




# CENTRALE DI STOCCAGGIO GAS DI FIUME TRESTE (CH)

## INSTALLAZIONE UNITA' ELCO-EC5

### RELAZIONE GEOLOGICA E RISPOSTA SISMICA

EX-DE	00	15-07-22	Emissione per enti	Baldelli	Veccia	Ambrosini	STOGIT
Stato di Validità	Numero Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato	Approvato Committente
Indice di revisione							
Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>			Nome del Progetto <b>Installazione Unità ELCO-EC5</b>		Identificativo Committente 041105DFLB13330 Commessa N. NS/20029/R-M01		
Logo e Denominazione Commerciale Progettista  <b>SAIPEM</b>					Identificativo Progettista 05-BG-E-94000 Commessa N. 023118		
Logo e Denominazione Commerciale Fornitore					Codice Fornitore n.a. Ordine N n.a.		
Nome Infrastruttura <b>Centrale di Stoccaggio Gas di Fiume Treste</b>			Ubicazione <b>Cupello (CH)</b>		Scala n.a.	Foglio di Fogli 1 /96	
Titolo Documento RELAZIONE GEOLOGICA E RISPOSTA SISMICA					Sostituisce il N. Sostituito dal N.		
					Area Impianto n.a.	Unità di Impianto	

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 2 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

## INDICE


1	INTRODUZIONE .....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3	LOCALIZZAZIONE DEL SITO.....	6
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	9
	4.1 Inquadramento generale .....	9
	4.2 Inquadramento geologico sito specifico .....	12
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	17
6	INDAGINI SVOLTE .....	22
7	LITOSTRATIGRAFIA .....	27
8	SISMICITÀ .....	28
9	ANALSI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	39
	9.1 Definizione dell'input sismico .....	42
	9.2 Definizione dei dati di disaggregazione .....	42
	9.3 Stato limite SLD .....	43
	9.4 Stato limite SLV .....	46
	9.5 Determinazione accelerogrammi di input .....	49
	9.6 Calcolo della Risposta Sismica Locale .....	50
10	COMPATIBILITA' CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO .....	60
11	COMPATIBILITA' CON IL PAI.....	62
12	CONCLUSIONI .....	66

**ALLEGATO 1: Stato Limite Danno (SLD) - Elaborazioni della Risposta Sismica Locale (RSL)**

**ALLEGATO 2: Stato Limite salvaguardi Vita (SLV) - Elaborazioni della Risposta Sismica Locale (RSL)**

**ALLEGATO 3: STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI - Area sottostazione elettrica**

**ALLEGATO 4: RAPPORTO TECNICO - Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-EC5 presso la centrale gas di Fiume Treste, Cupello (CH)**

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 3 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

## 1 INTRODUZIONE

La Società STOGIT S.p.A., con sede legale a S. Donato Milanese (MI) in Piazza Santa Barbara 7, intende installare presso la centrale di compressione gas facente parte della concessione mineraria di Fiume Treste nel comune di Cupello (CH) una nuova unità di compressione azionata da motore elettrico (elettrocompressore, ELCO, denominato EC5).

La centrale di compressione comprende ad oggi le seguenti unità di compressione (turbogruppo accoppiato a un compressore centrifugo):

- TC1 con potenza di circa 11 MW, in esercizio.
- TC3 e TC4, entrambe con potenza di 23 MW, in esercizio.

La capacità nominale totale di impianto è di circa 30 MSm<sup>3</sup>/g.

È prevista l'installazione di una nuova unità di compressione a doppio stadio di taglia di circa 13 MW azionata da motore elettrico.

Il nuovo ELCO ha lo scopo di consentire un'ottimizzazione della gestione dell'iniezione del gas, privilegiando l'utilizzo dell'unità elettrica stessa.

L'installazione del nuovo compressore comporta il potenziamento del sistema di alimentazione elettrico della centrale attraverso una nuova alimentazione derivata dalla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in alta tensione.

La nuova unità di compressione è collegata ai collettori di aspirazione e di mandata con le stesse modalità delle altre unità esistenti.


Obiettivo del presente report è quello di riportare gli esiti delle indagini e rilievi geologici, geognostici e geofisici eseguiti sul sito oggetto del progetto.

Tutte le indagini e i rilievi sono finalizzati alla ricostruzione del modello geologico e stratigrafico del sito nonché a ricostruire il quadro sismico di riferimento per l'area dell'impianto in progetto.

Dalla conoscenza pregressa del sito, derivante da precedenti studi effettuati in corrispondenza sia della centrale che dell'attiguo impianto di trattamento, l'area d'interesse ricade, da un punto di vista geologico, nell'ambito del "*bacino abruzzese plio-pleistocenico*".

Questo è costituito da sedimenti marini deposti in ambiente di fossa tra il Pliocene ed il Pleistocene, costituiti prevalentemente da materiali pelitici. L'area in esame, che ricade nella fascia collinare adriatica abruzzese, è costituita da formazioni pelitiche del Plio-Pleistocene come risultato della continua sedimentazione terrigena nell'avanfossa adriatica subsidente.

In particolare, dato confermato anche dall'analisi della cartografia geologica disponibile (Carta geologica a scala 1:50.000 del progetto CARG di ARPAT), la zona ricade in corrispondenza della cosiddetta *Formazione d Mutignano* (Pliocene Sup. – Pleistocene inf.) costituita da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurrognole, talora con fratture di tipo concoide. Con intercalazioni sottilissime di sabbie che generalmente

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b> 	<b>Identificativo documento Committente</b> 041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b> 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 4 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b> 01	

sono rare nella parte basale della formazione per diventare via via più abbondanti verso il tetto della stessa.

Nella maggior parte dei casi sono ricoperte da spessori anche notevoli (dell'ordine della decina di metri) di coltri eluvio-colluviali che ne obliterano l'affioramento. Tali coltri sono generalmente costituite da limi, limi argillosi e argille limose a struttura tipicamente caotica.


Dai sondaggi disponibili per la zona della centrale risulta la seguente successione stratigrafica

- Argilla: argilla marrone scuro con ciottoli ghiaiosi. Fino alla profondità di 3-6 m;
- Argilla: argilla marrone chiara con lenti grigie. Per uno spessore di 2-5.5 m.
- Argilla: stesso litotipo precedente ma di colorazione marrone e grigio-verdastra. A partire dalla profondità di 8-9 m dal p.c.

In sostanza quindi nella zona della centrale sono presenti litotipi prevalentemente coesivi pelitici riferibili alla formazione in posto plio-pleistocenica ed ai suoi prodotti di alterazione. In genere il tetto del substrato in posto poco o niente alterato è rinvenibile entro la profondità di 10 m dal p.c.

Partendo da questa conoscenza di base, si è programmata una campagna geognostica per ricostruire la successione litostratigrafica e per individuare i parametri sismici necessari per ottemperare alla normativa vigente e finalizzati a supportare la progettazione delle strutture da realizzare.


