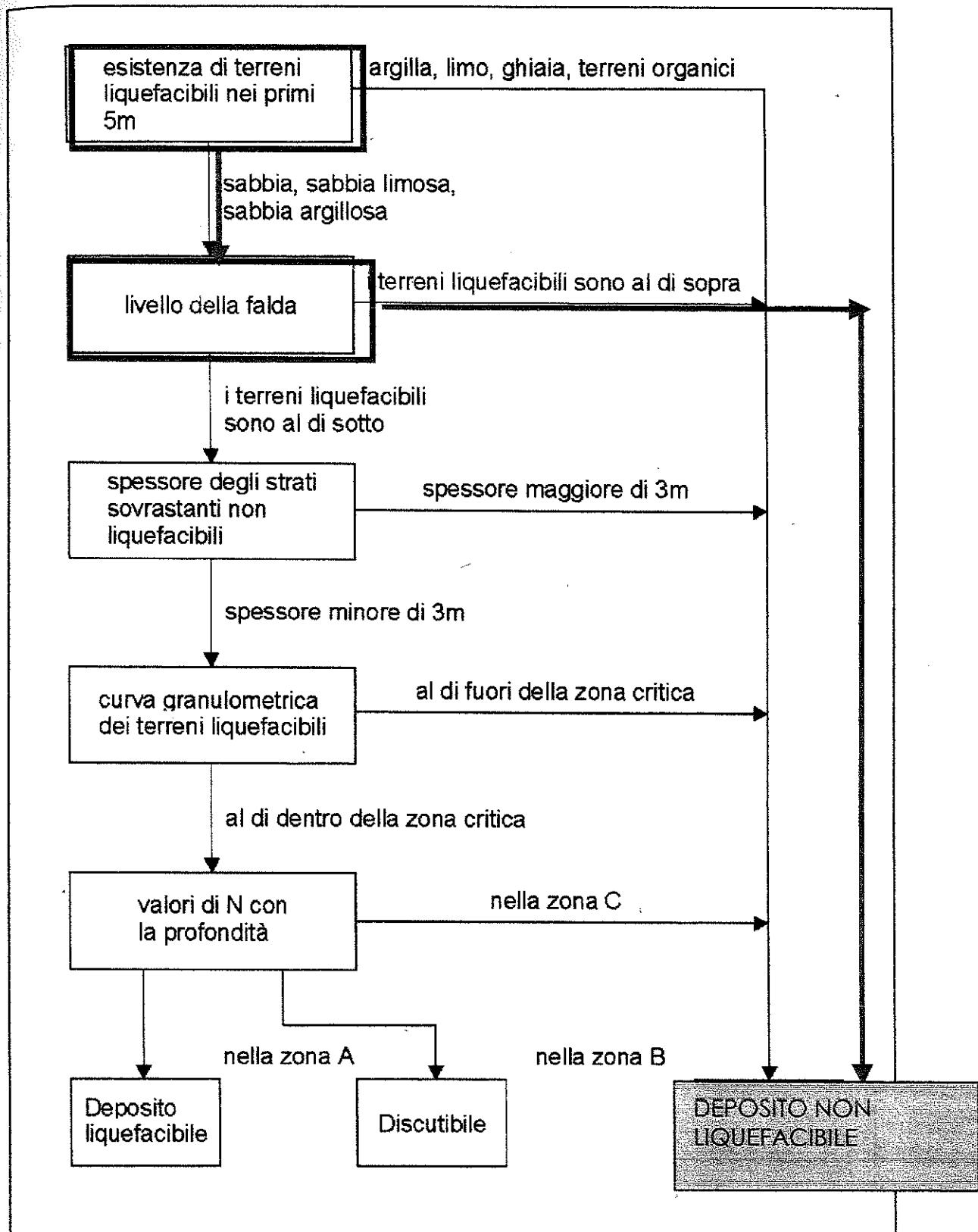
#### **DISSESTI IN ATTO O POTENZIALI - STABILITÀ'**

Per le buone caratteristiche meccaniche dei depositi presenti (prevalenza di materiali sabbiosi e ghiaiosi) e per la modesta pendenza dei versanti l'area esaminata si presenta stabile, esente da movimenti franosi, in atto o quiescenti, che potrebbero inficiare la fattibilità del progetto in questione.

Per la distanza e l'elevazione in quota dell'area di intervento rispetto all'alveo dei corsi d'acqua che attraversano la valle Folignate-Spoletina, l'area studiata risulta esente da fenomeni di esondazione e stagnamento anche temporaneo delle acque.

Per la mancanza nei primi 15 metri di terreno, di una falda che saturi i depositi presenti e per l'elevata permeabilità di tali depositi, l'area esaminata risulta immune nei confronti del fenomeno della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.

Le valutazioni precedentemente esposte sono confermate dal risultato ottenuto utilizzando la procedura semplificata di **SHERIF & ISHIBASHI** il cui grafico viene di seguito riportato :



PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE METODO DI **SIFRIP & ISHIRASHI**

## STRATIGRAFIA

Allo scopo di determinare la stratigrafia locale, sono stati eseguiti nell'area in esame, ed ubicati come in allegato, tre sondaggi geognostici mediante escavatore meccanico spinti fino alla profondità massima di circa 5,2 metri dall'attuale piano campagna, e tre sondaggi geognostici mediante penetrometro dinamico leggero di tipo **Sunda DL30** spinti fino alla profondità massima di circa 5,5 ( prova P2) metri dal piano campagna.

Da tali indagini si è rilevato che si è in presenza di tre distinti livelli aventi caratteristiche notevolmente diverse :

- un primo livello, riferibile al **Suolo Agrario e materiali di riporto** aventi una moderata variabilità sia areale che verticale
- un livello riferibile a **limi sabbiosi con lenti sabbioso ghiaiose** rinvenibile sino ad una profondità massima di – 4,7 mt dal p.c.
- al disotto e fino alla profondità di 5,5 metri è presente un deposito dato da alternanze di **sabbie e ghiae in matrice sabbiosa**, con buone caratteristiche meccaniche.

Dai dati provenienti dalla esecuzione di una prova sismica di tipo HVSR, posta a pochi metri dall'area di intervento, è possibile affermare che il deposito dato da alternanze di **sabbie e ghiae in matrice sabbioso-limosa** è presente fino alla profondità di oltre 30 metri.

I risultati di tali indagini sono stati elaborati graficamente nella colonna litostratigrafica riportata in allegato.

## SONDAGGIO S 1

Tale sondaggio eseguito mediante escavatore meccanico, ed ubicato come in allegato nell'area in esame, presenta la seguente successione stratigrafica così schematizzata:

<b>ORIZZONTI STRATIGRAFICI RICONOSCIUTI NELLA TRINCEA ESPLORATIVA S1</b>			
<b>ORIZZONTI</b>	<b>SPESSEZZO</b>		<b>LITOLOGIA</b>
	<i>da</i>	<i>a</i>	
"A"	<i>0,0 m</i>	<i>0,8 m</i>	<i>SUOLO AGRARIO E MATERIALI DI RIPORTO</i>
"B"	<i>0,80 m</i>	<i>4,7 m</i>	<i>LIMI SABBIOSI CON ELEMENTI GHIAIOSI</i>
"C"	<i>4,7 m</i>	<i>5,2 m</i>	<i>SABBIE E GHIAIE IN MATRICE SABBIOSA</i>

### **SONDAGGIO S 2**

Tale sondaggio eseguito mediante escavatore meccanico, ed ubicato come in allegato nell'area in esame, presenta la seguente successione stratigrafica così schematizzata:

<b>ORIZZONTI STRATIGRAFICI RICONOSCIUTI NELL'AREA IN ESAME S2</b>			
<b>ORIZZONTI</b>	<b>SPESSEZZO</b>		<b>LITOLOGIA</b>
	<i>da</i>	<i>a</i>	
"A"	<i>0,0 m</i>	<i>0,9 m</i>	<i>SUOLO AGRARIO E MATERIALI DI RIPORTO</i>
"B"	<i>0,9 m</i>	<i>4,0 m</i>	<i>LIMI SABBIOSI CON ELEMENTI GHIAIOSI</i>
"C"	<i>4,0 m</i>	<i>5,1 m</i>	<i>SABBIE E GHIAIE IN MATRICE SABBIOSA</i>

### **SONDAGGIO S3**

Tale sondaggio eseguito mediante escavatore meccanico, ed ubicato come in allegato nell'area in esame, presenta la seguente successione stratigrafica così schematizzata:

ORIZZONTI STRATIGRAFICI RICONOSCIUTI NELLA TRINCEA ESPLORATIVA S3			
ORIZZONTI	SPESSORE		LITOLOGIA
	da	a	
"A"	0,0 m	0,90 m	SUOLO AGRARIO E MATERIALI DI RIPORTO
"B"	0,90 m	4,2 m	LIMI SABBIOSI CON ELEMENTI GHIAIOSI
"C"	4,2 m	5,2 m	SABBIE E GHIAIE IN MATRICE SABBIOSA

### ANALISI GRANULOMETRICA

Allo scopo di classificare in maniera opportuna i terreni superficiali, sono stati prelevati dei campioni rappresentativi di questi depositi:

- presso il sondaggio **S1** alla profondità di – **4.3** metri
- presso il sondaggio **S2** alla profondità di – **4.5** metri
- presso il sondaggio **S3** alla profondità di - **4.4** metri

e su di essi è stata effettuata un'analisi granulometrica mediante vagliatura, che ci ha permesso di conoscere l'assortimento dimensionale delle varie particelle e di classificare così tale terreno.

I risultati ottenuti sono stati elaborati graficamente in una curva granulometrica riportata in allegato.

L'inclinazione della curva permette di capire il grado di uniformità di tutte le particelle costituenti l'aggregato, più essa si avvicina alla verticale più le particelle sono omogenee tra di loro e il terreno si dice ben *classato*, viceversa più essa si addolcisce e tende all'orizzontale e più si avrà un terreno ben *gradato*, costituito cioè da un ampio spettro di frazioni granulometriche.

La curva granulometrica dà anche un'idea dell'ambiente di sedimentazione, se la curva è spostata verso le ghiaie, come nel nostro caso, è indice di trasporto veloce, e viceversa, in accordo con le considerazioni geomorfologiche precedentemente fatte.

## **PROVA GRANULOMETRICA G1**

Tale prova è stata effettuata su un campione prelevato alla profondità di – 4,3 metri dal piano di campagna, in corrispondenza del sondaggio S1 (eseguito nell'area in esame) i risultati ottenuti sono i seguenti:

- CIOTTOLI	0 %	Sulla base
- GHIAIE	68%	della
- SABBIE	24%	Normativa
- LIMI	8%	A.G.I. tale
- ARGILLE	0%	campione

può essere classificato come una *Ghiaia sabbiosa*.

Il diagramma della prova granulometrica e' riportato in apposito allegato finale.

## **PROVA GRANULOMETRICA G2**

Tale prova è stata effettuata su un campione prelevato alla profondità di – 4,5 metri dal piano di campagna, in corrispondenza del sondaggio S2 (eseguito nell'area in esame) i risultati ottenuti sono i seguenti:

- CIOTTOLI	0 %	Sulla base
- GHIAIE	78%	della
- SABBIE	20%	Normativa
- LIMI	2%	A.G.I. tale
- ARGILLE	0%	campione

può essere classificato come una *Ghiaia sabbiosa*.

Il diagramma della prova granulometrica e' riportato in apposito allegato finale.

## PROVA GRANULOMETRICA G3

Tale prova è stata effettuata su un campione prelevato alla profondità di – 4,4 metri dal piano di campagna, in corrispondenza del sondaggio S3 (eseguito nell'area in esame) i risultati ottenuti sono i seguenti:

- CIOTTOLI	0 %	Sulla base della Normativa A.G.I. tale campione
- GHIAIE	80%	
- SABBIE	4%	
- LIMI	16%	
- ARGILLE	0%	

può essere classificato come una *Ghiaia limosa*.

Il diagramma della prova granulometrica e' riportato in apposito allegato finale.

## RELAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE - RISULTATI E COMMENTI

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista meccanico i terreni che andranno ad essere interessati dall'intervento in progetto, sono state eseguite nell'area di intervento tre prove penetrometriche dinamiche continue (ubicate come in allegato) con penetrometro dinamico di tipo **SUNDA DL30** che ci hanno permesso, tramite la determinazione della resistenza dinamica di punta offerta dai terreni attraversati, di stimare le caratteristiche meccaniche dei depositi ed il loro stato di addensamento.

Lo strumento usato ha le seguenti caratteristiche tecniche:

• M	Massa del maglio	30 Kg
-----	------------------	-------

• <b>H</b>	<b>Altezza di caduta</b>	<b>20 cm</b>
• <b>PA</b>	<b>Peso singola asta</b>	<b>2.93 Kg/m</b>
• <b>PI</b>	<b>Peso sistema infissione</b>	<b>13 Kg</b>
• <b>GA</b>	<b>Profondita' giunzione prima asta</b>	<b>0.90 m</b>
• <b>A</b>	<b>Superficie punta conica</b>	<b>10 cmq con angolo al vertice di 60°</b>
• <b>PI</b>	<b>Profondita' di infissione a lettura colpi</b>	<b>10 cm</b>
• <b>N</b>	<b>Numero delle cadute di maglio necessarie a produrre un avanzamento della punta di 10 cm</b>	

Di seguito viene fatta una breve descrizione dei dati forniti dalle prove; gli stessi sono riportati in apposito allegato sotto forma di diagrammi numero colpi/profondita' di infissione.

Inoltre, da correlazioni di una delle prove da noi effettuate con la prova S.P.T., sono stati ricavati i parametri meccanici dei terreni attraversati, ed e' stato effettuato un confronto secondo alcuni criteri di correlazione.

### CARATTERISTICHE MECCANICHE

I valori del numero di colpi per infissione decimetrica ricavati mediante l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue, hanno consentito di calcolare la **resistenza dinamica di punta**, dei terreni attraversati, tramite la seguente relazione:

$$Rd = M^2 Hn / Ae (M+m)$$

in cui:

• <b>M</b>	<b>peso del maglio</b>
• <b>m</b>	<b>peso del sistema di infissione</b>
• <b>n</b>	<b>numero di colpi</b>

• H	altezza di caduta
• A	superficie della punta
• e	Rifiuto

I valori ottenuti dalle prove, sono stati inoltre riportati in tabelle **Numero di Colpi/Profondita' di Infissione Decimetrica** allo scopo di evidenziare le variazioni delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati.

Ne consegue che un numero di colpi basso e' indicativo di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche e con bassa densita' relativa, e viceversa.

### **CORRELAZIONE DM30. – S.P.T.**

Poiché le relazioni esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove S.P.T., occorre applicare una correlazione ai risultati delle prove DM30 da noi realizzate, per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

Tale correlazione, partendo dallo stesso tipo di penetrometro utilizzato, può essere effettuata sulla base delle diverse tipologie granulometriche incontrate:

sì e' dimostrato nelle correlazioni **S.P.T. – DM30** che generalmente il rapporto tra il numero dei colpi misurato con i due strumenti ( $N_{SPT}/N_{DM30}$ ) tende a 1 per granulometrie più grossolane, mentre tende a crescere per granulometrie più fini.

Per il caso in esame dove si possono applicare le seguenti correlazioni:

$$\text{Ghiaie e sabbie } N_{SPT} = 1 \times N_{DM30}$$

### **PROVA P1**

Tale prova presenta un andamento abbastanza regolare, con numero di colpi generalmente inferiore a 10 fino alla profondità di 4,7 metri, ad indicare la presenza di un deposito dato da limi-sabbiosi con elementi ghiaiosi, riferibili almeno per la prima parte al suolo agrario;

locali incrementi del numero di colpi su valori maggiori di 10 stanno ad indicare la presenza di lenti a prevalenza sabbioso ghiaiosa.

Al disotto di tale profondità il numero di colpi si è portato su valori costantemente superiori a 10 fino alla profondità di 5,4 metri e cioè per tutta la durata della prova, ad indicare la presenza di sabbie e ghiaie in matrice sabbioso-limosa con buone caratteristiche meccaniche;

La prova si è arrestata alla profondità di 5,4 metri, per l'impossibilità di avanzamento della punta.

E' probabilmente imputabile alla presenza di un livello ghiaioso-sabbioso più consistente, l'arresto della punta e quindi il termine della prova.

Per tutta la lunghezza del sondaggio non è stata riscontrato alcun indizio di circolazione idrica.

### **PROVA P2**

Tale prova presenta un andamento simile a quello registrato nella prova precedente, con un numero di colpi quasi costantemente inferiore di 10, fino alla profondità di 4,7 metri, a testimoniare la presenza di depositi limoso-sabbiosi riferibili in parte al suolo agrario, che localmente si presentano con mediocri caratteristiche meccaniche;

locali incrementi del numero di colpi su valori maggiori di 10 stanno ad indicare la presenza di lenti a prevalenza sabbioso ghiaiosa.