Qui di seguito si riportano i risultati delle indagini di approfondimento e la ricostruzione del modello geologico, stratigrafico, geotecnico e sismico funzionale alla fase progettuale.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 5 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato redatto in ottemperanza alla seguente normativa di riferimento:

- **D.M. LL. PP. 11/3/88** “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce”
- **OPCM n. 3274** del 20/3/03 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- **OPCM n. 3316** del 20/10/2003 “Modifiche ed integrazioni all’ordinanza n. 3274 del 20/3/03”;
- **Dipartimento della Protezione Civile** – Ufficio Servizio Sismico Nazionale. Nota esplicativa dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/03. Data: 4 giugno 2003;
- **Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3431** del 3/5/05;
- **Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche**– Associazione Geotecnica Italiana – 1977;
- **Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio** – Associazione Geotecnica Italiana – 1994;
- **L.R. n. 28/2011**, recante “Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche”, modificata dalla L.R. 20 ottobre 2015, n. 32 con cui sono state attribuite a regioni e Comuni le funzioni in materia antisismica.
- **Decreto 30 Dicembre 2016, n. 3** Reg. regolamento attuativo della legge regionale 11 agosto 2011, n. 28 (norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone simiche),
- **D.M. 17 gennaio 2018** – Norme Tecniche per le Costruzioni;

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  6 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

### 3 LOCALIZZAZIONE DEL SITO

L'impianto STOGIT di Fiume Treste è ubicato nel territorio del Comune di Cupello (CH). Si trova nella porzione meridionale del territorio comunale, non distante dai confini con i limitrofi territori dei comuni di San Salvo, a nord, e di Lentella a sud. L'area non è distante nemmeno dal confine regionale tra l'Abruzzo ed il Molise che corre in corrispondenza del fiume Trigno.

Si tratta di un'area rurale a cavallo dei primi rilievi collinari che degradano verso la piana costiera.

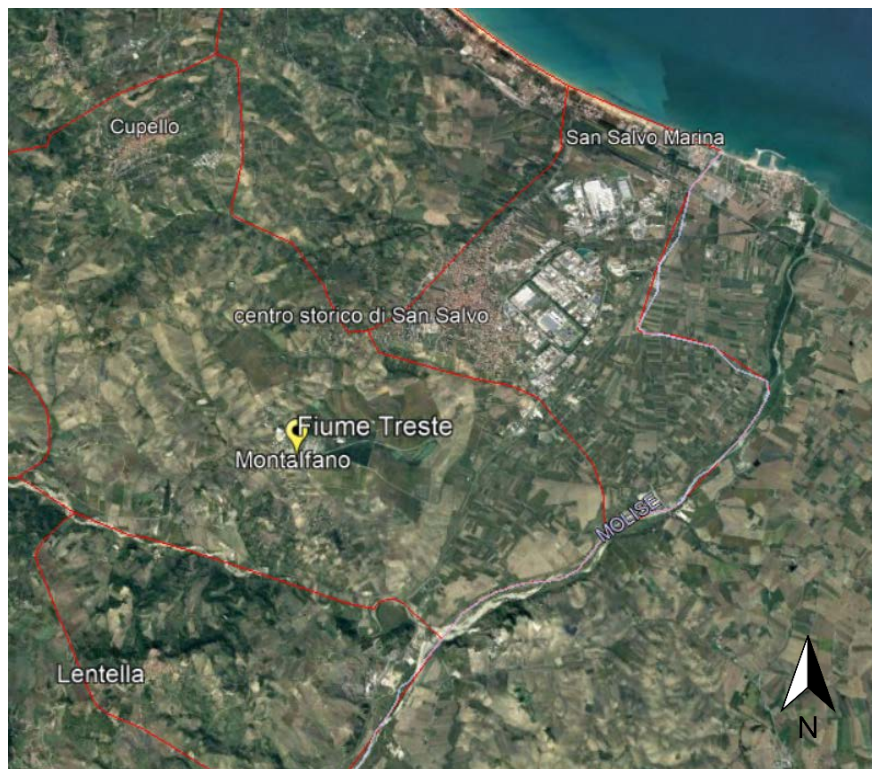



Figura 3-1: localizzazione dell'impianto Stogit del Fiume Treste. La linea rossa indica i limiti comunali.

Le coordinate del sito di interesse, nei principali sistemi di riferimento, sono riportati nella tabella seguente:

	Latitudine (°)	Longitudine (°)
WGS84	42.024787	14.703669
ED50	42.025757	14.704547

Figure 3-1: coordinate del sito nei principali sistemi di riferimento geografici

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  7 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

Al catasto dei terreni l'area di imposta della centrale è contraddistinta con le particelle 54; 4117; 4119 e 4120 del Foglio 24 del comune di Cupello (CH). In Figura 3-3 è riportato uno stralcio del foglio catastale in oggetto.



Figura 3-2: Impianto STOGIT di Fiume Treste. Il bordo rosso indica la centrale; il bordo giallo l'impianto trattamento.



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  8 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	



Figura 3-3: stralcio della planimetria catastale (non in scala)



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  9 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 4.1 INQUADRAMENTO GENERALE


L'area abruzzese, seppur nella sua complessità, è il risultato della deformazione e del sollevamento di alcuni domini paleogeografici mesozoici, strutturatisi nel Neogene (soprattutto tra il Miocene medio ed il Pliocene inferiore).

L'area abruzzese, come la contigua area laziale, della quale condivide molte caratteristiche, e alla stessa stregua dei settori appenninici posti più ad W e ad E, deriva dall'evoluzione prevalentemente neogenica di un sistema orogenico catena-avanfossa- avampaese, in cui si possono ricostruire fasi di migrazione degli sforzi compressivi dai settori occidentali (peritirrenici) verso quelli orientali (area adriatica), fasi compressive accompagnate e poi seguite, a partire almeno dal Miocene superiore, da una tettonica distensiva anch'essa in migrazione da W verso E, e non ancora ultimata. Ha così avuto luogo la strutturazione, prima in ambiente sottomarino e poi subaereo, dell'area abruzzese, così come la conosciamo oggi, articolata in dorsali quali Velino- Sirente, Marsica, Gran Sasso, Morrone, Maiella, e depressioni quali la Piana del Fucino, la Piana di Sulmona, la Conca Aquilana (Miccadei, 1993; Miccadei et alii, 1999).

L'emersione graduale della catena in formazione ha creato, infine, nel Plio-Pleistocene le condizioni per una importante fase di smantellamento subaereo, accompagnata dalla deposizione di una potente coltre di depositi detritici alluvionali e anche lacustri, che colmano le aree depresse e ricoprono a mantello gran parte della fascia periadriatica, mascherando le tracce delle deformazioni più antiche e conferendo in tal modo all'area un'apparenza di continuità sedimentaria e strutturale ben superiore a quella reale (Miccadei *et alii*, 1999; D'Alessandro *et alii*, 2003a).

Nel settore più orientale, dove ricade l'impianto in progetto, nello stesso periodo si sviluppa il *bacino periadriatico*, colmato da una potente successione marina.

L'evoluzione geodinamica del settore crostale cui appartiene l'Abruzzo è fondamentalmente controllata dalla presenza di unità paleogeografico-strutturali che si sono sviluppate a partire dal Trias superiore (terreni più antichi non sono conosciuti nell'area, neppure in sondaggio) sul margine meridionale dell'oceano Tetide in espansione, al largo del continente africano, mentre Africa ed Europa tornavano a dividersi e ad allontanarsi. Su un segmento crostale presumibilmente di natura continentale, spianato in superficie da una lunga fase di emersione ed erosione, e che dobbiamo immaginare in gran parte disarticolato in blocchi variamente assottigliati e in rapido sprofondamento (subsidenza), ben presto invasi dalle acque marine, si


Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 10 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

sono dapprima individuate e poi sviluppate alcune unità fondamentali dalla cui interazione successiva, nelle fasi orogeniche neogeniche, sarebbe poi derivato questo settore della catena appenninica Tali unità, procedendo da quelle più interne e più deformate, che formano oggi il cuore della catena, in direzione di quello che è oggi l'avampaese adriatico, caratterizzato da terreni scarsamente deformati, sono:

- 1) la grande **Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese** (facies di piattaforma carbonatica di tipo bahamiano dal Trias superiore al Cretacico superiore, e facies di rampa carbonatica fino al Miocene medio), con le relative facies marginali riconoscibili nell'area Velino - Monti d'Ocre, Sirente, Montagna Grande, Matese;
- 2) i **Bacini esterni** adiacenti, con facies calcareo-silico-marnose pelagiche sviluppate in genere dal Lias medio al Miocene inferiore. Si tratta di unità paleogeografiche che, sia pure parzialmente obliterate o raccorciate durante la fase compressiva successiva, sono tuttora agevolmente riconoscibili attorno alla Piattaforma (*Bacino umbro-sabino* ad W, *Bacino umbro-marchigiano* a N, *Bacino molisano* ad E). Il Bacino umbro-marchigiano in particolare si estende verso E fino a comprendere gran parte del Gran Sasso e la Maiella Nord. Le comunicazioni tra il Bacino molisano e quello umbro-marchigiano sono oggi in gran parte obliterate dai raccorciamenti tettonici, ma ne rimane traccia nel cosiddetto *Corridoio Marsicano*, una sottile fascia di terreni pelagici riconoscibile nella stretta dorsale che da Rocca Chiarano si spinge fino al M. Genzana;
- 3) la piccola **Piattaforma carbonatica abruzzese esterna**, individuata da alcuni Autori nell'unità Morrone Sud - Pizzalto - Rotella, interposta quindi (con facies abbastanza simili) tra la Piattaforma laziale-abruzzese;
- 4) la **Piattaforma carbonatica apula deformata**, la più esterna delle unità abruzzesi, collegata all'attuale avampaese indeformato apulo. Vi appartengono il settore di Casoli, la Maiella Sud e tutta l'area prospiciente la Maiella verso E. Quest'ultima parte è nota soprattutto da indagini di sottosuolo per esplorazione di idrocarburi.

### Le avanfosse

Le unità sopra descritte, costituite da spessori rilevanti (migliaia di metri) di sedimenti carbonatici o calcareo-silico-marnosi depositi nel corso di una ininterrotta storia deposizionale marina, sono state raggiunte e ricoperte tra il Miocene sup. (unità più interne) ed il Pliocene inf. (margine adriatico) da abbondanti apporti silicoclastici torbiditici. I depositi più recenti ed esterni colmano una marcata avanfossa, ove si riconoscono spessori di migliaia di metri di materiale terrigeno

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  11 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

(Formazione della Laga, Formazione Cellino). L'avanfossa più esterna è ancora ben distinguibile nel tratto marchigiano-abruzzese e risulta giustapposta alla catena (che conserva tuttavia al suo interno evidenze di avanfosse più antiche). Verso N essa risulta collegata alla grande avanfossa padano-adriatica, di cui in pratica costituisce un settore, mentre a S, con una breve interruzione all'altezza della Maiella, si continua con la "fossa bradanica", ove catena ed avanfossa tendono a confondersi.

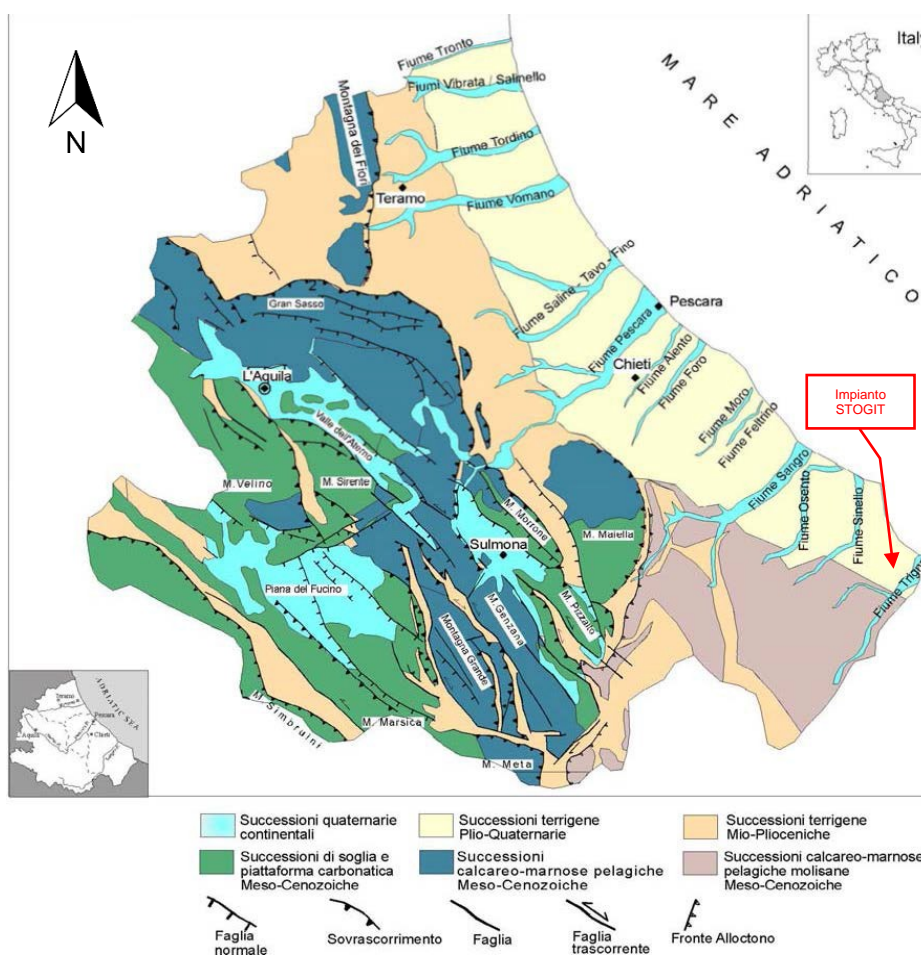



Figura 4-1 – schema geologico della regione Abruzzo

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 12 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b> 01	


## 4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO SITO SPECIFICO

Come indicato nel paragrafo precedente, il sito di interesse ricade in corrispondenza dei depositi di avanfossa, caratterizzati da depositi marini plio-pleistocenici.

Si tratta di depositi marini di natura torbidityca che, a seconda della distalità dalla allora linea di costa, hanno risentito più degli apporti grossolani (sabbie) per i depositi più prossimi, piuttosto che di quelli più fini (argille) per i depositi più distali.


Nel dettaglio, facendo riferimento allo stralcio della carta geologica riportata in Figura 4-2, si hanno:

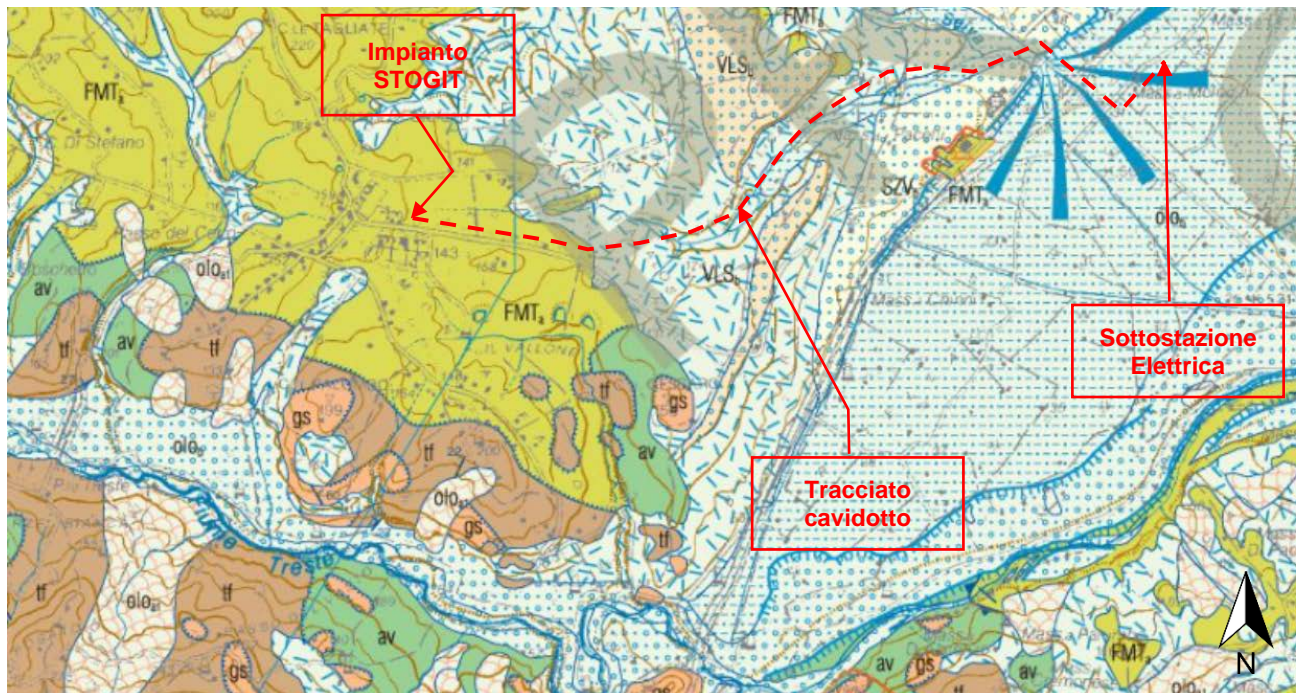
- **UNITA' DEL FIUME TRESTE (UTS)** (*Cretaceo sup. – Miocene sup.*): sono cartografati olistoliti e/o olisostromi che costituiscono le *unità del Fiume Treste*. Queste sono rappresentate da lembi di *argille variegatae (av)*, di *formazione di Tufillo (tf)* e dell'associazione gessosa (*gs*). Nello specifico si tratta di:
  - **Gruppo delle argille Variegatae (av)**: sono costituite da argille più o meno marnose, di colore dal rosso violaceo al brunastro, dal grigio al verde oliva, plastiche. Si rinvengono al loro interno brandelli litologici che contribuiscono a rendere l'insieme un "complesso caotico";
  - **Formazione di Tufillo (tf)**: è costituita prevalentemente da marne e marne calcaree, grigie, verdi e bianche;
  - **Associazione Gessosa (gs)**: è costituita da corpi di gessi selenitici con strutture a "coda di rondine" e gessi microcristallini bianchi e grigi, in grossi banchi e strati. I lembi di questa formazione si rinvengono spesso immersi all'interno delle *Argille Variegatae* o al tetto della *formazione di Tufillo*.
- **FORMAZIONE DI MUTIGNANO (FMT)**: appartiene alla successione marina del Pliocene sup. – Pleistocene p.p. I termini della *formazione di Mutignano* sono riferibili ad ambienti che vanno dall'offshore allo shoreface. Lo spessore della formazione è di oltre 200 m. Si possono distinguere diverse litofacies:
  - **Associazione pelitico-sabbiosa (FMT<sub>a</sub>)**: è il termini più basso della formazione. Ad eccezione di aree calanchive lungo i corsi fluviali, la formazione è difficilmente in affioramento. È costituita da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro, compatte, spesso a frattura concoide, con intercalati livelli sottili di sabbie gialle, sabbie limose e sabbie microconglomeratiche. Le sabbie diventano maggiormente presenti alla base dell'associazione. Mentre verso l'alto sono predominanti le argille, soprattutto presenti a sud di Cupello. Lo spessore è valutabile in almeno 170 m;
  - **Associazione sabbioso-pelitica (FMT<sub>c</sub>)**: sono i termini di transizione con la sottostante *associazione pelitico-sabbiosa* e la sovrastante *associazione sabbioso-conglomeratica*. È costituita da alternanze di sabbie e sabbie siltose grigiastre sottilmente laminate. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dall'alto verso il basso. Lo spessore dell'associazione è di poche decine di metri, in genere meno di 30 m. L'ambiente deposizionale è riconducibile alla transizione tra il sistema offshore e il sistema deltizio;
  - **Associazione sabbioso-conglomeratica (FMT<sub>d</sub>)**: i massimi spessore in affioramento sono di circa 40 m. Si tratta di sabbie da poco a scarsamente cementate da fini a molto grossolane, ben classate, di colore giallastro, con bioturbazioni, in strati da fini a medio-spessi. Alle sabbie si intercalano livelli di

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 13 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b> 01	

ghiaie e di conglomerati composti da ciottoli decimetrici calcarei o, in subordine, silicei.

- **UNITA' DI COLLE ZINGARO (CZN)** (*Pleistocene p.p.*): appartiene ai depositi della successione del Quaternario continentale che affiorano prevalentemente lungo la valle del F. Trigno, oltre che lungo la piana costiera. I depositi fluviali e di conoide sono organizzati in più ordini di terrazzi. Sono costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con intercalazioni di livelli e lenti decimetriche di sabbie. Le ghiaie sono riferibili ad ambiente fluviale o di conoide alluvionale.
- **DEPOSITI OLOCENICI (olo)**: sono depositi continentali dell'Olocene p.p., formati per effetto della gravità o della capacità erosiva e di trasporto dei fiumi. Nell'area di interesse sono distinguibili:
  - *Depositi di frana (olo<sub>a1</sub>)*: affiorano diffusamente nei pressi dell'area di studio. Sono caratterizzati da litologie differenti, funzione di quelli interessati dai processi di dissesto. Si presentano in genere come depositi poligenici in assetto caotico.
  - *Depositi alluvionali (olo<sub>b</sub>)*: nell'area questi depositi affiorano lungo il fondovalle del fiume Trigno. Costituiscono inoltre la conoide alluvionale che si sviluppa allo sbocco del fosso della Selva sulla piana alluvionale del Fiume Trigno. Lungo la piana sono presenti fino a 9 m più alti rispetto all'alveo attuale. Depositi sabbiosi-ghiaiosi, con lenti di argille e torbe, sono presenti lungo la piana alluvionale del fiume Treste e Trigno. I depositi ghiaiosi sono costituiti da clasti, poligenici, di dimensioni decimetriche e centimetriche, con intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi. Nella parte alta prevalgono i livelli limoso-sabbiosi bruni e grigi con ciottoli sparsi riferibili a facies di canale o di barra di sistemi deposizionali tipo braided. Lo spessore è variabile da pochi metri a circa 15 m in corrispondenza dell'alveo del fiume Trigno.
  - *Coltre eluvio-colluviale (olo<sub>b2</sub>)*: è costituita da limi, argille e sabbie, da grigiastri a bruno-rossastri, con sparsi clasti centimetrici arenacei, selciferi e calcarei. Sono presenti frequenti concrezioni calcaree, particolarmente sviluppate in corrispondenza del contatto con le unità sottostanti. È caratterizzata da una struttura interna generalmente massiva e costituisce il prodotto dell'alterazione dei depositi pelitico-sabbiosi della successione marina terrigena e dei sistemi più antichi. Lo spessore varia da pochi metri a oltre 10 m. Le coltri eluvio-colluviali sono ubicate lungo i principali versanti collinari, nelle aree di raccordo dei versanti con i fondovalle e lungo le numerose vallecicole. Possono essere presenti anche alla sommità tabulare dei rilievi collinari. Le coltri eluvio-colluviali, che coprono diffusamente con spessori variabili le successioni marine e continentali, possono presentare un'evoluzione complessa e articolata lungo tutto l'Olocene e, in alcuni casi, probabilmente a partire anche dal Pleistocene superiore.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  14 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	



#### Depositi olocenici

Depositi di frana poligenici in assetto caotico. In generale sono formati da blocchi conglomeratici, imballati in depositi sabbioso-argillosi (nelle aree di affioramento della Successione marina del Pliocene superiore - Pleistocene), o da blocchi di calcari o gessi di dimensione fino a decametrica, imballati in terreni argillosi grigi (nelle aree di affioramento dell'Unità del F. Treste) (olo<sub>1</sub>).