Al disotto e fino alla profondità di 5,5 metri, il numero di colpi ha subito un graduale

incremento fino a portarsi su valori superiori a 10, ad indicare la presenza di presenza di depositi dati ***da sabbie e ghiaie in matrice sabbioso-limosa meccanicamente buoni***. Tale prova si e' arrestata alla profondita' di 5,5 metri per l'impossibilita' di avanzamento della punta, confermando quindi a tale profondita', la presenza di un deposito ghiaioso grossolano impenetrabile da parte del penetrometro.

#### PROVA P3

Tale prova presenta un andamento abbastanza simile a quello registrato nelle prove precedenti, con un numero di colpi quasi costantemente inferiore di 10, fino alla profondita' di 4,0 metri, a testimoniare la presenza di depositi limoso-sabbiosi riferibili in parte al suolo agrario, che localmente si presentano con mediocri caratteristiche meccaniche;

locali incrementi del numero di colpi su valori maggiori di 10 stanno ad indicare la presenza di lenti a prevalenza sabbioso ghiaiosa.

Al disotto e fino alla profondità di 5,3 metri, il numero di colpi ha subito un graduale incremento fino a portarsi su valori superiori a 10, ad indicare la presenza di presenza di depositi dati ***da sabbie e ghiaie in matrice sabbioso-limosa meccanicamente buoni***. Tale prova si e' arrestata alla profondita' di 5,3 metri per l'impossibilita' di avanzamento della punta, confermando quindi a tale profondita', la presenza di un deposito ghiaioso grossolano impenetrabile da parte del penetrometro.

#### INTERPRETAZIONE DELLE PROVE

Dall'interpretazione delle prove realizzate nell'area in esame (sondaggi geognostici e prove penetrometriche dinamiche), emerge un quadro di insieme abbastanza completo ed in particolare:

una sostanziale **uniformita'** dello spessore, dei depositi presenti, nella zona in esame

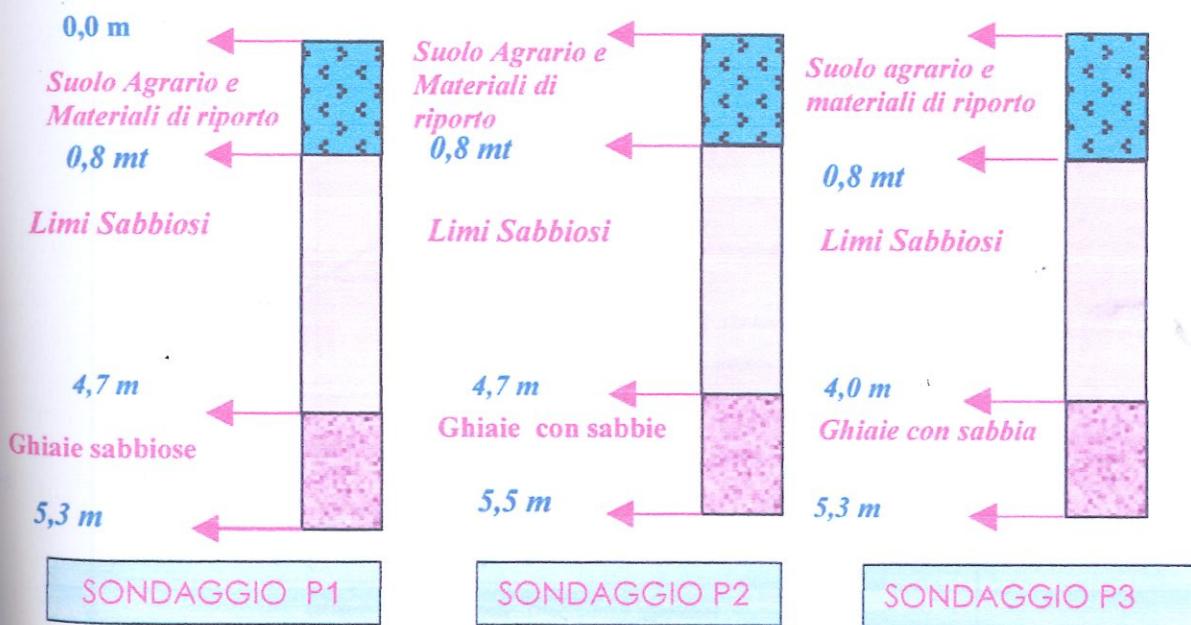
(comunque da verificare nella fase esecutiva del progetto);

i materiali presenti possono essere sostanzialmente divisi in **tre distinti livelli**, aventi spessori diversi :

- Un primo livello costituito da materiali riconducibili a *Suolo Agrario e materiali di riporto*, aventi spessore di circa 0,8 metri;
- Un livello riferibile a *Limi Sabbiosi con elementi ghiaiosi* che si rinviene sino alla profondità massima di circa 4,7 metri dal p.c.

Inferiormente a tali materiali sono state rinvenute alternanze di *sabbie e ghiae in matrice sabbiosa*, presenti, sia pure a profondità variabili, su tutta l'area in esame.

#### SCHEMA STRATIGRAFICO LOCALE



Colonne stratigrafiche non in scala

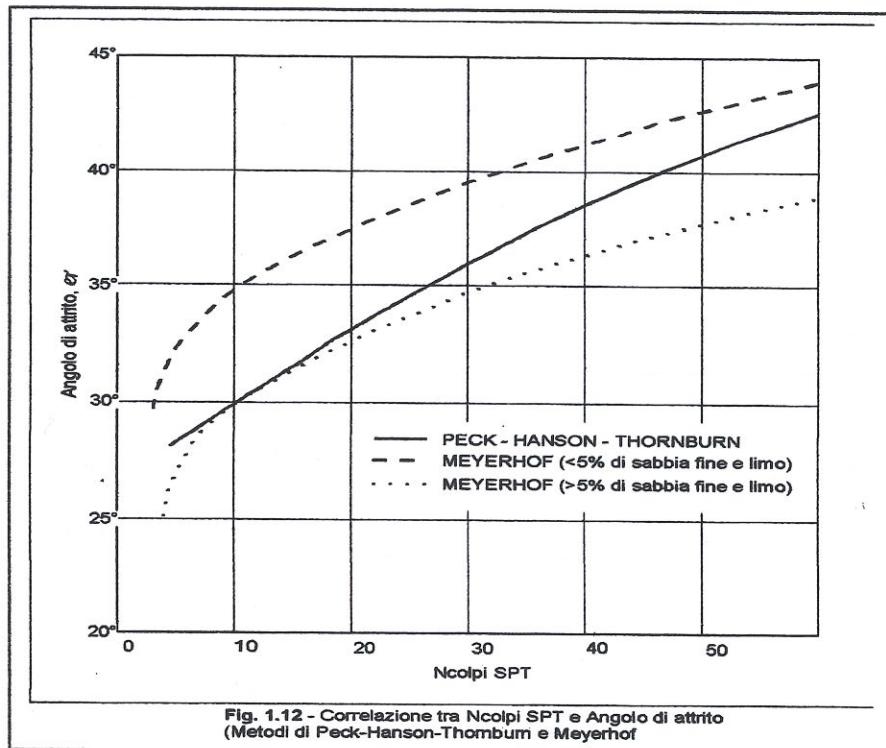
#### PARAMETRI GEOTECNICI

I depositi di colmamento recente incontrati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche e dei sondaggi geognostici effettuati, hanno mostrato una

distribuzione sostanzialmente omogenea dei materiali presenti nell'area in esame (da verificare comunque puntualmente nella fase esecutiva del progetto), le *sabbie e le ghiaie in matrice sabbiosa* sono infatti presenti a profondità leggermente variabile sull'area indagata;

si forniscono di seguito i parametri geotecnici dei materiali presenti nell'area esaminata. Tali valori sono stati ricavati da correlazioni tra le prove penetrometriche da noi effettuate e la prova S.P.T. ed in particolare utilizzando le correlazioni proposte da *Peck-Hanson&Thornburn*, valide per le sabbie in genere e per profondità di prova inferiori a 5 metri per terreni sopra falda.

Di seguito viene riportato il grafico corrispondente:



Utilizzando tali correlazioni sono stati ricavati i seguenti parametri meccanici relativi al deposito dato dai *Limi sabbiosi* presenti sino alla profondità massima di – 4,7 metri dal pc e comunque compresi entro un campo di variabilità:

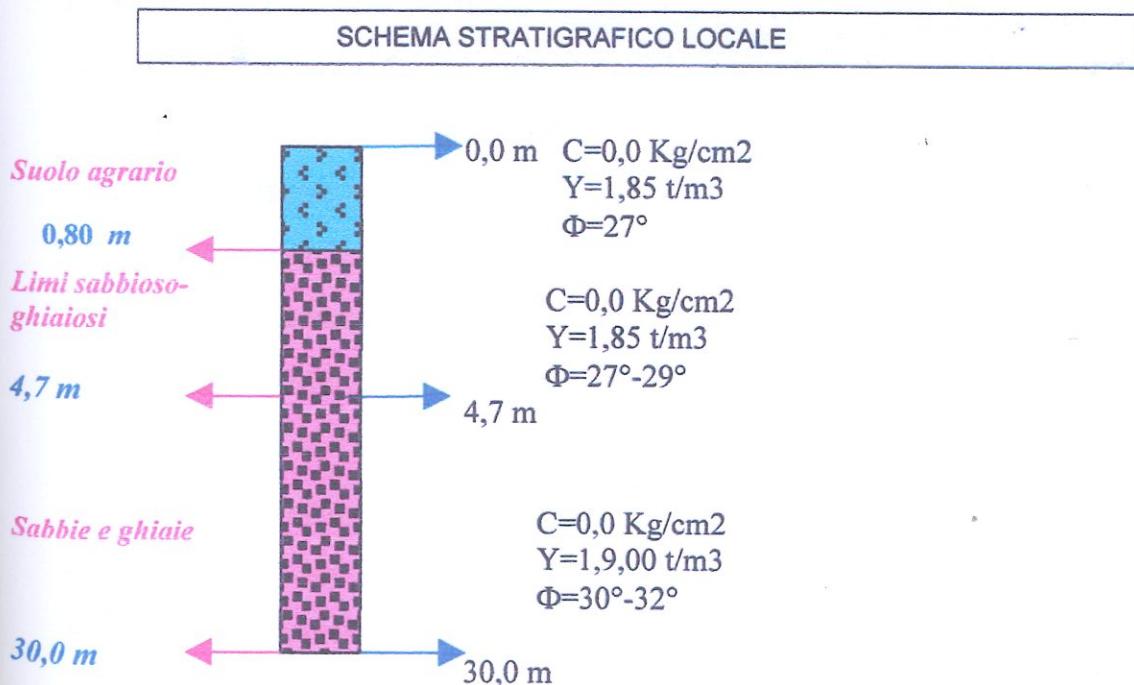
COESIONE C	0 Kg /cm2
ANGOLO DI ATTRITO $\phi$	27°-29°
PESO DI VOLUME $\gamma$	1,85 t / m3

Per il deposito dato dalle alternanze di *sabbie e ghiaie in matrice sabbiosa*, sono stati ricavati i seguenti parametri meccanici:

COESIONE C	0 Kg /cm2
ANGOLO DI ATTRITO $\phi$	30°-32°
PESO DI VOLUME $\gamma$	1,90 t / m3

### MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO

La situazione emersa dalle indagini effettuate ha permesso di definire il seguente modello geologico geotecnico del terreno interessato dagli interventi in progetto:



## **MICROZONAZIONE SISMICA SECONDO LIVELLO**

Lo studio di Microzonazione Sismica di 2° livello viene effettuato secondo quanto previsto negli « Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica » emanati dalla Protezione Civile Nazionale nell'anno 2008 e recepiti dalla Regione Umbria con il D.G.R. 377/10.

La normativa sismica vigente prevede che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sia definito l'effetto della risposta sismica locale in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche del sito.

Per quanto riguarda la progettazione l'NTC prevede che vengano effettuate sia la valutazione della sicurezza del sito nei confronti della liquefazione e della stabilità dei pendii, sia la valutazione della risposta sismica locale in funzione della litostratigrafia.

**Poichè il sito oggetto del nostro intervento ricade in una zona con una pendenza modesta e sub-pianeggiante questo non è suscettibile di fenomeni di instabilità gravitativa;**

**inoltre è presente un deposito a granulometria fine (da limi sabbiosi ad alternanze si sabbie e ghiaie) con falda idrica a carattere permanente posta al disotto dei 15 metri di profondità e pertanto è stato possibile escludere anche il verificarsi del fenomeno della liquefazione dei terreni in fase sismica.**

Pertanto è stato possibile omettere le verifiche alla stabilità dei versanti ed alla liquefazione dei terreni.

Tuttavia il sito di intervento non è caratterizzato dall'affioramento del bed rock sismico (depositi caratterizzati da una Vs>di 800 metri/secondo) o presente ad una profondità inferiore a 5 metri e pertanto rientra nella tipologia di siti suscettibili di amplificazione sismica locale per effetti litostratigrafici.

Pertanto le indagini da noi effettuate sono state finalizzate alla determinazione di tutti quegli elementi che influenzano la propagazione delle onde sismiche e la loro possibile amplificazione per fenomeni locali.

In questo modo si è proceduto alla caratterizzazione dei depositi presenti tramite

l'effettuazione di un attento rilievo di superficie e di sondaggi geognostici tramite penetrometro dinamico medio DM30 allo scopo di definire la tipologia dei depositi presenti. Inoltre gli spessori dei depositi presenti in profondità, sono stati ricostruiti tramite l'effettuazione di una prova sismica di tipo HVSR o con scatola di Nakamura sovrastanti il Bad rock sismico e l'andamento della Vs con la profondità.

I dati così ottenuti e cioè la litologia prevalente nel sito di intervento, la profondità del basamento sismico, la Vs media dei terreni di copertura, sono stati inseriti in appositi abachi al fine di stimare la risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione del moto sismico Fa (massimo della risposta in termini di accelerazione) e Fv (massimo della risposta in termini di velocità), in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche locali.

### **Dati geotecnici e geofisici**

I dati geotecnici da utilizzare per i nostri scopi sono stati ottenuti mediante un attento rilievo di superficie e tramite l'effettuazione di tre prove penetrometriche dinamiche continue, in corrispondenza dell'area di indagine;

da tali indagini è emerso che i terreni presenti sono dati prima da limi sabbioso-ghiaiosi e poi da alternanze di sabbie e ghiaie, con il Bad Rock sismico che si dovrebbe rinvenire al disotto della profondità di 150 metri.

I dati geofisici di ingresso sono stati ottenuti tramite l'effettuazione di una indagine sismica basata sull'acquisizione di microtremore sismico con tecnica HVSR.

Sulla base di tali indagini geofisiche è stato possibile stimare la Vs dei vari rifrattori "sismici" e la profondità alla quale è possibile rinvenire il Bad rock sismico (caratterizzato da una Vs>800 metri/secondo).

La Vs media ottenuta è pari a Vs=352,91 m/sec. e poiché la curva H/V-f non ha mostrato un picco di frequenza entro i primi 150 metri di profondità è stato possibile affermare che il bad rock sismico si trova oltre i 150 metri di profondità.

## Modello del sottosuolo

Per effettuare la Microzonazione Sismica di 2° livello sono stati utilizzati i dati litologici o stratigrafici provenienti dalle indagini da noi effettuate al fine di schematizzare la colonna stratigrafica con un numero minimo di unità;

sono state pertanto distinte due unità litostratigrafiche delle quali la prima unità è data da un deposito costituito in larga prevalenza da limi sabbioso-ghiaiosi.

La seconda unità litostratigrafica è data da alternanze di sabbie e ghiaie con il I Bad Rock sismico fino ad una profondità maggiore di 150 metri.

Questo modello geologico locale, si considera coerente con quanto prescritto nell'ICMS ed è quindi assimilabile ad un modello fisico monodimensionale costituito da "n" strati, piani, orizzontali, continui, di estensione laterale indefinita, dove ogni strato è caratterizzato da uno spessore  $h$ , da una densità  $d$ , dal modulo di taglio iniziale  $G_0$  e da curve di decadimento del rapporto di smorzamento ( $D$ ).

Questo pacco di strati è sovrapposto al basamento sismico (bad rock sismico) che è caratterizzato da una  $V_s > 800$  metri/secondo, ma che si rinviene alla profondità di oltre 150 metri.

Al modello geologico così definito vengono associate le indagini sismiche da noi effettuate al fine di determinare la  $V_s$  tramite indagini con acquisizione di microtremori (HVSР) per poter determinare il modello sismico da associare al suddetto modello geologico al fine della scelta dei dati di ingresso agli Abachi per la valutazione degli effetti Litostratigrafici.

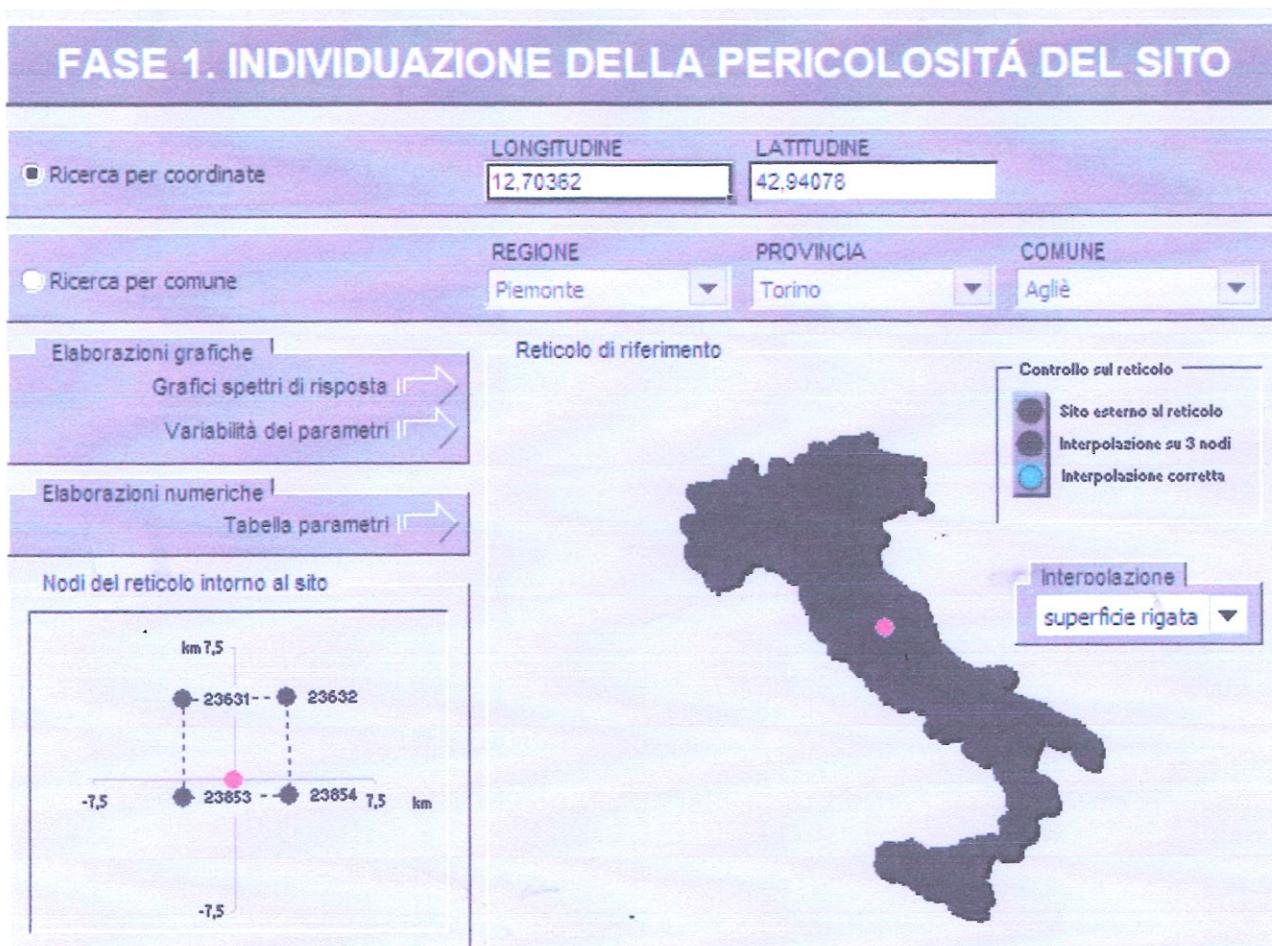
La stratigrafia come da noi definita pertanto individua una unità superiore data da prevalenti limi sabbioso-ghiaiosi e poi da alternanze di sabbie e ghiaie; la parte più superficiale di tale unità litologica, anche per la sua composizione sabbioso-ghiaiosa può non rappresentare il basamento sismico in quanto quest'ultimo è individuato da una  $V_s > 800$  metri/secondo.

## Parametri di pericolosità sismica di base

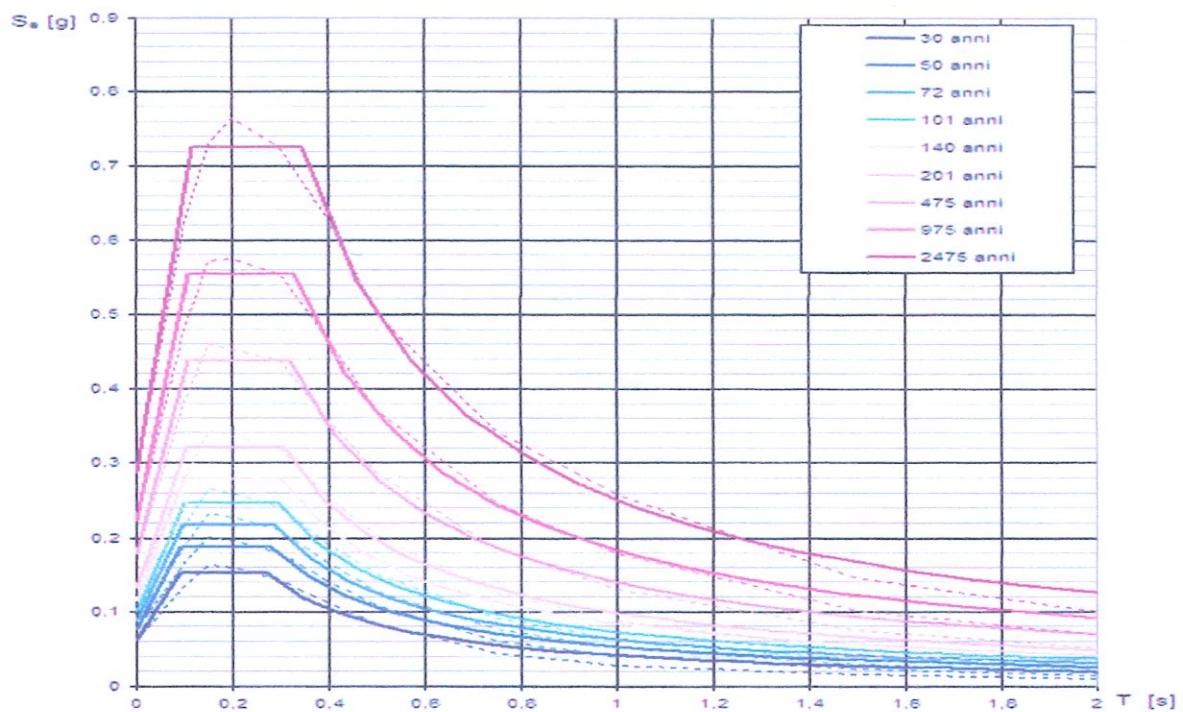
I parametri di pericolosità sismica da noi riportati sono stati determinati sulla base di quanto prescritto dalle N.T.C. 14/01/2008, utilizzando il programma Spettri NTC fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Sulla base delle coordinate geografiche del sito sono stati definiti i parametri relativi alla pericolosità sismica di base.

Le coordinate sono state acquisite nel sistema wgs84 e convertite in ED50.



## Spettri di risposta elasticici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_u$   info

### Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$

Stati limite di esercizio - SLE  $\begin{cases} SLO - P_{VR} = 81\% \\ SLD - P_{VR} = 63\% \end{cases}$

Stati limite ultimi - SLU  $\begin{cases} SLV - P_{VR} = 10\% \\ SLC - P_{VR} = 5\% \end{cases}$

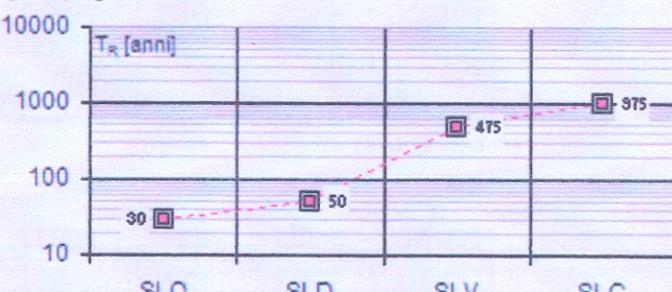
### Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

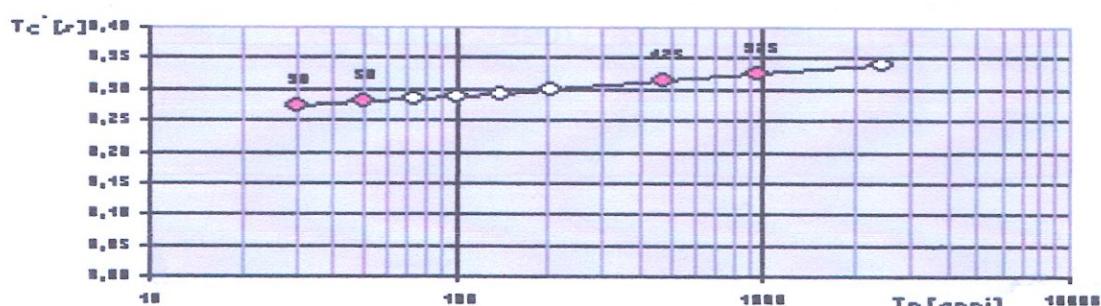
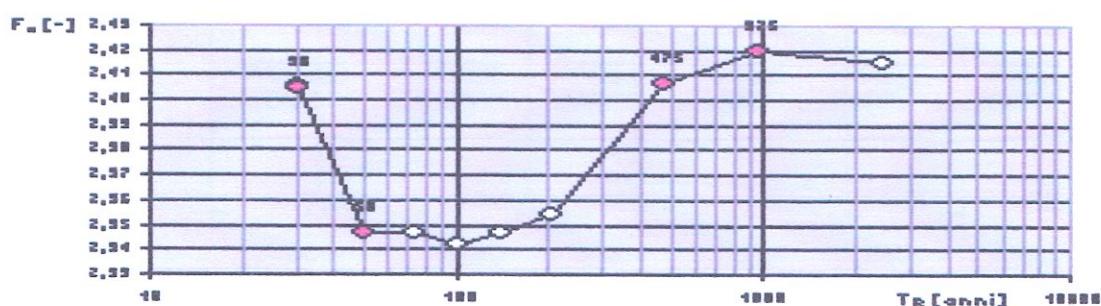
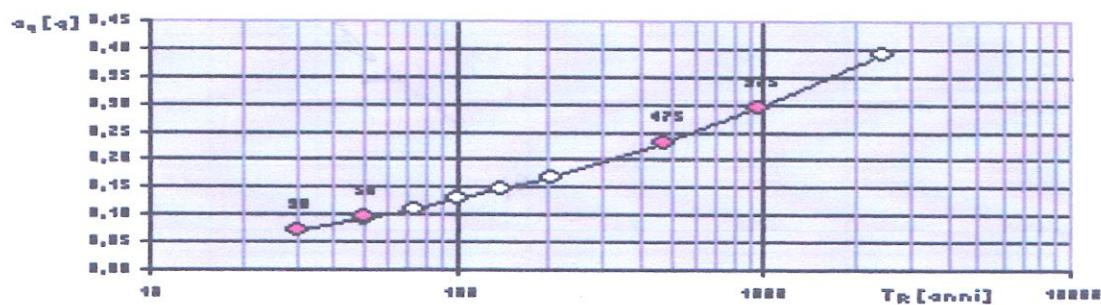
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

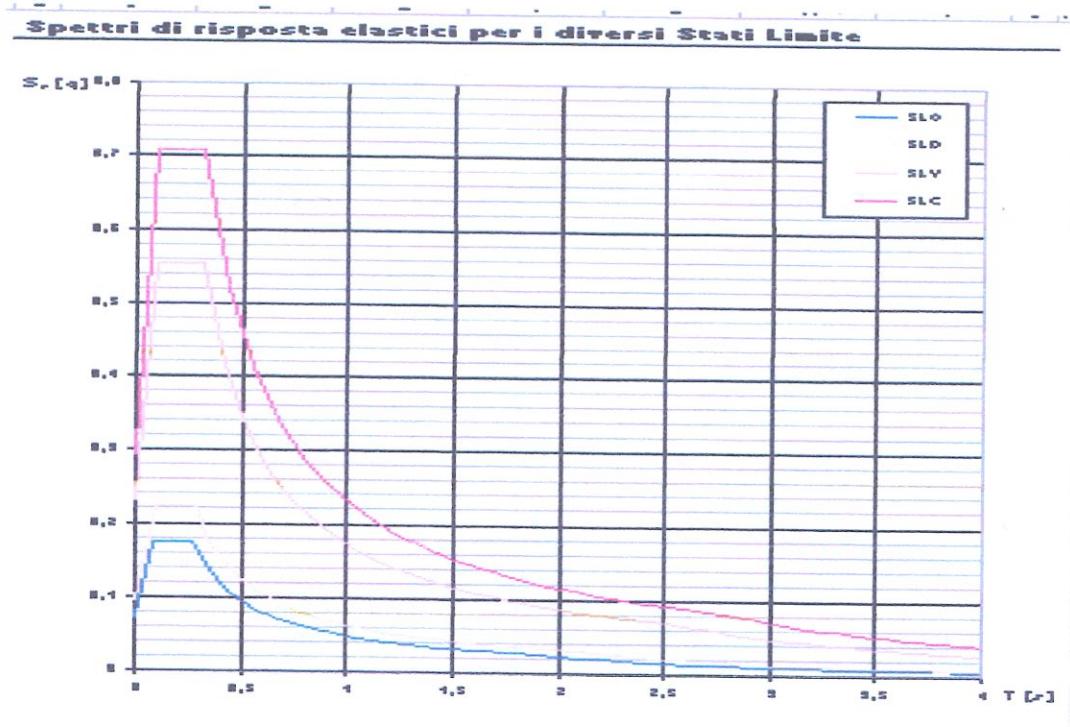
-·■- Strategia scelta

## Valori dei parametri $a_s$ , $F_s$ , $T_c$ per i periodi di ritorno $T_R$ di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni

$T_R$ [anni]	$a_s$ [q]	$F_s$ [-]	$T_c$ [s]
30	0,079	2,486	0,272
50	0,095	2,347	0,288
72	0,111	2,346	0,294
101	0,120	2,342	0,298
140	0,147	2,347	0,302
201	0,169	2,354	0,307
475	0,231	2,406	0,319
975	0,299	2,428	0,325
2475	0,391	2,445	0,340

**Valori di progetto dei parametri  $\alpha_n$ ,  $F_n$ ,  $T_C'$  in funzione del per-**





## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** [info](#)

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** [info](#)  $S_g = 1,368$   $C_d = 1,541$  [info](#)

Categoria topografica **T1** [info](#)  $h/H = 0,000$   $S_T = 1,000$  [info](#)

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%) **5**  $\eta = 1,000$  [info](#)

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $a_0$  **3** Regol. in altezza **no** [info](#)

Compon. verticale

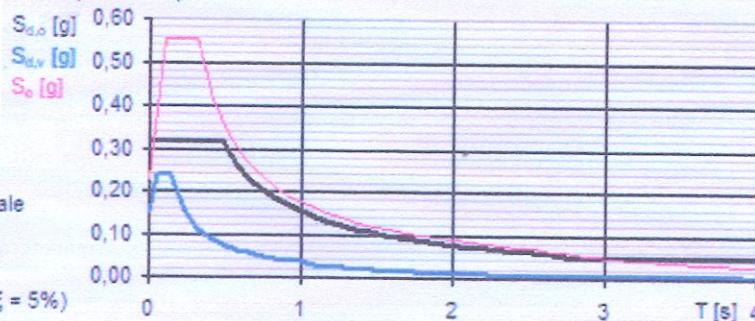
Spettro di progetto Fattore  $a$  **1,5**  $\eta = 0,667$  [info](#)

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

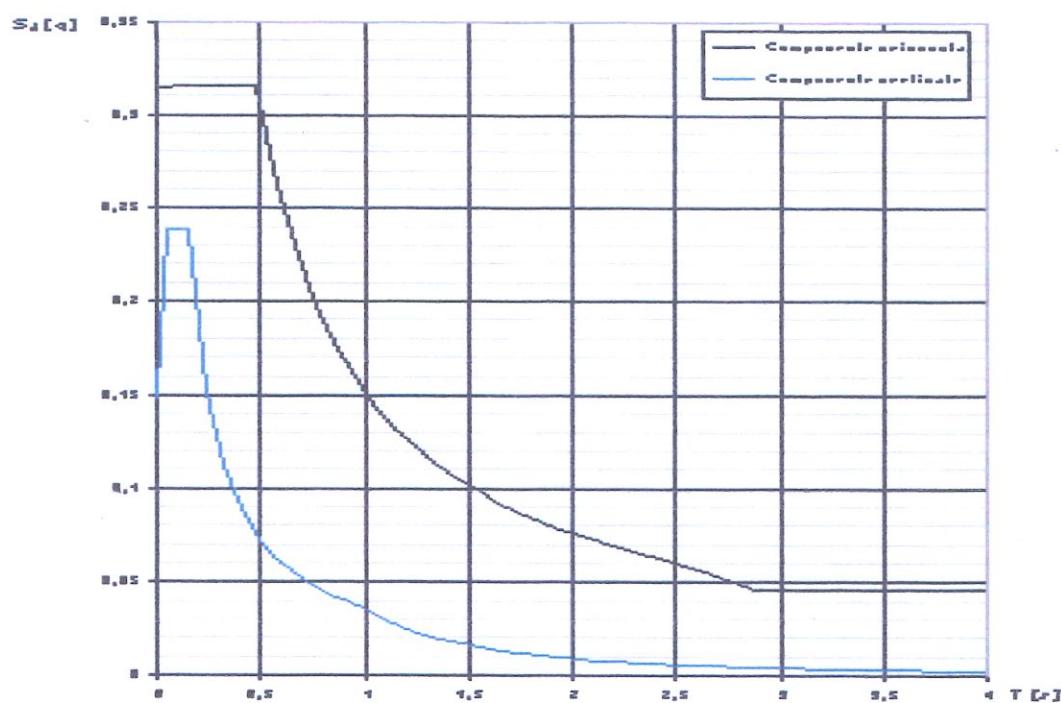


— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per la SLY**



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per SLV**

Parametri indipendenti	SLV
$\alpha_{\text{SLV}}$	1,231
$\beta_{\text{SLV}}$	2,405
$\gamma_{\text{SLV}}$	3,313
$\delta_{\text{SLV}}$	1,950
$\epsilon_{\text{SLV}}$	1,544
$\zeta_{\text{SLV}}$	1,581
$\eta_{\text{SLV}}$	2,400