Sabbie e ghiaie alluvionali, con livelli e lenti di argille e torbe; i livelli ghiaiosi sono costituiti da clasti, poligenici, di dimensioni da decimetriche a centimetriche, da sub-angolosi ad arrotondati, con intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi; nella parte alta possono divenire prevalenti livelli limoso-sabbiosi bruni e grigi con ciottoli sparsi, riferibili ad ambienti di piana esondabile. Altezze di ghiaie e sabbie a stratificazione pianoparallela o incrociata riferibili ad ambiente di conoide alluvionale. La base è costituita dal contatto erosivo con i depositi del substrato argilloso o dal contatto con i depositi continentali più antichi; il limite superiore è costituito dalla superficie del deposito localmente rimodellata dall'attività antropica (olo<sub>2</sub>).

Coltre eluvio-colluviale costituita da limi, argille e sabbie, con sparsi clasti centimetrici arenacei, selciferi e calcarei; sono presenti frequenti concrezioni calcaree particolarmente in corrispondenza del contatto con le unità sottostanti (olo<sub>3</sub>).

Prodotto eluviale costituito da limi e argille brune e grigie laminate e bioturbate (olo<sub>4</sub>).

Sabbie eoliche a granulometria medio-fine, ben classate, sciolte o debolmente addensate (olo<sub>5</sub>).

Peliti e peliti sabbioso-ciottolose palustri, terreni di bonifica, torbe e sedimenti limno-palustri (olo<sub>6</sub>).

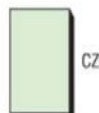
Sabbie di spiaggia a granulometria medio-fine sciolte, ghiaie con ciottoli eterometrici di forma generalmente discoidale, da arrotondati a subarrotondati (olo<sub>7</sub>).

Depositi antropici caotici eterometrici costituiti da ghiaia, sabbia, limo e argilla e da frammenti di manufatti (olo<sub>8</sub>).

**OLOCENE - ATTUALE**



olo




CZN

#### UNITÀ DI COLLE ZINGARO

Conglomerati eterometrici, con lenti e livelli sabbiosi, riferibili ad ambiente fluviale. Il limite inferiore è erosivo sui litotipi argillosi delle successioni marine (FMT<sub>1</sub>); il tetto è costituito dalla topografia attuale che si presenta profondamente rimodellata rispetto alla morfologia originaria dei depositi. Lo spessore affiorante è di pochi metri. Questi depositi sono presenti a quote comprese tra circa 120 e 160 m sul fondovalle.

**PLEISTOCENE MEDIO p.p.?**

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  15 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

#### FORMAZIONE DI MUTIGNANO

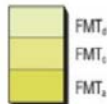
Sabbie ed arenarie da fini a molto grossolane di colore giallastro, frequentemente bioturbate, in strati da sottili a spessi, con lenti e livelli conglomeratici, con clasti calcarei e silicei generalmente ben arrotondati. Le sabbie presentano stratificazioni incrociate sia a basso sia ad alto angolo, con clinostatificazione prevalente verso nord. Le laminazioni sono generalmente incrociate a basso ed alto angolo, sia planari sia a truofo e spesso bidirezionali, con ripples simmetrici tipici di ambiente di spiaggia sia emerso che sommerso e di piana intertidale. In questi casi possono localmente essere intercalate a sottili livelli siltosi o argillosi, generalmente massivi o sottilmente laminati, che spesso drappeggiano le strutture sedimentarie sottostanti. Gli affioramenti sono localizzati nella porzione settentrionale del Foglio. Lo spessore massimo osservabile si aggira sui 30-40 metri nel settore a nord di Vasto. associazione sabbioso-conglomeratica (FMT<sub>2</sub>).

Alternanze di sabbie e sabbie siltose di colore giallo-ocra, a diverso grado di cementazione, ed argille e argille siltose grigiastre sottilmente laminati. Sono presenti strutture trattive e rari ciottoli arrotondati. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dal basso verso l'alto da sottile a medio ed il rapporto sabbia/argilla è pressoché pari ad 1. Rappresenta il termine di transizione tra la sottostante associazione pelitico-sabbiosa e la sovrastante associazione sabbioso-conglomeratica. L'ambiente deposizionale è riconducibile alla transizione tra il sistema di offshore e il sistema delizivo. Gli affioramenti sono molto limitati e localizzati a Monte Gazzano, nella zona centrale del Foglio. Lo spessore della successione è molto ridotto e si aggira sui 5-10 metri. associazione sabbioso-pelitica (FMT<sub>1</sub>).

Argille ed argille marnose di colore grigio azzurro, compatte, spesso a frattura concoide, con intercalati livelli sottili di sabbie gialle, sabbie limose e sabbie microconglomeratiche. Le intercalazioni sabbiose possono presentare laminazione pianoparallela e incrociata. Il rapporto sabbia/argilla è sempre nettamente inferiore all'unità. Localmente sono presenti livelli fossiliferi a pecten, gasteropodi e molluschi. La maggiore concentrazione di sabbie si ha in corrispondenza della porzione più bassa affiorante della successione, nei pressi della località Montalfano, mentre verso l'alto sono predominanti le argille, ben visibili nelle forme calanchive che si sviluppano a S di Cupello. Sulla base dei caratteri generali delle facies l'ambiente dovrebbe corrispondere ad un'area di offshore al largo di un sistema delizivo. Caratterizza gli affioramenti delle porzioni centro-meridionali del Foglio. Lo spessore affiorante della litofacies è valutabile in almeno 170 m. associazione pelitico-sabbiosa (FMT<sub>1</sub>).

Lo spessore complessivo della formazione è di almeno 200 m.

*PLIOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE INFERIORE p.p.*



#### UNITÀ DEL FIUME TRESTE (UTS)

Si tratta di un complesso caotico costituito da:

gs: blocchi, fino alla scala chilometrica, di gessi selenitici con strutture a "coda di rondine" e gessi microcristallini bianchi e grigi, localmente ricristallizzati, in grossi banchi e strati. Le dimensioni dei cristalli variano con lo spessore degli strati. La stratigrafia è costituita da livelli di diatomiti e marne triplice alla base; seguono gessi primari microcristallini passanti verso l'alto a gessi laminati con strutture pianoparallele e crenulate, costituite da gessoruditi, gessareniti e gessosilti (balatino) (confluenza del Fiume Trigno col Fiume Treste), variamente alternati, ma in generale con gradazione granulometrica normale. La porzione sommitale degli affioramenti è in genere occupata da pochi metri (massimo 15 m) di litofacies biancastre, in grosse bancate, dall'aspetto massivo e farinoso, riconducibili alla dissoluzione dei gessi in ambienti subaereo. Lo spessore complessivo della successione affiorante si aggira sui 70 m. L'età è Messiniano. Associazione gessosa;

tf: calcari marnosi e marne argillose grigio-verdoline e bianche, ricche in foraminiferi planctonici a cui s'intercalano strati medi di torbiditi calcarenitiche, biocalcarenitiche, calcari compatti avana con sottili intercalazioni di marne chiare e selce marrone. Questa unità affiora estesamente alla base del versante meridionale di Colle Palumbo fin sotto le rupi gessose di Lentella. Lo spessore osservabile in affioramento è compreso tra i 25-50 m. L'età è Serravalliano inferiore - Tortonian. formazione di Tuffillo;

av: argille più o meno marnose, di colore dal rosso violaceo al brunastro, dal grigio al verde oliva e dalla reologia fortemente plastica. Al loro interno si rinvencono in modo diffuso brandelli di litologie diverse, con rapporti privi di valore stratigrafico, generalmente di piccole dimensioni che, fuitati nell'ammasso argilloso, partecipano a rendere l'insieme un "complesso caotico". Localmente assumono il ruolo di "coltre", drappeggiando e mascherando i limiti delle altre unità: si rinvencono infatti sull'associazione gessosa (gs) e sulla formazione di Tuffillo (tf). A Colle Gessaro sono ricoperte, attraverso un contatto discordante, dalla formazione di Mutignano. Lo spessore osservabile in affioramento si aggira sui 100 m. L'età è Cretaceo superiore ? - Miocene inferiore. Gruppo delle Argille Variegate.

Non è possibile ricostruire l'originario rapporto stratigrafico né gli spessori delle formazioni coinvolte, sia a causa delle pessime condizioni di affioramento che per le caratteristiche litologiche delle formazioni stesse.

*CRETACEO SUPERIORE ? - MESSINIANO*

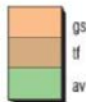



Figura 4-2: stralcio della carta geologica a scala 1:50.000 (da ISPRA – CARG)


<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  16 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	

Nell'area di studi le *Unità del Fiume Treste* affiorano lungo i fianchi collinari che bordano la valle del Fiume Treste. Costituiscono i versanti di raccordo tra i rilievi collinari e la sottostante piana alluvionale.

L'impianto STOGIT in progetto ricade invece in corrispondenza di un rilievo collinare caratterizzato dai litotipi Plio-pleistocenici riferibili alla *Formazione di Mutignano*. In particolare è l'*Associazione pelitico-sabbiosa (FMT<sub>a</sub>)* caratterizzata da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro, compatte, spesso a frattura concoide, con intercalati livelli sottili di sabbie gialle, e sabbie limose.

I versanti dei rilievi collinari sono caratterizzati dalla presenza di coltri eluvio-colluviali che spesso sono coinvolti in processi gravitati che evolvono in frane vere e proprie.



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  17 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

## 5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade in corrispondenza dei primi rilievi collinari che bordano la piana costiera adriatica.

Si tratta di bassi e dolci rilievi collinari che senza soluzione di continuità si raccordano con le sottostanti pianure.

La centrale STOGIT ricade alla sommità di uno di questi primi rilievi collinari.

La quota della centrale è compresa tra 140 m sul l.m. e poco più di 150 m sul l.m. La centrale STOGIT è infatti articolata su almeno due livelli principali che tengono conto dell'originario andamento topografico. Gli originari elementi morfologici sono infatti stati profondamente modificati per la realizzazione delle aree pianeggianti dove sono stati realizzati gli impianti.


Attualmente la zona risulta dunque gradonata per i lavori di sbancamento e riporto per il livellamento delle aree di imposta. La zona è stata scelta perché si prestava a questa gradonatura in quanto già caratterizzata da basse pendenze. I versanti circostanti la centrale sono tutti dotati di pendenze contenute, dell'ordine del 10% -12%, pari ad angoli di pendio 5° – 7°.

I dislivelli, visto le quote massime, sono anch'essi molto contenuti. Rispetto agli impluvi che caratterizzano il rilievo i dislivelli sono di poche decine di metri, al massimo 30 – 50 m, mentre di poco più di 100 m rispetto alle sottostanti piane alluvionali del Fiume Treste, che delimita il piede del rilievo verso sud, e quella del fiume Trigno che invece marca il rilievo sul lato orientale.

Le quote massime limitate, i dislivelli contenuti e le modeste pendenze sono tutti indici morfometrici testimoni della bassa energia di rilievo che caratterizza questa porzione di regione collinare a ridosso della linea di costa adriatica.

Nelle figure seguenti si riportano stralci della carta tecnica regionale dove si può osservare l'andamento topografico del rilievo dove si colloca l'impianto.

La zona di imposta ricade in corrispondenza dell'alto morfologico dove arrivano le testate di blandi impluvi idrici secondari. Questi si manifestano con piccole vallecicole che risalgono il rilievo fino in sommità. Per il livellamento dell'area sono stati gradonati i pendii con lo sbancamento delle pareti a ridosso delle vallecicole, gli impluvi mentre gli impluvi sono stati colmati con il riporto. L'assetto morfologico su descritto è particolarmente evidente nella chiusura di valle dell'impianto, dove un muro ortogonale all'impluvio contiene il riporto che si raccorda con i versanti circostanti.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  18 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	

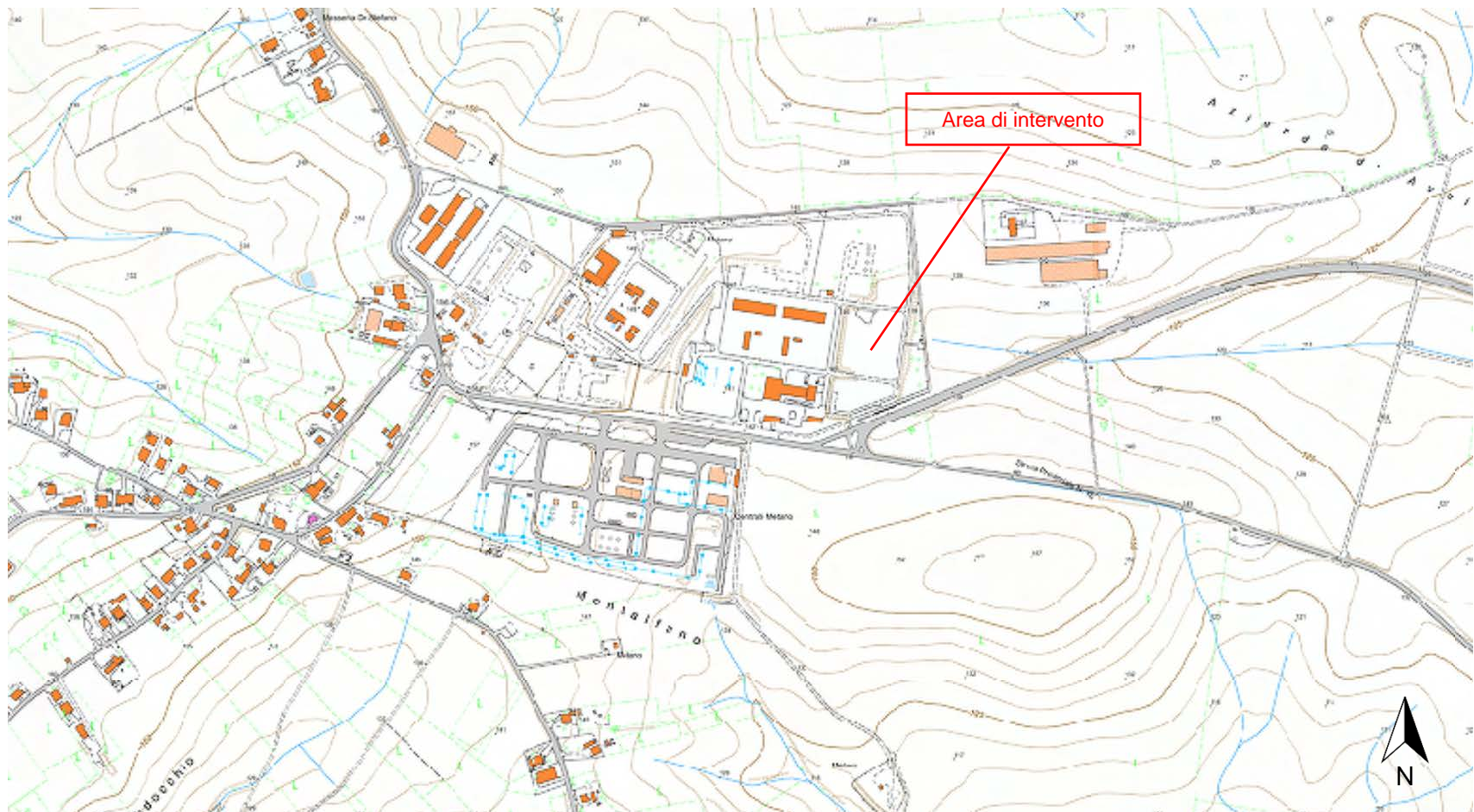


Figura 5-1: stralcio della carta tecnica regionale a scala 1:10.000



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  19 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	



Figura 5-2: stralcio della carta tecnica regionale a scala 1:5000

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  20 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

Per la configurazione di alto morfologico, in corrispondenza di un basso e dolce pendio, la stabilità è buona: non sono state rilevate forme di dissesto in atto o potenziale e tutte le strutture sono perfettamente integre.