Parametri dipendenti	SLV
$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \beta_{\text{SLV}}$	1,368
$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \gamma_{\text{SLV}}$	1,417
$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \delta_{\text{SLV}}$	1,451
$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \epsilon_{\text{SLV}}$	1,482
$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \zeta_{\text{SLV}}$	1,520

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \beta_{\text{SLV}} = \text{HTC-88 Eq. 3.2.5}$$

$$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \gamma_{\text{SLV}} = \sqrt{\alpha_{\text{SLV}}^2 + \beta_{\text{SLV}}^2} \quad \alpha_{\text{SLV}} < 1,44 \quad \text{HTC-88 Eq. 3.2.6; 3.2.8-3.5}$$

$$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \delta_{\text{SLV}} = \text{HTC-88 Eq. 3.2.8}$$

$$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \epsilon_{\text{SLV}} = \text{HTC-88 Eq. 3.2.7}$$

$$\alpha_{\text{SLV}} \cdot \zeta_{\text{SLV}} = 4,0 \cdot \alpha_{\text{SLV}} \cdot \eta_{\text{SLV}} \quad \text{HTC-88 Eq. 3.2.9}$$

**Espressioni dello spettro di risposta (HTC-88 Eq.**

$$0 \leq t < t_0: S(t) = \alpha_{\text{SLV}} \cdot \beta_{\text{SLV}} \cdot \frac{1}{t_0} \cdot \left( 1 - \frac{1}{t_0} \right)$$

$$t_0 \leq t < t_1: S(t) = \alpha_{\text{SLV}} \cdot \beta_{\text{SLV}} \cdot t_0$$

$$t_1 \leq t < t_2: S(t) = \alpha_{\text{SLV}} \cdot \beta_{\text{SLV}} \cdot t_0 \cdot \left( \frac{t}{t_1} \right)$$

$$t_2 \leq t: S(t) = \alpha_{\text{SLV}} \cdot \beta_{\text{SLV}} \cdot t_0 \cdot \left( \frac{t_1 \cdot t_2}{t_2} \right)$$

La spettrale di pressione  $S_a(T)$  per le oscillazioni agli Stati Limite Ultimi è ottenuta dalle espressioni dello spettro classico  $S_c(T)$  moltiplicandone per  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di riduzione. [HTC-88 § 3.2.8-3.5]

**Punti dello spettro di risposta**

T	S
1,000	0,315
1,005	0,315
1,010	0,315
1,015	0,315
1,020	0,315
1,025	0,315
1,030	0,315
1,035	0,315
1,040	0,315
1,045	0,315
1,050	0,315
1,055	0,315
1,060	0,315
1,065	0,315
1,070	0,315
1,075	0,315
1,080	0,315
1,085	0,315
1,090	0,315
1,095	0,315
1,100	0,315
1,105	0,315
1,110	0,315
1,115	0,315
1,120	0,315
1,125	0,315
1,130	0,315
1,135	0,315
1,140	0,315
1,145	0,315
1,150	0,315
1,155	0,315
1,160	0,315
1,165	0,315
1,170	0,315
1,175	0,315
1,180	0,315
1,185	0,315
1,190	0,315
1,195	0,315
1,200	0,315
1,205	0,315
1,210	0,315
1,215	0,315
1,220	0,315
1,225	0,315
1,230	0,315
1,235	0,315
1,240	0,315
1,245	0,315
1,250	0,315
1,255	0,315
1,260	0,315
1,265	0,315
1,270	0,315
1,275	0,315
1,280	0,315
1,285	0,315
1,290	0,315
1,295	0,315
1,300	0,315
1,305	0,315
1,310	0,315
1,315	0,315
1,320	0,315
1,325	0,315
1,330	0,315
1,335	0,315
1,340	0,315
1,345	0,315
1,350	0,315
1,355	0,315
1,360	0,315
1,365	0,315
1,370	0,315
1,375	0,315
1,380	0,315
1,385	0,315
1,390	0,315
1,395	0,315
1,400	0,315
1,405	0,315
1,410	0,315
1,415	0,315
1,420	0,315
1,425	0,315
1,430	0,315
1,435	0,315
1,440	0,315
1,445	0,315
1,450	0,315
1,455	0,315
1,460	0,315
1,465	0,315
1,470	0,315
1,475	0,315
1,480	0,315
1,485	0,315
1,490	0,315
1,495	0,315
1,500	0,315
1,505	0,315
1,510	0,315
1,515	0,315
1,520	0,315
1,525	0,315
1,530	0,315
1,535	0,315
1,540	0,315
1,545	0,315
1,550	0,315
1,555	0,315
1,560	0,315
1,565	0,315
1,570	0,315
1,575	0,315
1,580	0,315
1,585	0,315
1,590	0,315
1,595	0,315
1,600	0,315
1,605	0,315
1,610	0,315
1,615	0,315
1,620	0,315
1,625	0,315
1,630	0,315
1,635	0,315
1,640	0,315
1,645	0,315
1,650	0,315
1,655	0,315
1,660	0,315
1,665	0,315
1,670	0,315
1,675	0,315
1,680	0,315
1,685	0,315
1,690	0,315
1,695	0,315
1,700	0,315
1,705	0,315
1,710	0,315
1,715	0,315
1,720	0,315
1,725	0,315
1,730	0,315
1,735	0,315
1,740	0,315
1,745	0,315
1,750	0,315
1,755	0,315
1,760	0,315
1,765	0,315
1,770	0,315
1,775	0,315
1,780	0,315
1,785	0,315
1,790	0,315
1,795	0,315
1,800	0,315
1,805	0,315
1,810	0,315
1,815	0,315
1,820	0,315
1,825	0,315
1,830	0,315
1,835	0,315
1,840	0,315
1,845	0,315
1,850	0,315
1,855	0,315
1,860	0,315
1,865	0,315
1,870	0,315
1,875	0,315
1,880	0,315
1,885	0,315
1,890	0,315
1,895	0,315
1,900	0,315
1,905	0,315
1,910	0,315
1,915	0,315
1,920	0,315
1,925	0,315
1,930	0,315
1,935	0,315
1,940	0,315
1,945	0,315
1,950	0,315
1,955	0,315
1,960	0,315
1,965	0,315
1,970	0,315
1,975	0,315
1,980	0,315
1,985	0,315
1,990	0,315
1,995	0,315
2,000	0,315

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo SLY**

Parametri indipendenti	
	SLY
	0,196 g
	1,000
	1,000
	1,000
	0,850
	0,150
	1,000

Parametri dipendenti	
	1,550
	1,000
	0,850

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S_{\text{g}}(T) = \text{a}_g \cdot S_{\text{g}}(T_0) \quad (\text{HTC-II E, 3.2.5})$$

$$S_{\text{g}}(T_0) = \text{a}_g \quad (\text{HTC-II E, 3.2.5})$$

$$F_a = 1,550 \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{0,5} \quad (\text{HTC-II E, 3.2.14})$$

**Valori della spettro di risposta**

T/T_0	S(T)	T/T_0	S(T)
0,000	0,196	0,100	0,196
0,200	0,196	0,250	0,196
0,300	0,196	0,350	0,196
0,400	0,196	0,450	0,196
0,500	0,196	0,550	0,196
0,600	0,196	0,650	0,196
0,700	0,196	0,750	0,196
0,800	0,196	0,850	0,196
0,900	0,196	0,950	0,196
1,000	0,196	1,100	0,196
1,200	0,196	1,250	0,196
1,300	0,196	1,350	0,196
1,400	0,196	1,450	0,196
1,500	0,196	1,550	0,196
1,600	0,196	1,650	0,196
1,700	0,196	1,750	0,196
1,800	0,196	1,850	0,196
1,900	0,196	1,950	0,196
2,000	0,196	2,100	0,196
2,200	0,196	2,300	0,196
2,400	0,196	2,500	0,196
2,600	0,196	2,700	0,196
2,800	0,196	2,900	0,196
3,000	0,196	3,100	0,196
3,200	0,196	3,300	0,196
3,400	0,196	3,500	0,196
3,600	0,196	3,700	0,196
3,800	0,196	3,900	0,196
4,000	0,196	4,100	0,196

**Espressioni dello spettro di risposta (HTC-II E, 3.2.5)**

$$0 \leq T \leq T_0 \quad S(T) = \text{a}_g \cdot S_{\text{g}}(T_0) \cdot F_a \cdot F_c \cdot \left[ \frac{T}{T_0} + \frac{1}{m \cdot F_a \cdot F_c} \left( 1 - \frac{T}{T_{0,5}} \right) \right]$$

$$T_0 \leq T \leq T_1 \quad S(T) = \text{a}_g \cdot S_{\text{g}}(T_0)$$

$$T_1 \leq T \leq T_2 \quad S(T) = \text{a}_g \cdot S_{\text{g}}(T_0) \cdot F_a \cdot F_c \cdot \left( \frac{T}{T_1} \right)$$

$$T_2 \leq T \quad S(T) = \text{a}_g \cdot S_{\text{g}}(T_0) \cdot F_a \cdot F_c \cdot \left( \frac{T-T_2}{T_1-T_2} \right)$$

Il parametro che definisce la pericolosità sismica di base, in termini di accelerazione sismica, riferita al suolo rigido (terreno di tipo A) e superficie topografica orizzontale, risulta essere per il sito oggetto del nostro intervento  $a_g = 0,196 \text{ g}$ .

**Quadro dei risultati**

Il modello Geologico associato al modello Sismico così come definito dalla indagine HVSR da noi effettuata, permette di individuare i dati di ingresso agli abachi per gli effetti litostratigrafici al fine di definire i fattori **Fa** e **Fv**.

In particolare come dati di ingresso sono state fatte le seguenti considerazioni:

- per la scelta della curva di decadimento si considera ghiaia come deposito rappresentativo del modello litologico locale;
- il territorio Comunale di Spoleto in base all'OPCM 3274 del 2003 ricade in zona sismica "1" e l'area del nostro intervento è caratterizzata da valori di  $a_g$  (g) pari a 0,179 g assimilata a tutto favore della sicurezza al valore di  $a_g = 0,18$  (g);
- dai risultati delle indagini geofisiche da noi effettuate, entro le unità individuate, risulta una  $V_s$  crescente con la profondità da qui la scelta del profilo variabile linearmente con pendenza intermedia come consigliato al punto 3.2.4 dell'IMCS;
- il basamento sismico è stato individuato da una  $V_s > 800$  metri//secondo.

Pertanto in considerazione del fatto che il sito oggetto del nostro intervento può essere considerato come caratterizzato da un deposito a prevalenza ghiaiosa (o assimilato a tale), caratterizzato da  $a_g = 0,18$  g, dello spessore di oltre 150 metri, caratterizzato da  $V_{sh} = 352,91$  metri/secondo arrotondato a 350 metri/secondo, ad esso devono essere associati e seguenti fattori  $F_a = 1,0$  e  $F_v = 1,0$ .

#### SISMICITA' STORICA DELL'AREA

L'area oggetto di studio ricade nel Comune di Spoleto, ed è stata di recente classificata come sismica di prima categoria ( $S=12$ ), a seguito del terremoto del 1997-1998, le cui scosse si sono manifestate con notevole intensità a partire dal Maggio del 1997 fino a Giugno 1998 con un massimo del IX grado della scala M.C.S. (Magnitudo 5.8 Richter) ed epicentro nei pressi dell'abitato di Annifo.

Tuttavia in tempi storici si ha notizie di un'intensa attività sismica che ha interessato zone prossime a quella di intervento raggiungendo un'intensità massima pari al IX-X grado della scala M.C.S. nel 1832 con epicentro nei pressi dell'abitato di Foligno.

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

<b>EPICENTRO</b>	<b>ANNO</b>	<b>MESE</b>	<b>INTENSITA' MCS</b>
Spoletto	1246		VIII - IV
Spoletto	1277		VIII
Foligno	1477	Febbraio	VIII
Spoletto	1594		VIII
Perugia	1604		VIII
Spoletto	1667		VII
Spoletto	1745	Marzo	VIII
Spoletto	1767	Luglio	VIII
Foligno	1832	Gennaio	IX-X
Bastia	1854	Febbraio	VIII
Le Fratte	1878	Settembre	VIII

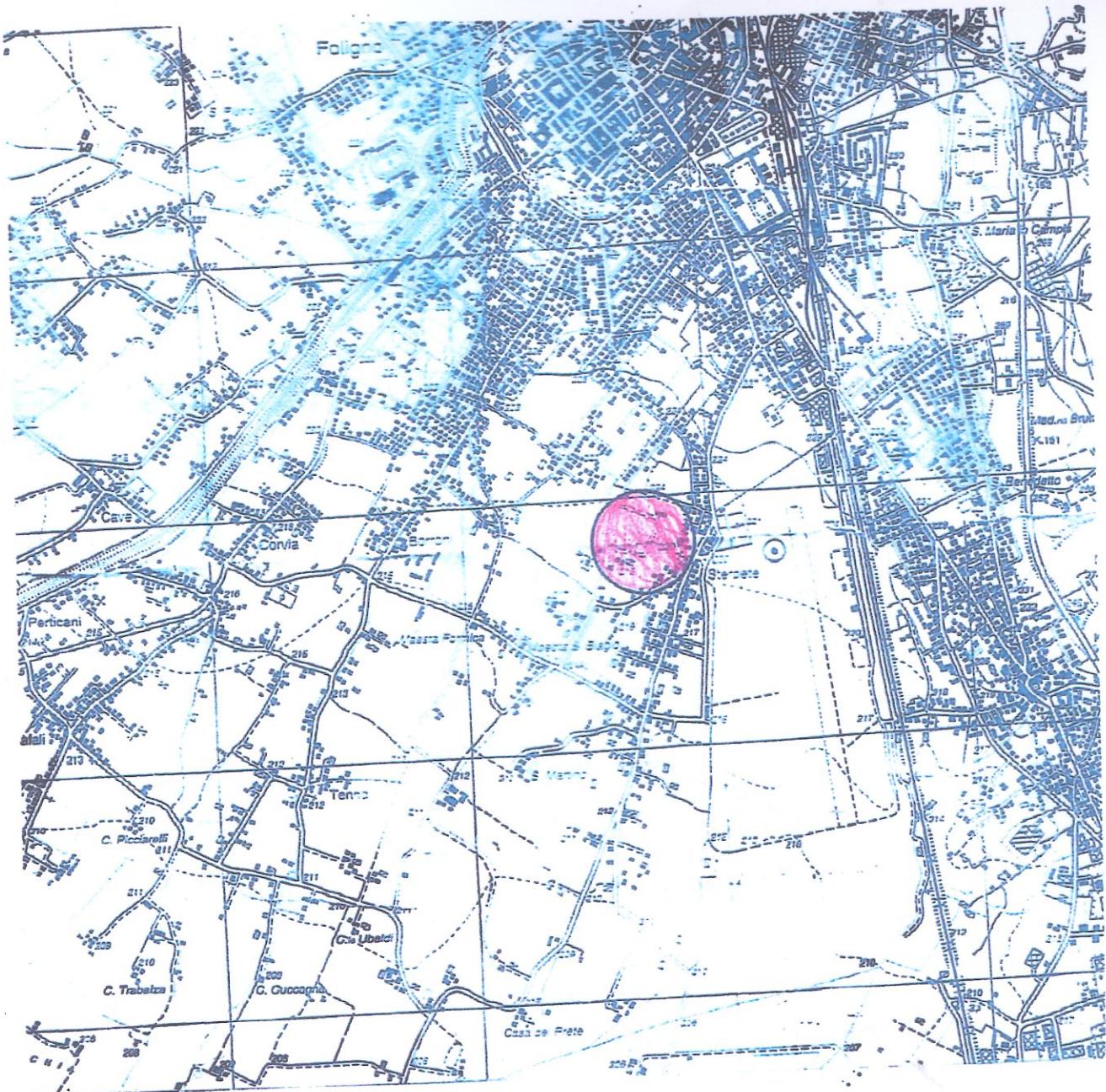
I dati riportati sono relativi a terremoti aventi epicentro nella valle Folignate-Spoletina, mentre non si hanno riferimenti circa terremoti verificatesi nella zona montuosa prossima alla zona del nostro intervento.