Lungo i pendii circostanti sono invece rilevabili forme gravitate in atto. La buona stabilità del sito dell'impianto e la presenza di processi gravitativi in atto lungo i versanti circostanti è documentata anche nella carta IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) di cui si riporta uno stralcio nella successiva Figura 5-3.

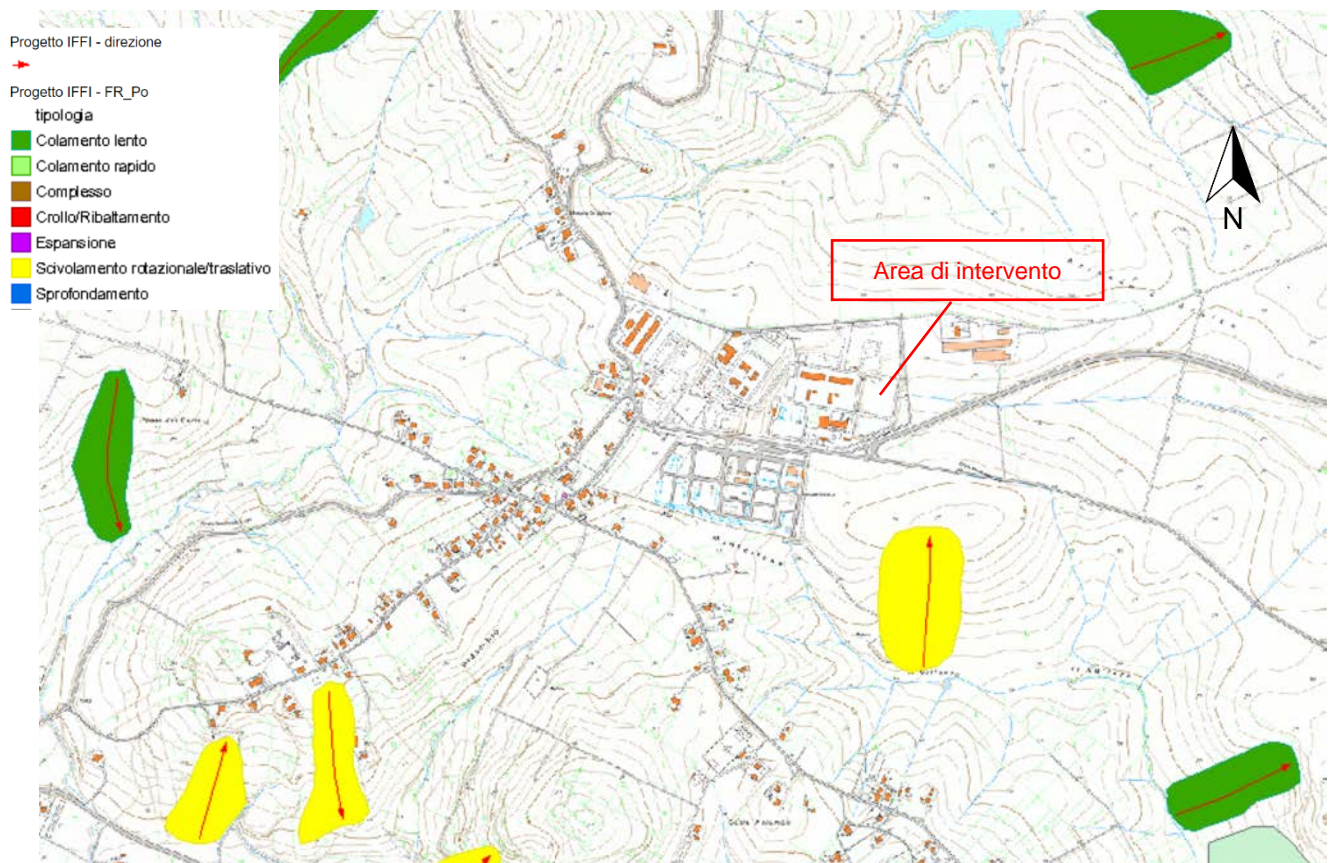



Figura 5-3: stralcio della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi (da Regione Abruzzo - Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica)


Si tratta di fenomeni franosi riconducibili a colamenti lenti o a scivolamenti rototraslativi, generalmente che interessano le coltri di ricopertura eluvio-colluviali. Tutti fenomeni censiti sono distanti dall'area di intervento e non possono interessarla in nessun modo.

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 <b>STOGIT</b>	041105DFLB13330	05-BG-E-94000		01	21 / 96

La sottostazione elettrica sarà realizzata in corrispondenza della piana alluvionale del fiume Trigno, in prossimità del margine settentrionale della piana. Si tratta di un'area perfettamente pianeggiante al piede del rilievo collinare.

La quota di imposta è pari a circa 29 m sul l.m. e sul margine settentrionale l'area di interesse è delimitata dalla sede della strada statale della valle del Trigno.

Dalla sottostazione i cavidotti percorrono un breve primo tratto in corrispondenza della piana alluvionale. Abbandonata la piana tendono a risalire i dolci versanti collinari, per lo più a mezza costa o in massima pendenza seguendo e in corrispondenza della viabilità secondaria. Si tratta di zone comunque stabili, prive di indizi di processi gravitativi come testimoniato anche dalla cartografia del PAI che non riporta aree gravate da pericolosità/rischio, sia per processi di versante (frane) sia per fenomeni alluvionali in corrispondenza degli impianti in progetto o del tracciato dei cavidotti.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  22 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

## 6 INDAGINI SVOLTE

In corrispondenza delle aree di intervento sono stati eseguiti n. 7 sondaggi geognostici, più altri 4 a carattere ambientale per il campionamento delle terre e rocce da scavo.

Le profondità raggiunte dai sondaggi sono riportate nella successiva tabella

Sondaggio n.	Profondità m	Strumentazione foro
S1	20.00	Piezometro a tubo aperto
S2	20.00	
S3	20.00	
S4	30.00	Tubazione per Down Hole
S5	20.00	Piezometro a tubo aperto
S6	20.00	
S7	20.00	
SA1	3.00	
SA2	3.00	
SA3	3.00	
SA4	3.00	


Tabella 6-1: Sondaggi eseguiti

I primi 3 m dei sondaggi geognostici sono stati eseguiti con criteri ambientali per il prelievo dei campioni di caratterizzazione analitica.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione CMV MK 600D carrocingolata. Per le caratteristiche della sonda, il numero dei campioni prelevati e le stratigrafie dettagliate si rimanda al RAPPORTO TECNICO sulle indagini geognostiche allegato in fondo a questo rapporto.

In corrispondenza dei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati ed eseguite prove penetrometriche in foro SPT a seconda della natura del materiale incontrato (coesivo o granulare). In totale sono stati prelevati n. 11 campioni indisturbati ed eseguito n. 9 prove SPT in foro. I campioni di terreno indisturbato sono stati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico di caratterizzazione e per la determinazione dei parametri geotecnici.