Tuttavia per quanto riguarda le intensità sismiche degli eventi che hanno interessato la zona, è bene far riferimento al terremoto del 1997-98 che per intensità (stimata intorno al IX grado della scala Mercalli) e distanza epicentrale sembra essere il più idoneo per la progettazione di strutture tipo quelle che si hanno in progetto.

### **CONCLUSIONI**

L'area oggetto del nostro intervento di urbanizzazione risulta stabile dal punto di vista geomorfologico e pertanto l'intervento in progetto risulta fattibile, sempre che vengano seguite le indicazioni fornite.

In conclusione, nella fase esecutiva del progetto particolare attenzione dovrà essere rivolta alla puntuale verifica della effettiva continuità ed omogeneità dal punto di vista geomeccanico e della permeabilità del terreno, nell'intera area occupata dalle opere di drenaggio.



**STRALCIO CARTA I.G.M.**

**SCALA 1:25.000**

**FOGLIO N°324**

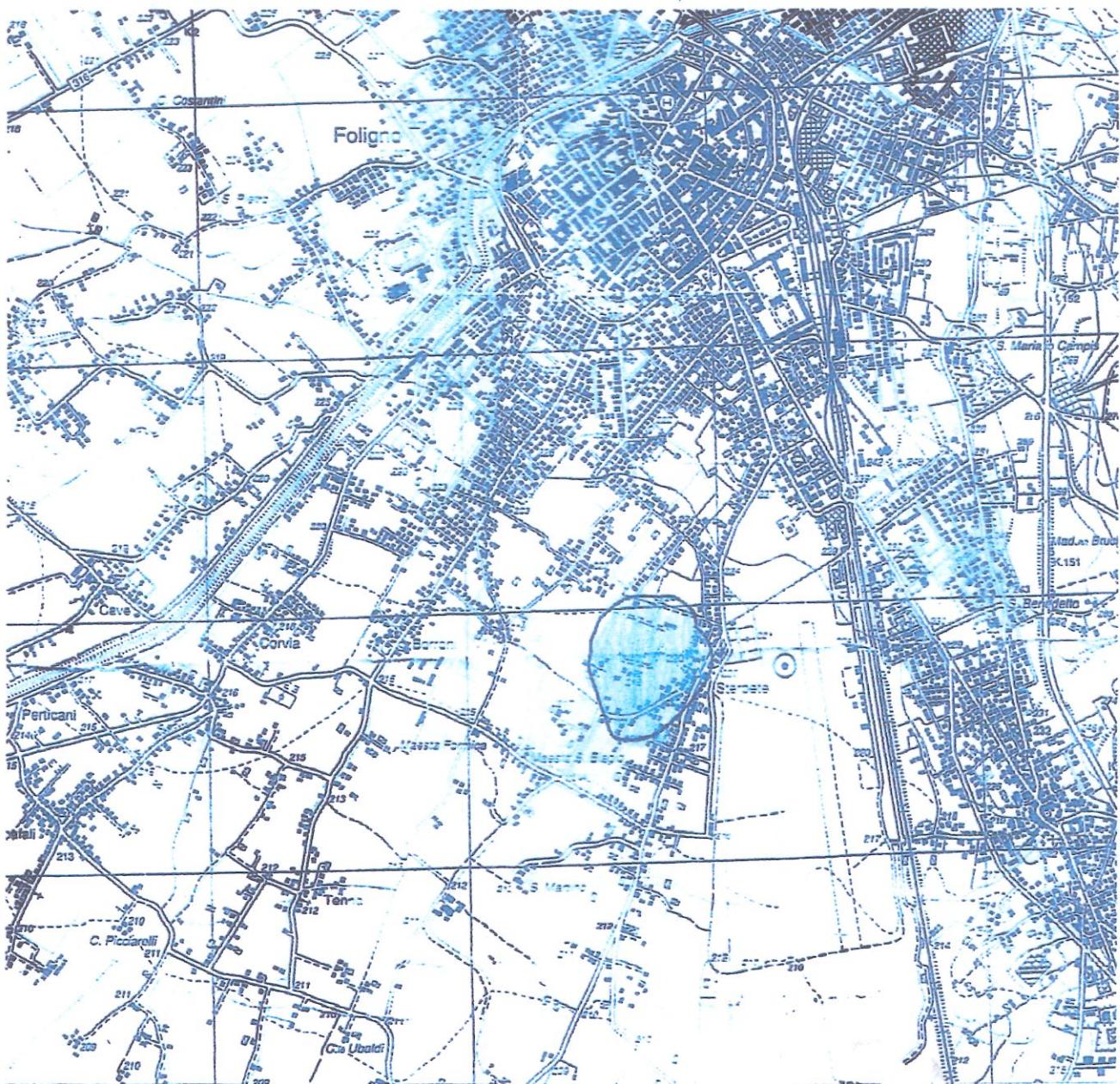
**SEZIONE IV FOLIGNO**



**AREA ESAMINATA**



**STRALCIO MAPPA CATASTALE  
LOTTIZZAZIONE "IL BORGO"  
LOCALITA' STERPETE  
COMUNE DI FOLIGNO**



**STRALCIO CARTA GEOLOGICA**

**SCALA 1:25.000**

**FOGLIO N°324**

**SEZIONE IV FOLIGNO**



**DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI**



## UBICAZIONE INDAGINI EFFETTUATE

- PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
  - / PROVA MASW
  - SONDAGGIO GEOGNOSTICO
  - PROVA HVSR

# Indagine geofisica tramite tecnica MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh - "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

### **Modi di vibrazione**

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### **Profondità di indagine**

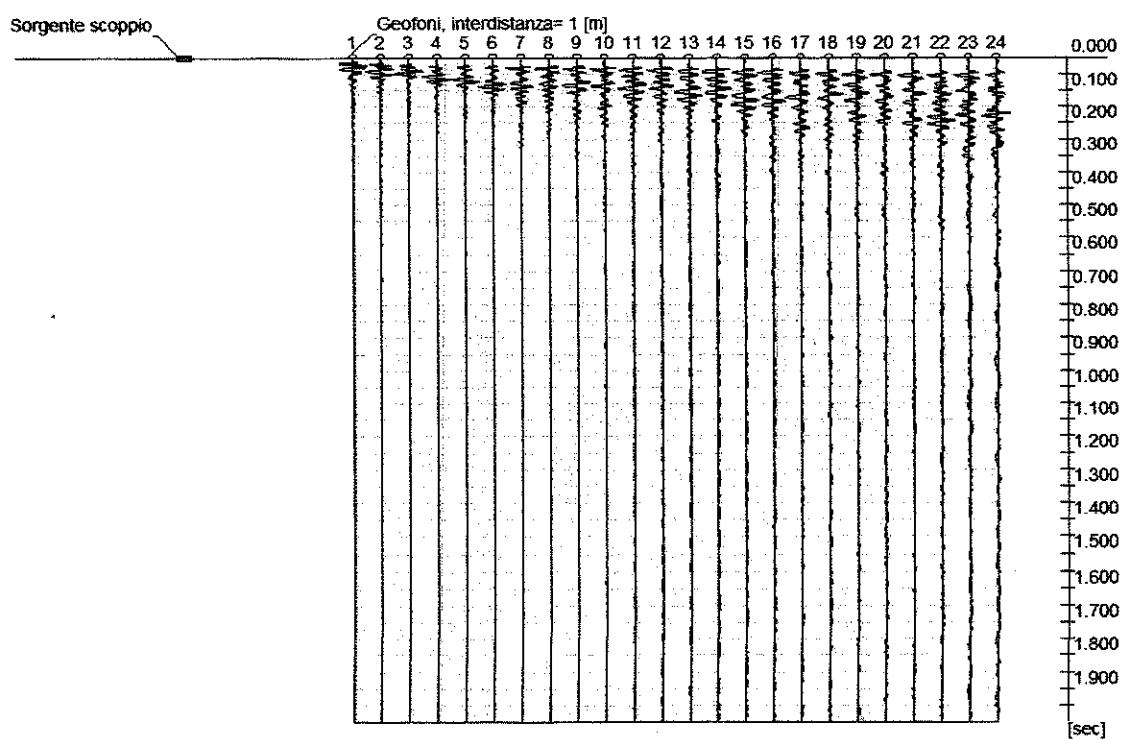
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### **Dati generali**

<b>Cantiere</b>	Bonifazi 5
<b>Località</b>	Serpente di Foligno (PG)
<b>Data</b>	25/07/2017

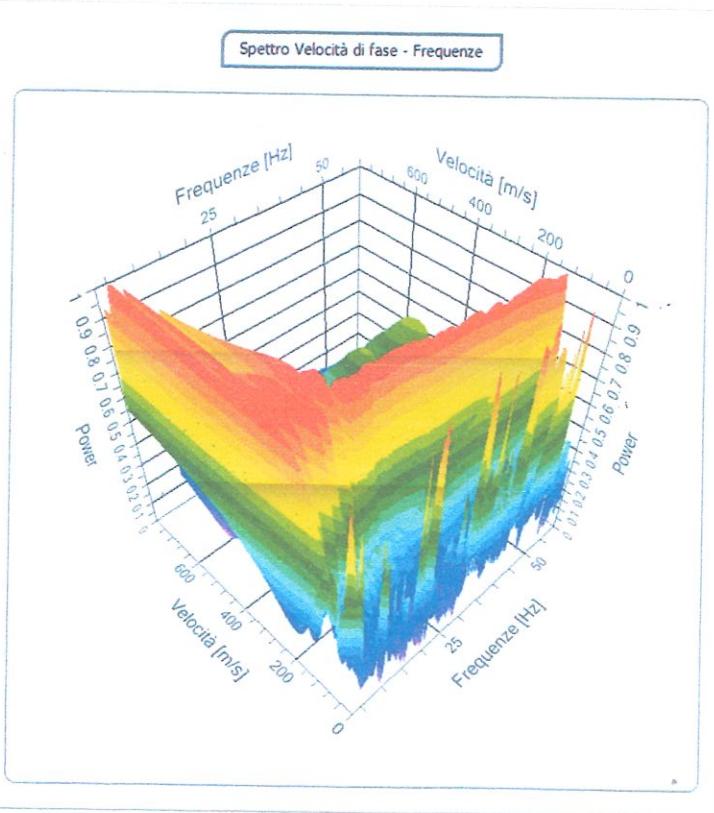
## Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

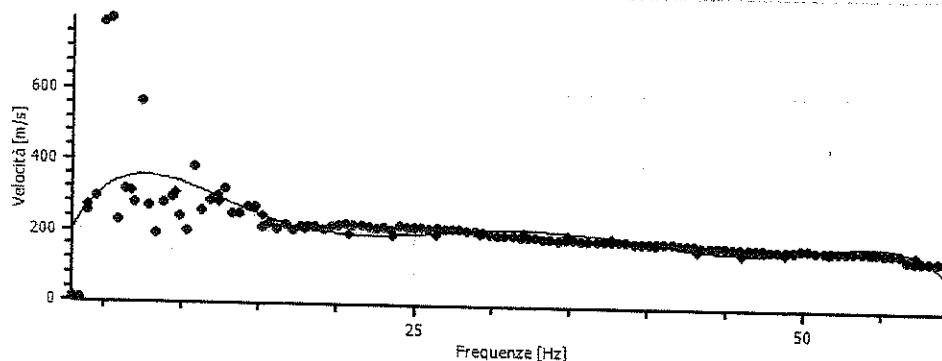


## Analisi spettrale

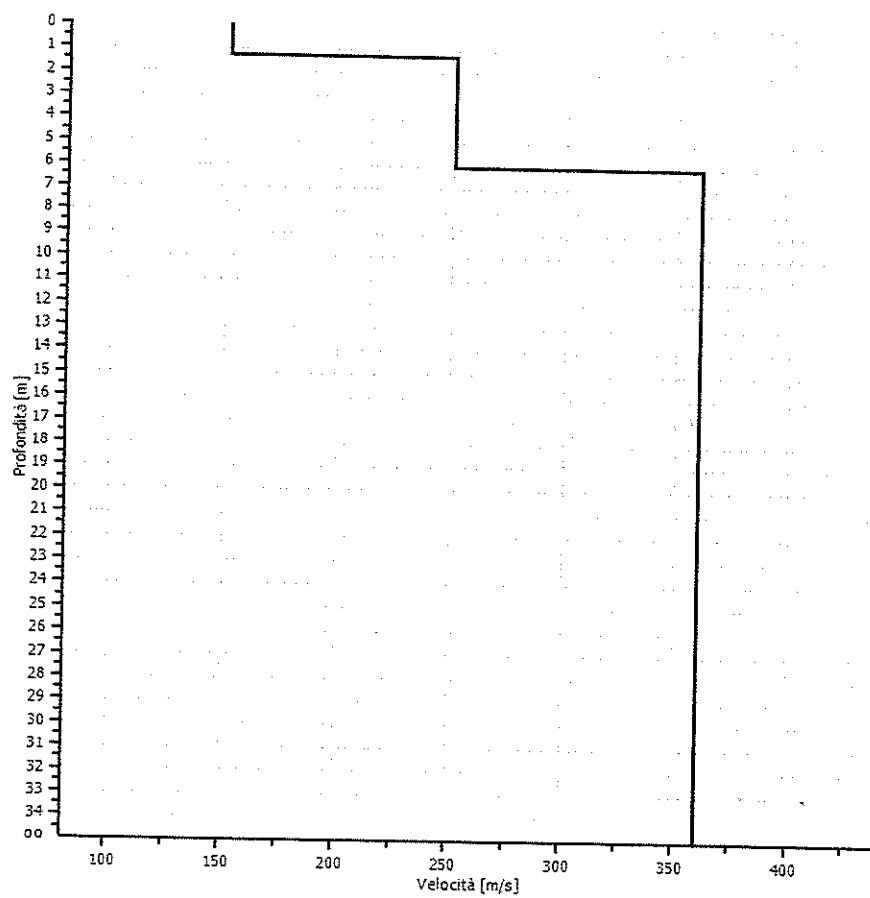
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	3
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



**Curva di dispersione**



**Profilo di velocità**



## Risultati

<b>Vs30 [m/sec]</b>	318.93
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < \text{NSPT},30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < \text{cu},30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

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

DPM (DL030 10) (Medium)  
23/08/2019  
5,50 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestiment o	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammisibile con riduzione Herminter - Olandesi (KPa)	Pres. ammisibile Herminter - Olandesi (KPa)
0,10	6	0	0,857	1,68	1,96	84,16	98,25
0,20	8	0	0,855	2,24	2,62	111,96	131,00
0,30	7	0	0,853	1,95	2,29	97,74	114,62
0,40	7	0	0,851	1,95	2,29	97,52	114,62
0,50	9	0	0,849	2,50	2,95	125,10	147,37
0,60	5	0	0,847	1,39	1,64	69,35	81,87
0,70	5	0	0,845	1,38	1,64	69,20	81,87
0,80	6	0	0,843	1,66	1,96	82,86	98,25
0,90	8	0	0,842	2,09	2,49	104,61	124,31
1,00	9	0	0,840	2,35	2,80	117,44	139,85
1,10	11	0	0,838	2,86	3,42	143,24	170,93
1,20	10	0	0,836	2,60	3,11	129,94	155,39
1,30	13	0	0,785	3,17	4,04	158,48	202,00
1,40	14	0	0,783	3,41	4,35	170,31	217,54
1,50	10	0	0,831	2,58	3,11	129,16	155,39
1,60	8	0	0,830	2,06	2,49	103,12	124,31
1,70	8	0	0,828	2,06	2,49	102,92	124,31
1,80	7	0	0,826	1,80	2,18	89,88	108,77
1,90	7	0	0,825	1,71	2,07	85,35	103,49
2,00	8	0	0,823	1,95	2,37	97,36	118,27
2,10	7	0	0,822	1,70	2,07	85,03	103,49
2,20	6	0	0,820	1,45	1,77	72,75	88,70
2,30	6	0	0,819	1,45	1,77	72,61	88,70
2,40	9	0	0,817	2,17	2,66	108,73	133,06
2,50	7	0	0,816	1,69	2,07	84,41	103,49
2,60	7	0	0,814	1,69	2,07	84,26	103,49
2,70	10	0	0,813	2,40	2,96	120,17	147,84
2,80	10	0	0,811	2,40	2,96	119,96	147,84
2,90	16	0	0,760	3,43	4,51	171,45	225,58
3,00	18	0	0,759	3,85	5,08	192,54	253,78
3,10	15	0	0,757	3,20	4,23	160,16	211,49
3,20	13	0	0,756	2,77	3,67	138,57	183,29
3,30	14	0	0,755	2,98	3,95	148,97	197,39
3,40	10	0	0,803	2,27	2,82	113,27	140,99
3,50	10	0	0,802	2,26	2,82	113,09	140,99
3,60	11	0	0,801	2,48	3,10	124,21	155,09

3,70	11	0	0,800	2,48	3,10	124,01	155,09
3,80	10	0	0,798	2,25	2,82	112,57	140,99
3,90	8	0	0,797	1,72	2,16	85,94	107,80
4,00	8	0	0,796	1,72	2,16	85,81	107,80
4,10	7	0	0,795	1,50	1,89	74,97	94,32
4,20	8	0	0,794	1,71	2,16	85,56	107,80
4,30	9	0	0,793	1,92	2,43	96,12	121,27
4,40	7	0	0,791	1,49	1,89	74,65	94,32
4,50	8	0	0,790	1,70	2,16	85,20	107,80
4,60	10	0	0,789	2,13	2,69	106,35	134,75
4,70	11	0	0,788	2,34	2,96	116,82	148,22
4,80	11	0	0,787	2,33	2,96	116,67	148,22
4,90	16	0	0,736	3,04	4,13	151,96	206,46
5,00	17	0	0,735	3,22	4,39	161,23	219,36
5,10	15	0	0,734	2,84	3,87	142,07	193,55
5,20	18	0	0,733	3,40	4,65	170,25	232,26
5,30	21	0	0,682	3,70	5,42	184,81	270,97
5,40	23	0	0,681	4,04	5,94	202,12	296,78
5,50	61	0	0,580	9,13	15,74	456,59	787,11

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume satura (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
4,7	9,19	2,71	Incoerente	0	14,11	18,59	33,16	0,76	6,99	limi sabbiosi
5,5	22,75	5,89	Incoerente	0	15,35	19,36	72,46	0,76	17,31	sabbie e ghiaie

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	26,88	54,49	57,6	25,95
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	39,33	72,84	72,4	47,02

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Torber-Meyerhof 1956	Meyerhof (1961)	Sowers (1964)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmidt & Katti (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	29	22	29,96	30,5	32,49	0	<30	25,24	29,1	34,69	26,82
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	31,95	24,95	32,85	30,28	36,23	38,2	30-32	31,11	32,19	41,08	33,61

**Modulo di Young (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzelbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	—	5,48	—	—	—
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	29,12	13,58	20,10	30,38	15,84

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Faretti 1963	Grenzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	—	4,10	4,87	6,78
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	10,19	6,18	12,05	11,30

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	Meyerhof ed altri	14,11
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	Meyerhof ed altri	15,35

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Sastro (KN/m³)
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,59
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,36

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	(A.G.I)	0,34
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	(A.G.I)	0,32

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	39,65	40,22
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	92,99	69,99

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	Ohta & Goto (1978) Limi	112,94
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	Ohta & Goto (1978) Limi	153,43

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	Navfac 1971-1982	1,44
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	Navfac 1971-1982	3,56

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

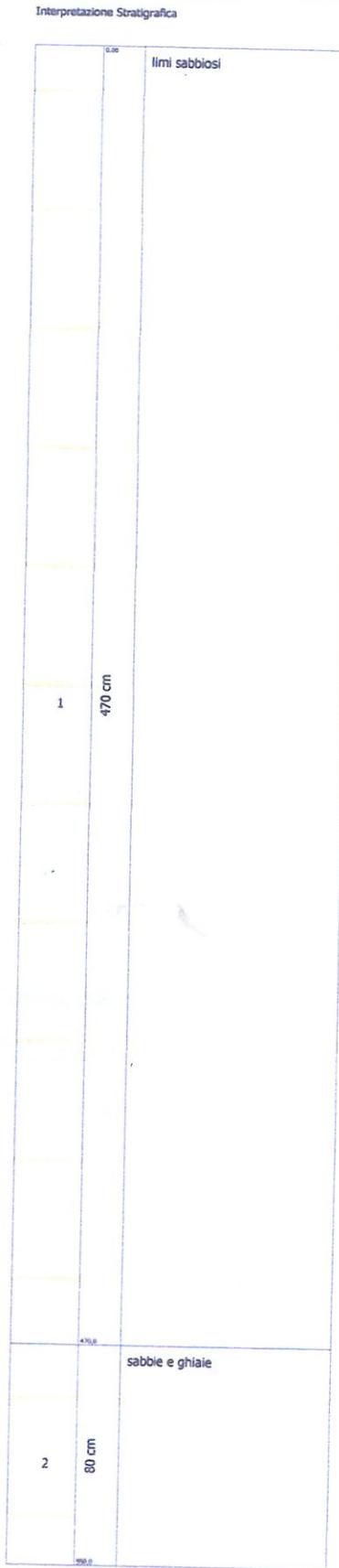
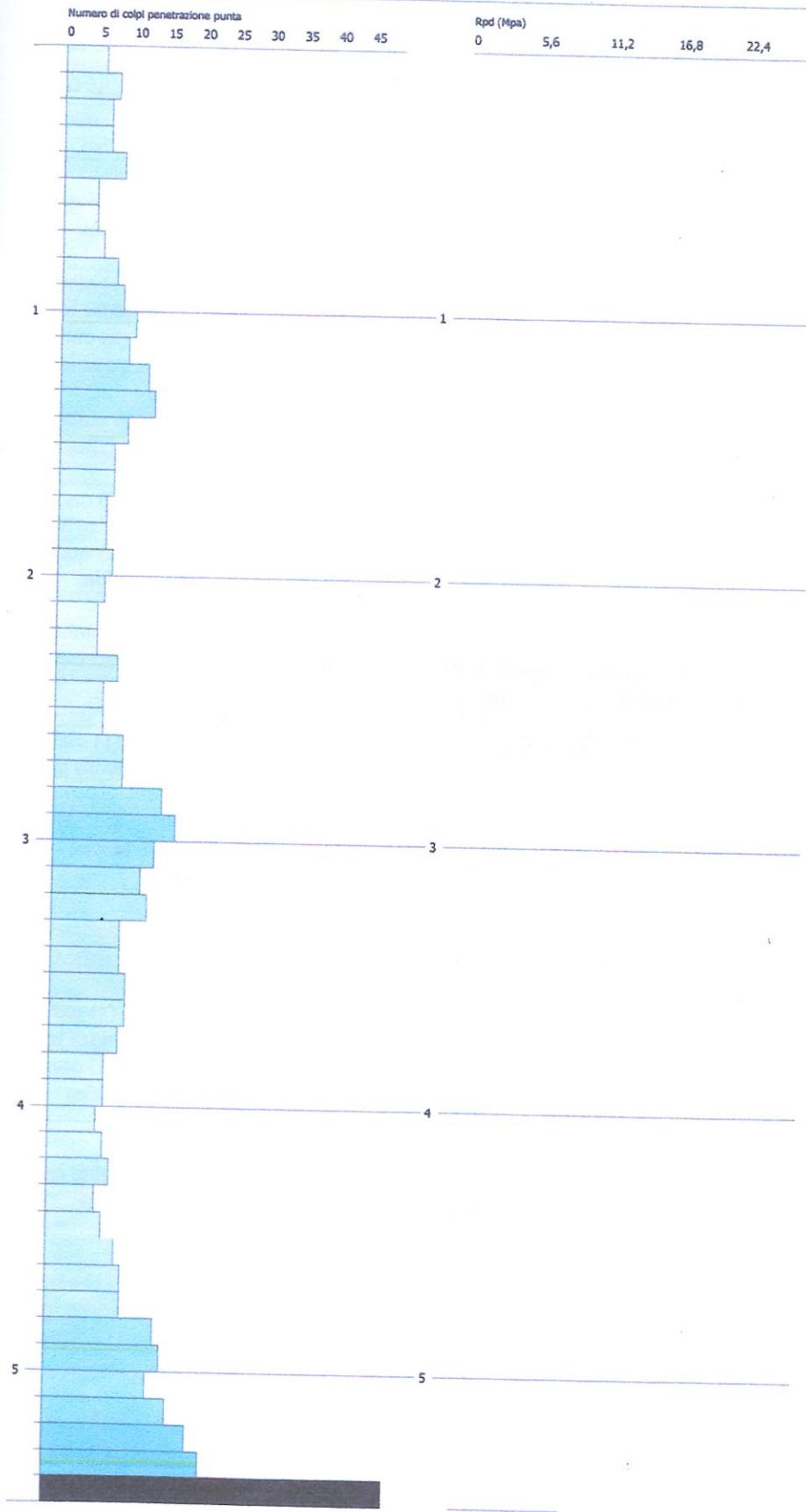
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - limi sabbiosi	6,99	4,70	6,99	Robertson 1983	1,37
[2] - sabbie e ghiaie	17,31	5,50	17,31	Robertson 1983	3,40

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**

Committente: Completamento Iottizzazione  
Cantiere: Iottizzazione il Borgo Sterpete  
Località: Foligno

Data: 23/08/2019

Scala 1:25



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Gibbs & Holtz 1957	26,88
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Gibbs & Holtz 1957	39,33

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Sowers (1961)	29,96
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Sowers (1961)	32,85

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Bowles (1982) Sabbia Media	15,84

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,10
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,18

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Meyerhof ed altri	14,11
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Meyerhof ed altri	15,35

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Sastro (KN/m³)
Strato (1)	6,99	0,00-4,70	6,99	Terzaghi-Peck	18,59

limi sabbiosi				1948-1967	
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,36

## Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	(A.G.I.)	0,32

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Ohsaki (Sabbie pulite)	39,65
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Ohsaki (Sabbie pulite)	92,99

## Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Ohta & Goto (1978) Limi	112,94
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Ohta & Goto (1978) Limi	153,43

## Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Navfac 1971-1982	1,44
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Navfac 1971-1982	3,56

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	6,99	0,00-4,70	6,99	Robertson 1983	1,37
Strato (2) sabbie e ghiaie	17,31	4,70-5,50	17,31	Robertson 1983	3,40

**Indice**

1.Densità relativa	1
2.Angolo di resistenza al taglio	1
3.Modulo di Young	1
4.Modulo Edometrico	1
5.Classificazione AGI	1
6.Peso unità di volume	1
7.Peso unità di volume saturo	1
8.Modulo di Poisson	1
9.Modulo di deformazione a taglio dinamico	2
10.Velocità onde di taglio	2
11.Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \Sigma \sigma H / P_0$	2
12.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	2
Indice	3



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

DPM (DL030 10) (Medium)  
 23/08/2019  
 5,50 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminter - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	9	0	0,857	2,52	2,95	126,24	147,37
0,20	9	0	0,855	2,52	2,95	125,95	147,37
0,30	8	0	0,853	2,23	2,62	111,70	131,00
0,40	10	0	0,851	2,79	3,27	139,31	163,75
0,50	11	0	0,849	3,06	3,60	152,90	180,12
0,60	9	0	0,847	2,50	2,95	124,83	147,37
0,70	6	0	0,845	1,66	1,96	83,04	98,25
0,80	6	0	0,843	1,66	1,96	82,86	98,25
0,90	8	0	0,842	2,09	2,49	104,61	124,31
1,00	8	0	0,840	2,09	2,49	104,39	124,31
1,10	8	0	0,838	2,08	2,49	104,17	124,31
1,20	7	0	0,836	1,82	2,18	90,96	108,77
1,30	10	0	0,835	2,59	3,11	129,68	155,39
1,40	10	0	0,833	2,59	3,11	129,42	155,39
1,50	7	0	0,831	1,81	2,18	90,41	108,77
1,60	7	0	0,830	1,80	2,18	90,23	108,77
1,70	6	0	0,828	1,54	1,86	77,19	93,23
1,80	6	0	0,826	1,54	1,86	77,04	93,23
1,90	5	0	0,825	1,22	1,48	60,96	73,92
2,00	6	0	0,823	1,46	1,77	73,02	88,70
2,10	6	0	0,822	1,46	1,77	72,88	88,70
2,20	9	0	0,820	2,18	2,66	109,12	133,06
2,30	10	0	0,819	2,42	2,96	121,02	147,84
2,40	11	0	0,817	2,66	3,25	132,89	162,62
2,50	13	0	0,766	2,94	3,84	147,16	192,19
2,60	14	0	0,764	3,16	4,14	158,18	206,97
2,70	11	0	0,813	2,64	3,25	132,18	162,62
2,80	12	0	0,811	2,88	3,55	143,95	177,41
2,90	10	0	0,810	2,28	2,82	114,21	140,99
3,00	9	0	0,809	2,05	2,54	102,61	126,89
3,10	9	0	0,807	2,05	2,54	102,44	126,89
3,20	8	0	0,806	1,82	2,26	90,91	112,79
3,30	7	0	0,805	1,59	1,97	79,42	98,69
3,40	8	0	0,803	1,81	2,26	90,62	112,79
3,50	8	0	0,802	1,81	2,26	90,47	112,79
3,60	8	0	0,801	1,81	2,26	90,33	112,79

3,70	9	0	0,800	2,03	2,54	101,47	126,89
3,80	9	0	0,798	2,03	2,54	101,31	126,89
3,90	10	0	0,797	2,15	2,69	107,42	134,75
4,00	8	0	0,796	1,72	2,16	85,81	107,80
4,10	9	0	0,795	1,93	2,43	96,39	121,27
4,20	10	0	0,794	2,14	2,69	106,95	134,75
4,30	11	0	0,793	2,35	2,96	117,48	148,22
4,40	10	0	0,791	2,13	2,69	106,64	134,75
4,50	10	0	0,790	2,13	2,69	106,50	134,75
4,60	9	0	0,789	1,91	2,43	95,71	121,27
4,70	10	0	0,788	2,12	2,69	106,20	134,75
4,80	13	0	0,737	2,58	3,50	129,12	175,17
4,90	14	0	0,736	2,66	3,61	132,97	180,65
5,00	16	0	0,735	3,03	4,13	151,75	206,46
5,10	14	0	0,734	2,65	3,61	132,60	180,65
5,20	15	0	0,733	2,84	3,87	141,87	193,55
5,30	18	0	0,732	3,40	4,65	170,02	232,26
5,40	21	0	0,681	3,69	5,42	184,54	270,97
5,50	63	0	0,580	9,43	16,26	471,56	812,92

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume satura (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
4,6	8,78	2,6	Coesivo	0	18,04	18,53	41,49	0,76	6,68	Argilla-limosa
5,5	20,44	5,31	Incoerente	0	15,15	19,24	89,8	0,76	15,55	sabbia e ghiaia

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (KPa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M-S.M	Schimertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	40,89	81,89	24,52	26,48	63,94	77,96	58,84	91,69	32,75	57,66	81,89

##### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	Robertson (1983)	1,31

##### Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	3,01	--	6,86	8,19

##### Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato	Schultze	Apollonia

		(m)		
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	5,53	6,55

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	Meyerhof	18,04

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	Meyerhof	18,53

#### Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Argilla-limosa	6,68	4,60	Ohta & Goto (1978) Limi	111,59

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	34,62	65,15	65,02	44

##### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenz a falda	Peck-H anson-T hombur n-Meyer hof 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmet mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-F ukumi 1982 (ROAD BRIDG E SPECIF ICATIO N)	Japanes e Nationa l Railway	De Mello	Owasak i & Iwasaki
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	31,44	24,44	32,35	29,64	35,66	37,12	30-32	30,27	31,67	39,48	32,64

##### Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmidmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Men zenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	27,60	12,20	18,06	29,09	14,98

##### Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sangie rat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Ferrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	9,15	5,83	10,83	10,53

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	15,55	Classificazione A.G.I MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m <sup>3</sup> )
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	Meyerhof ed altri	15,15

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Sastro (KN/m <sup>3</sup> )
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,24

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	(A.G.I.)	0,32

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	84,07	65,55

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	Ohta & Goto (1978) Limi	150,32

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	Seed e Idriss (1971)	-

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	Navfac 1971-1982	3,23

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

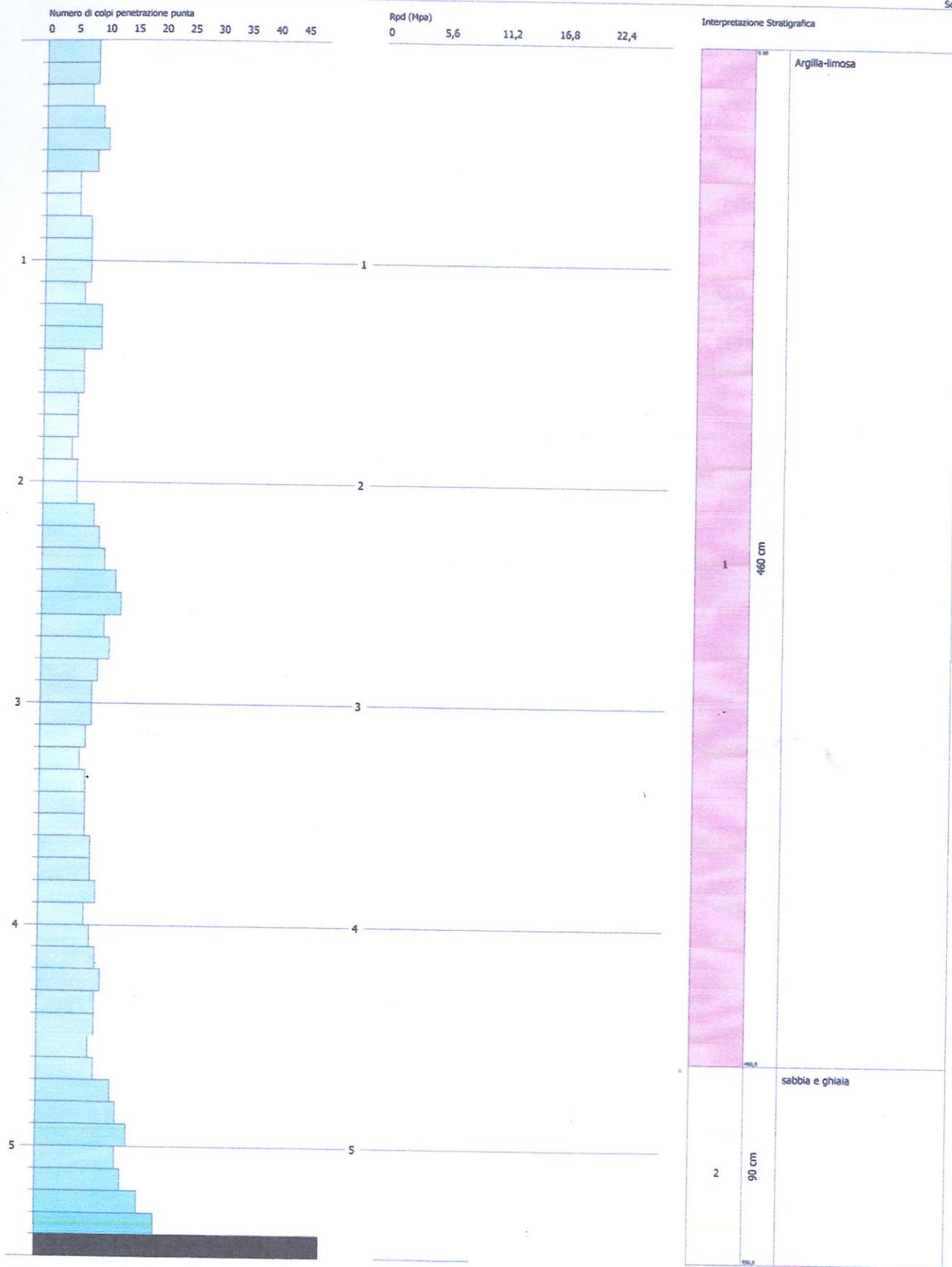
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[2] - sabbia e ghiaia	15,55	5,50	15,55	Robertson 1983	3,05

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Completamento lottizzazione  
Cantiere: Lottizzazione il Borgo Sterpete  
Località: Foligno

Data: 23/08/2019

Scala 1:25



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	Terzaghi-Peck	40,89

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	Robertson (1983)	1,31

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	6,86

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	Apollonia	6,55

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	Meyerhof	18,04

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	Meyerhof	18,53

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Argilla-limosa	6,68	0,00-4,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	111,59

**TERRENI INCOERENTI I**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Gibbs & Holtz 1957	34,62

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Sowers (1961)	32,35

## Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Bowles (1982) Sabbia Media	14,98

## Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,83

## Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Meyerhof ed altri	15,15

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Sastro (KN/m³)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,24

## Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	(A.G.I.)	0,32

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	84,07

## Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Ohta & Goto (1978) Limi	150,32

## Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55		

**Dynamic**

Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Navfac 1971-1982	3,23
-------------------------------	-------	-----------	-------	------------------	------

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) sabbia e ghiaia	15,55	4,60-5,50	15,55	Robertson 1983	3,05



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

DPM (DL030 10) (Medium)  
 23/08/2019  
 5,30 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestiment o	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammisibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammisibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	6	0	0,857	1,68	1,96	84,16	98,25
0,20	7	0	0,855	1,96	2,29	97,96	114,62
0,30	7	0	0,853	1,95	2,29	97,74	114,62
0,40	6	0	0,851	1,67	1,96	83,59	98,25
0,50	5	0	0,849	1,39	1,64	69,50	81,87
0,60	8	0	0,847	2,22	2,62	110,96	131,00
0,70	10	0	0,845	2,77	3,27	138,39	163,75
0,80	6	0	0,843	1,66	1,96	82,86	98,25
0,90	7	0	0,842	1,83	2,18	91,53	108,77
1,00	8	0	0,840	2,09	2,49	104,39	124,31
1,10	8	0	0,838	2,08	2,49	104,17	124,31
1,20	9	0	0,836	2,34	2,80	116,95	139,85
1,30	8	0	0,835	2,07	2,49	103,74	124,31
1,40	8	0	0,833	2,07	2,49	103,53	124,31
1,50	7	0	0,831	1,81	2,18	90,41	108,77
1,60	9	0	0,830	2,32	2,80	116,01	139,85
1,70	10	0	0,828	2,57	3,11	128,65	155,39
1,80	13	0	0,776	3,14	4,04	156,82	202,00
1,90	11	0	0,825	2,68	3,25	134,12	162,62
2,00	11	0	0,823	2,68	3,25	133,87	162,62
2,10	10	0	0,822	2,43	2,96	121,47	147,84
2,20	12	0	0,820	2,91	3,55	145,50	177,41
2,30	9	0	0,819	2,18	2,66	108,92	133,06
2,40	9	0	0,817	2,17	2,66	108,73	133,06
2,50	8	0	0,816	1,93	2,37	96,47	118,27
2,60	8	0	0,814	1,93	2,37	96,30	118,27
2,70	7	0	0,813	1,68	2,07	84,12	103,49
2,80	6	0	0,811	1,44	1,77	71,98	88,70
2,90	7	0	0,810	1,60	1,97	79,95	98,69
3,00	8	0	0,809	1,82	2,26	91,21	112,79
3,10	11	0	0,807	2,50	3,10	125,21	155,09
3,20	12	0	0,806	2,73	3,38	136,37	169,19
3,30	17	0	0,755	3,62	4,79	180,89	239,68
3,40	15	0	0,753	3,19	4,23	159,33	211,49
3,50	15	0	0,752	3,18	4,23	159,06	211,49
3,60	13	0	0,751	2,75	3,67	137,63	183,29

3,70	13	0	0,750	2,75	3,67	137,40	183,29
3,80	10	0	0,798	2,25	2,82	112,57	140,99
3,90	9	0	0,797	1,93	2,43	96,68	121,27
4,00	10	0	0,796	2,15	2,69	107,26	134,75
4,10	14	0	0,745	2,81	3,77	140,51	188,65
4,20	15	0	0,744	3,01	4,04	150,32	202,12
4,30	15	0	0,743	3,00	4,04	150,09	202,12
4,40	17	0	0,741	3,40	4,58	169,84	229,07
4,50	18	0	0,740	3,59	4,85	179,56	242,55
4,60	16	0	0,739	3,19	4,31	159,38	215,60
4,70	16	0	0,738	3,18	4,31	159,15	215,60
4,80	15	0	0,737	2,98	4,04	148,98	202,12
4,90	15	0	0,736	2,85	3,87	142,47	193,55
5,00	16	0	0,735	3,03	4,13	151,75	206,46
5,10	18	0	0,734	3,41	4,65	170,48	232,26
5,20	19	0	0,733	3,59	4,90	179,71	245,17
5,30	64	0	0,582	9,61	16,52	480,64	825,82

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
4	9,32	2,78	Incoerente	0	14,12	18,6	28,24	0,76	7,09	limi sabbiosi
5,3	19,85	5,23	Incoerente	0	15,1	19,21	66,3	0,76	15,11	sabbie e ghiaie

## **TERRENI INCOERENTI**

### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	28,02	56,26	60,49	26,19
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	37,29	69,59	69,44	43,22

### **Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt correto per presenz a fissa	Peck-H anson-T hornbur g-Meyer hof 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schnert mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-F ukunt 1982 (ROAD BRIDG E SPECIF ICATIO N)	Japanes e Nationa l Railway	De Mello	Owasak i & Iwasaki
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	29,03	22,03	29,99	30,88	32,53	0	<30	25,31	29,13	35,01	26,91
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	31,32	24,32	32,23	30,25	35,51	37,74	30-32	30,05	31,53	40,14	32,38

**Modulo di Young (Mpa)**

Nspt Prof. Strato Nspt corretto Terzaghi Schimertmann Schultze-Men D'Appollonia Bowles (1982)

		(m)	per presenza falda		(1978) (Sabbie)	zenbach (Sabbia ghiaiosa)	ed altri 1970 (Sabbia)	Sabbia Media
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	—	5,56	—	—	—
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	27,21	11,85	17,55	28,77	14,76

#### Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglierat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	—	4,12	4,94	6,83
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	8,89	5,74	10,52	10,34

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	Meyerhof ed altri	14,12
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	Meyerhof ed altri	15,10

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Sastro (KN/m³)
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,60
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,21

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	(A.G.I)	0,34
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	(A.G.I)	0,32

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	40,18	40,57
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	81,84	64,41

#### Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	Ohta & Goto (1978) Limi	109,74
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	Ohta & Goto (1978) Limi	147,22

#### Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione

[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	Seed e Idriss (1971)	-
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	Seed e Idriss (1971)	-

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	Navfac 1971-1982	1,46
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	Navfac 1971-1982	3,15

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

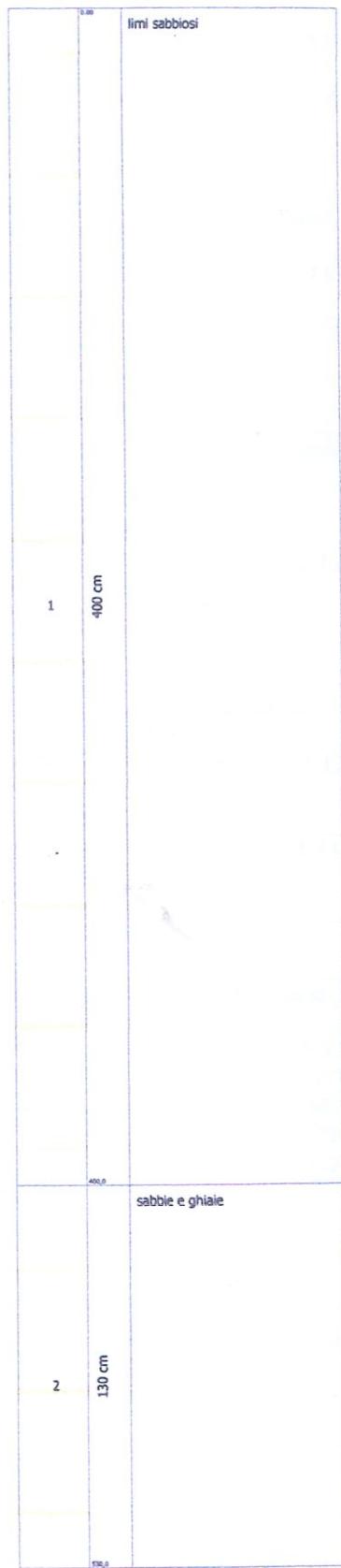
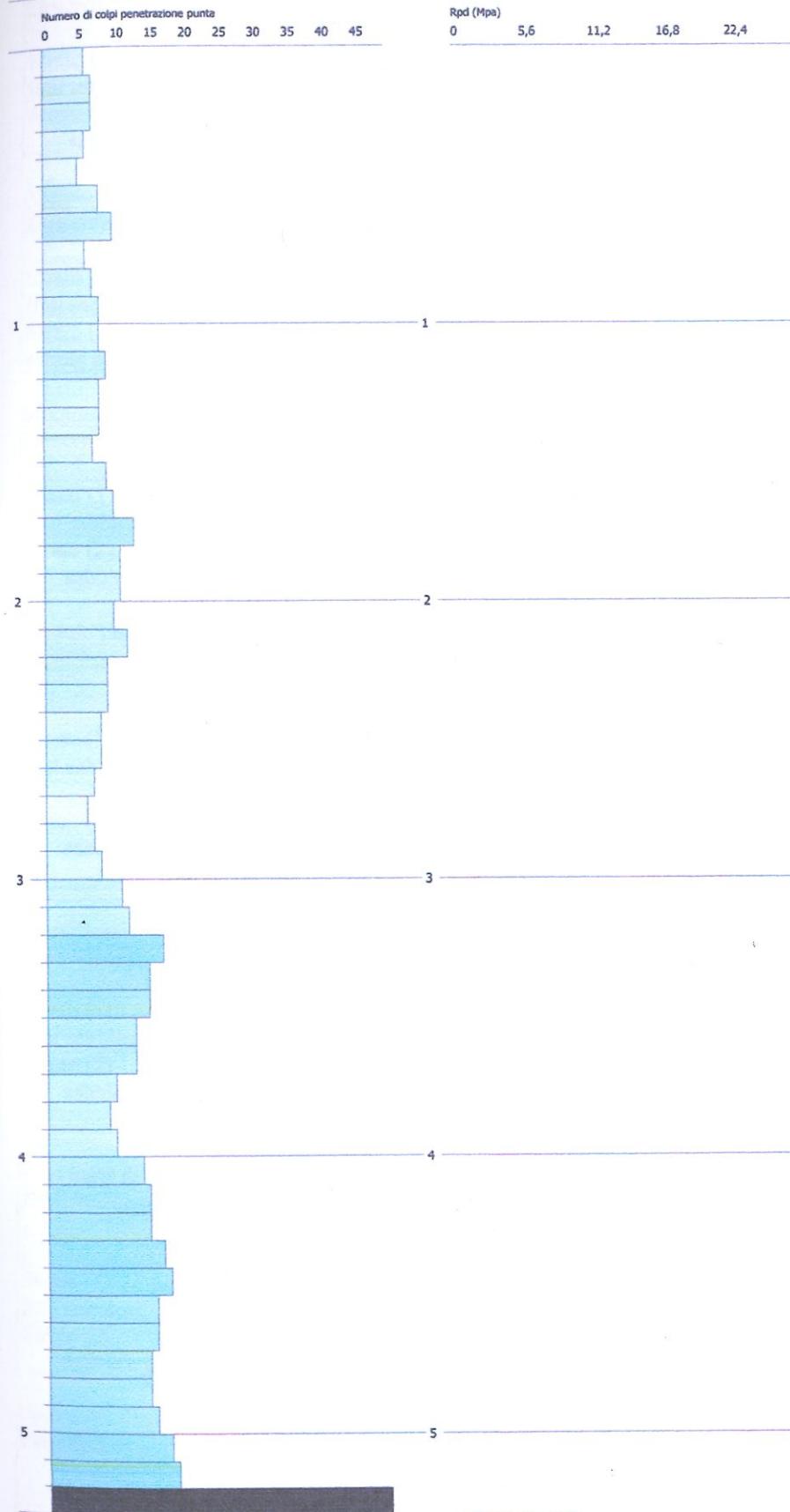
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - limi sabbiosi	7,09	4,00	7,09	Robertson 1983	1,39
[2] - sabbie e ghiaie	15,11	5,30	15,11	Robertson 1983	2,96

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Bonifazi 5 S.a.s.  
Cantiere: Lottizzazione Il Borgo Sterpete  
Località: Foligno

Data: 23/08/2019

Scala 1:24



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

## TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Gibbs & Holtz 1957	28,02
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Gibbs & Holtz 1957	37,29

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Sowers (1961)	29,99
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Sowers (1961)	32,23

## Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Bowles (1982) Sabbia Media	14,76

## Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,12
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,74

## Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Meyerhof ed altri	14,12
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Meyerhof ed altri	15,10

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Sastro (KN/m³)
Strato (1)	7,09	0,00-4,00	7,09	Terzaghi-Peck	18,60

limi sabbiosi Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	1948-1967 Terzaghi-Peck 1948-1967	19,21
--	-------	-----------	-------	---	-------

## Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	(A.G.I.)	0,32

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Ohsaki (Sabbie pulite)	40,18
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Ohsaki (Sabbie pulite)	81,84

## Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Ohta & Goto (1978) Limi	109,74
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Ohta & Goto (1978) Limi	147,22

## Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Navfac 1971-1982	1,46
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Navfac 1971-1982	3,15

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) limi sabbiosi	7,09	0,00-4,00	7,09	Robertson 1983	1,39
Strato (2) sabbie e ghiaie	15,11	4,00-5,30	15,11	Robertson 1983	2,96

ato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unità di Volume (KN/m³)	Peso Unità di Volume Saturo (KN/m³)	fi (°)	Cu (kPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)
1	4,0	7,09	Incoerente	14,12	18,6	29,99	0	4,12	0,0
2	5,3	15,11	Incoerente	15,1	19,21	32,23	0	5,74	14,76

## Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

## Dati generali

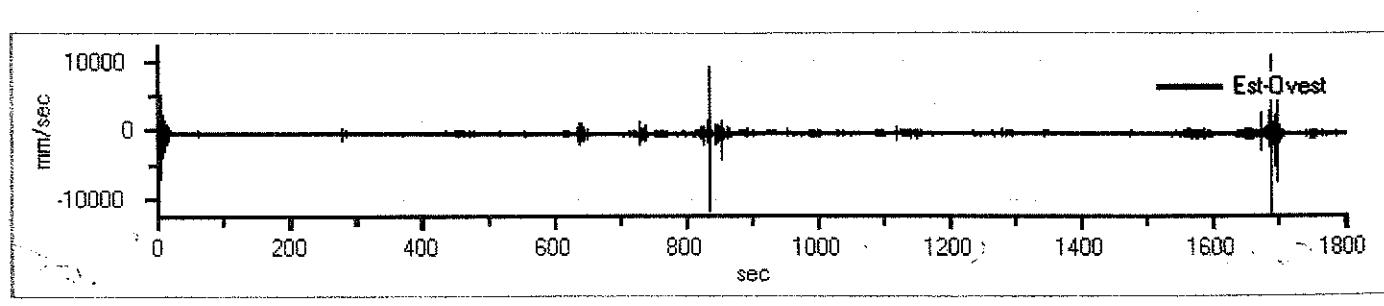
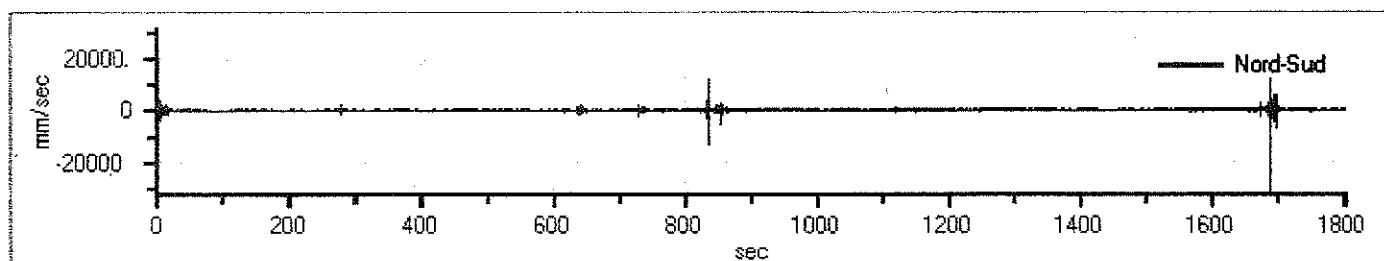
Nome progetto: Completamento lottizzazione "Il Borgo"  
Committente: Bonifazi 5 S.r.l.  
Cantiere: Sterpete  
Località: Foligno  
Operatore:  
Responsabile:  
Data: 19/10/2010 0.00.00.  
Zona:  
Latitudine:  
Longitudine:

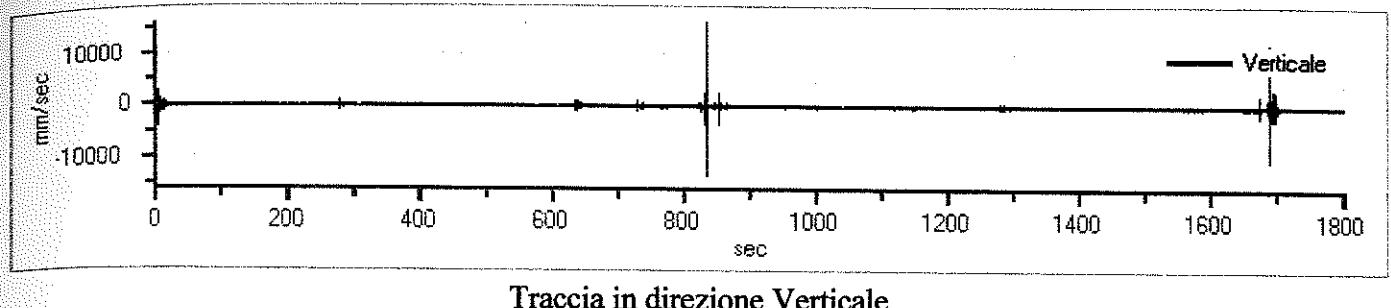
## Tracce in input

### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1800 s  
Frequenza di campionamento: 200,00 Hz  
Numero campioni: 360000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

### Grafici tracce:





## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 83  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 83  
 Dimensione temporale finestre: 20,480 s  
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %

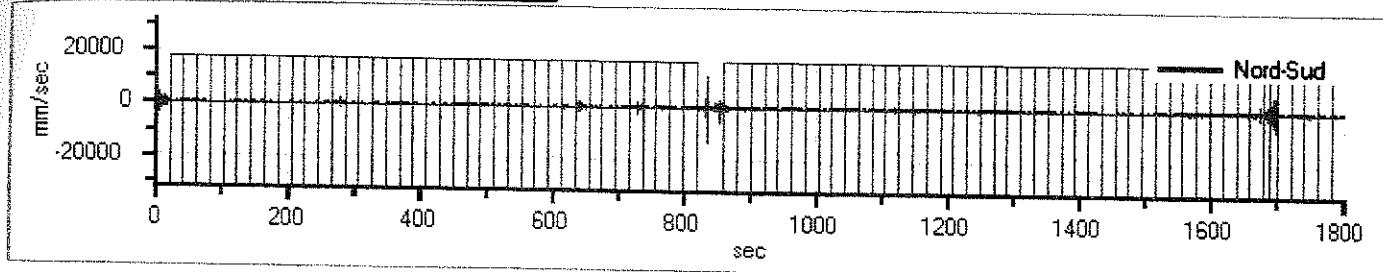
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	20,48	40,96	Inclusa
2	40,96	61,44	Inclusa
3	61,44	81,92	Inclusa
4	81,92	102,4	Inclusa
5	102,4	122,88	Inclusa
6	122,88	143,36	Inclusa
7	143,36	163,84	Inclusa
8	163,84	184,32	Inclusa
9	184,32	204,8	Inclusa
10	204,8	225,28	Inclusa
11	225,28	245,76	Inclusa
12	245,76	266,24	Inclusa
13	266,24	286,72	Inclusa
14	286,72	307,2	Inclusa
15	307,2	327,68	Inclusa
16	327,68	348,16	Inclusa
17	348,16	368,64	Inclusa
18	368,64	389,12	Inclusa
19	389,12	409,6	Inclusa
20	409,6	430,08	Inclusa
21	430,08	450,56	Inclusa
22	450,56	471,04	Inclusa
23	471,04	491,52	Inclusa
24	491,52	512	Inclusa
25	512	532,48	Inclusa

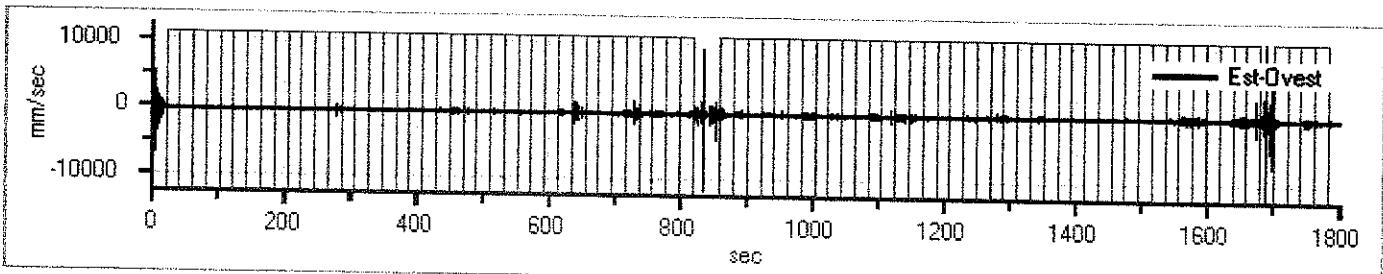
26	532,48	552,96	Inclusa
27	552,96	573,44	Inclusa
28	573,44	593,92	Inclusa
29	593,92	614,4	Inclusa
30	614,4	634,88	Inclusa
31	634,88	655,36	Inclusa
32	655,36	675,84	Inclusa
33	675,84	696,32	Inclusa
34	696,32	716,8	Inclusa
35	716,8	737,28	Inclusa
36	737,28	757,76	Inclusa
37	757,76	778,24	Inclusa
38	778,24	798,72	Inclusa
39	798,72	819,2	Inclusa
40	860,16	880,64	Inclusa
41	880,64	901,12	Inclusa
42	901,12	921,6	Inclusa
43	921,6	942,08	Inclusa
44	942,08	962,56	Inclusa
45	962,56	983,04	Inclusa
46	983,04	1003,52	Inclusa
47	1003,52	1024	Inclusa
48	1024	1044,48	Inclusa
49	1044,48	1064,96	Inclusa
50	1064,96	1085,44	Inclusa
51	1085,44	1105,92	Inclusa
52	1105,92	1126,4	Inclusa
53	1126,4	1146,88	Inclusa
54	1146,88	1167,36	Inclusa
55	1167,36	1187,84	Inclusa
56	1187,84	1208,32	Inclusa
57	1208,32	1228,8	Inclusa
58	1228,8	1249,28	Inclusa
59	1249,28	1269,76	Inclusa
60	1269,76	1290,24	Inclusa
61	1290,24	1310,72	Inclusa
62	1310,72	1331,2	Inclusa
63	1331,2	1351,68	Inclusa
64	1351,68	1372,16	Inclusa
65	1372,16	1392,64	Inclusa
66	1392,64	1413,12	Inclusa
67	1413,12	1433,6	Inclusa
68	1433,6	1454,08	Inclusa
69	1454,08	1474,56	Inclusa
70	1474,56	1495,04	Inclusa
71	1495,04	1515,52	Inclusa
72	1515,52	1536	Inclusa
73	1536	1556,48	Inclusa
74	1556,48	1576,96	Inclusa

75	1576,96	1597,44	Inclusa
76	1597,44	1617,92	Inclusa
77	1617,92	1638,4	Inclusa
78	1638,4	1658,88	Inclusa
79	1658,88	1679,36	Inclusa
80	1699,84	1720,32	Inclusa
81	1720,32	1740,8	Inclusa
82	1740,8	1761,28	Inclusa
83	1761,28	1781,76	Inclusa

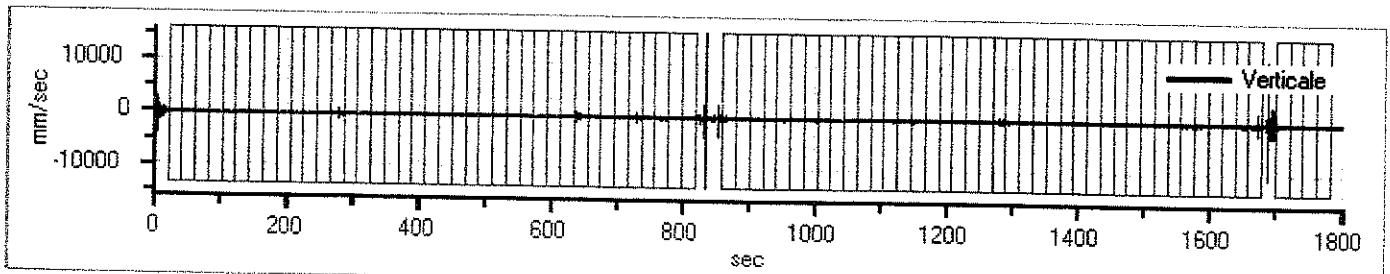
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

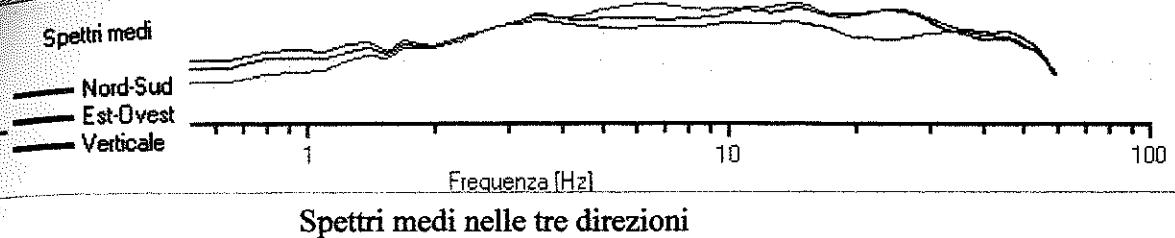


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

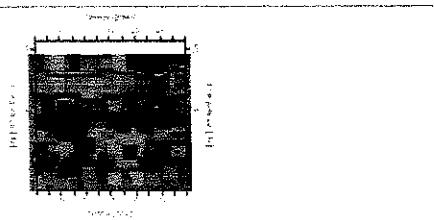


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

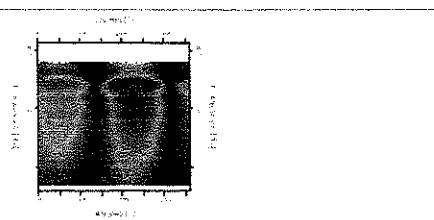
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

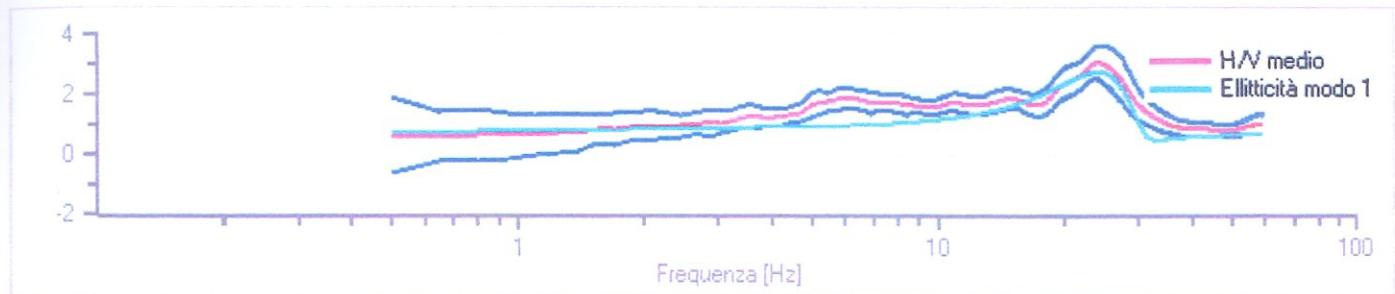
#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	60,00 Hz
Frequenza minima:	0,50 Hz
Passo frequenze:	0,15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	10,00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

#### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 24,05 Hz  $\pm 0,18$  Hz

#### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

#### Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^- \in [f_0, 4 \cdot f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

#### Modello stratigrafico

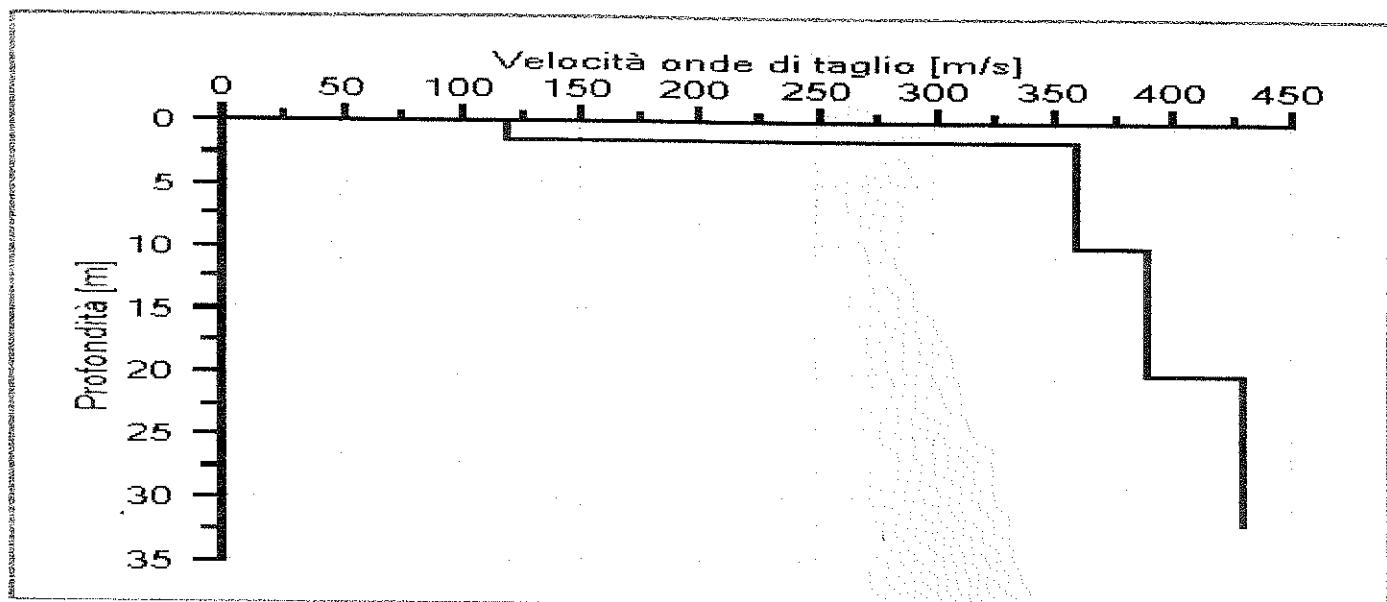
##### Dati riepilogativi:

Numero strati: 4  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 24,20 Hz  
 Valore di disadattamento: -1,00  
 Valore Vs30: 352,91 m/s

##### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1,5	18	0,3	120
2	1,5	8,5	18	0,3	360

3	10	10	19	0,3	390
4	20	12	19	0,3	430



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

## Indice

Cenni tecnica HVSR .....	2
Dati generali .....	3
Tracce in input .....	3
Grafici tracce .....	3
Finestre selezionate .....	4
Tabella finestre .....	4
Grafici tracce con finestre selezionate .....	6
Grafici degli spettri .....	6
Mappa stazionarietà .....	7
Mappa direzionalità .....	7
Rapporto spettrale H/V .....	7
Grafico H/V .....	7
Verifiche SESAME .....	8
Modello stratigrafico .....	8
Grafico Profilo velocità .....	9
Indice .....	10