E' stata eseguita una prova Dawn Hole in foro, fino alla profondità di 30 m, per la determinazione delle velocità delle onde di taglio dei terreni attraversati. Si sono inoltre eseguite n. 5 misure sismiche passive di tipo HVSR. Con una durata della registrazione pari a 25 min ognuna.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  23 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nelle successive figure prodotte su immagini di Google Earth.



Figura 6-1: ubicazione delle indagini geognostiche ed ambientali. S: sondaggi geognostici; SA: sondaggi ambientali.


<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  24 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	



Figura 6-2 : Ubicazione indagine. Dettaglio dell'immagine precedente. S: sondaggi geognostici; SA: sondaggi ambientali.





<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  25 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	



Figura 6-3: area sottostazione elettrica – ubicazione indagini (SA: Sondaggi Ambientali; S: Sondaggi geognostici)

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  26 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	


In corrispondenza della sottostazione elettrica sono stati realizzati n. 2 sondaggi geognostici e n. 4 sondaggi ambientali ubicati come da planimetria riportata in Figura 6-3.

Le profondità raggiunte sono riportate nella tabella seguente:

Sondaggio n.	Profondità m
S1	20.00
S2	20.00
S1A	3.00
S2A	3.00
S3A	3.00
S4A	3.00

Tabella 6-2: indagini geognostiche ed ambientali eseguite in corrispondenza della zona della sottostazione elettrica

Per le stratigrafie dei sondaggi geognostici si rimanda all'Allegato 3.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 27 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

## 7 LITOSTRATIGRAFIA


Con i dati disponibili è possibile ricostruire il seguente schema stratigrafico che caratterizza l'area di imposta e che conferma quanto osservabile e ricostruibile dal rilievo di superficie.

In sintesi la successione stratigrafica è così ricostruibile:

- **Riporto:** terreno di riporto per il livellamento dell'area costituito da ghiaia e trovanti di natura prevalentemente calcarea, sub-arrotondati, eterometrici in abbondante matrice limo-argillo-sabbiosa. Di colorazione grigiastra e nocciola chiara. Per spessori variabili da poco più di un metro ai margini dell'impianto, a 5 m nelle zone centrali di valle;
- **Coltre colluvio eluviale:** argille limose di colorazione nocciola, brunastre, con concrezioni ocracee. Con inclusi e livelli di sabbie fini. Presenza di concrezioni carbonatiche. Consistenti e mediamente plastiche, a struttura caotica. Presenza, a luoghi, di clasti calcarei sub arrotondati, eterometrici. Fino a profondità di 12 – 15 m dal p.c. In S5 lo spessore si riduce a 6 m;
- **Formazione pliocenica in posto:** argille, argille marnose nocciola che fanno transizione verso il basso a marne grigiastre molto consistenti intercalate a livelli e strati di sabbie ben addensate grigie. Ben stratificate. A partire dalla profondità di 12-15 m dal p.c. fino alle massime profondità sondate.

I livelli sabbiosi possono essere sede di una modesta circolazione idrica che potrebbe originare falde a profondità modeste. In corrispondenza dei piezometri installati è stato misurato un livello piezometrico alle profondità di 4.87 m e a 4.96 m rispettivamente in S1 e S5.

La sottostazione elettrica ricade invece nella piana alluvionale del fiume Trigno. In corrispondenza di questa piana sono presenti depositi alluvionali prevalentemente fini, limi, limi argillosi brunastri, che ricoprono il banco ghiaioso. Nell'area il banco ghiaioso è rinvenibile a profondità di oltre 18 m di profondità.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 28 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

## 8 SISMICITÀ

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

In particolare si è tenuto conto della nuova Zonazione Sismogenetica ZS9 (C.Mainetti et Alii – 2004) che suddivide il territorio nazionale in 42 zone omogenee da un punto di vista sismico-tettonico denominandole dal n. 901 al 936 e con le lettere A-F. Le zone sismogenetiche dell'Italia centro-orientale sono riportate in Figura 8-1.

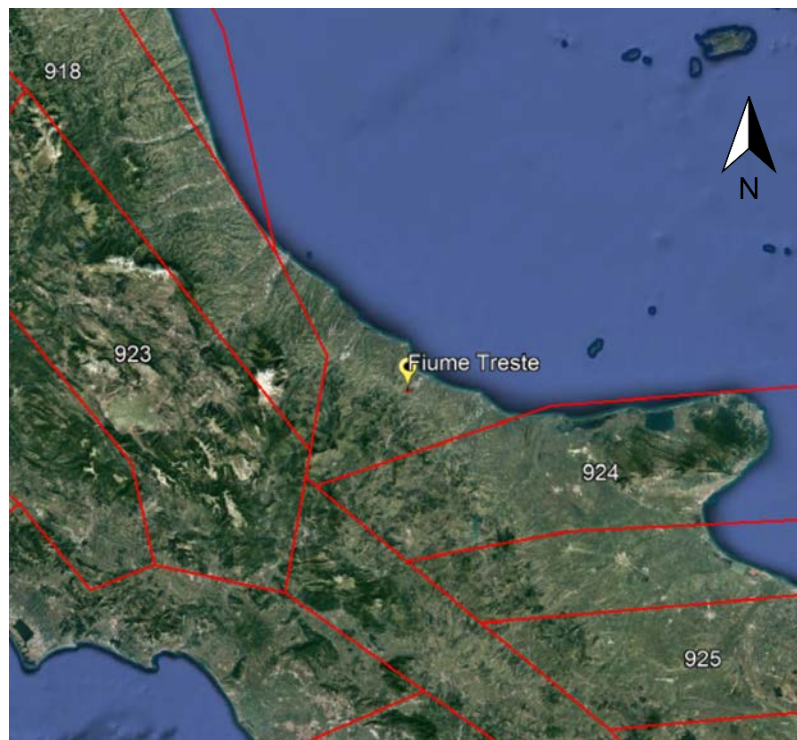



Figura 8-1- Zonazione sismogenetica dell'Italia Centro Orientale (Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo. C Mainetti et alii – INGV; 2004)

L'area oggetto di studio non ricade in nessuna delle zone sismogenetiche. Quella più prossima è la zona sismogenetica n. 924 Molise - Gargano. L'area ricade al confine tra la catena appenninica e la Puglia, vale a dire tra l'area dell'avanfossa e dell'avampaese apulo. La zona 924 è orientata circa Est – Ovest, nella quale si colloca tutta la sismicità dell'area (es. terremoto del 1627) e che include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002. Inoltre, come

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  29 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

tutte le zone Est – Ovest, la zona sismogenetica in oggetto è caratterizzata da sismicità relativamente profonda (10 – 20 km).

Più in dettaglio la magnitudo massima per la zona sismogenetica 924 è pari a  $M_{max} = 6,83$  con valori della classe di profondità ipocentrale di 12-20 km.

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in epoca storica il valore del VII grado MCS.

La storia sismica del comune è molto limitata. Come si può osservare dalla Tabella 8-1: storia macrosismica del comune di Cupello (CH), ricavata dal DBMI15 (Database Macrosismico Italiano del INGV consultabile al sito [CPTI15-DBMI15 v4.0 \(ingv.it\)](http://CPTI15-DBMI15 v4.0 (ingv.it)) sono solo 11 gli eventi risentiti in modo significativo nel comune. Sono tutti terremoti che si sono generati abbastanza distanti dal sito di interesse, a profondità sensibili.

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v4.0

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Seismic history of Cupello  
PlaceID IT\_57698  
Coordinates (lat, lon) 42.072, 14.673  
Municipality (ISTAT 2015) Cupello  
Province Chieti  
Region Abruzzo  
No. of reported earthquakes 11

nt. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef	RefM	EqID
F	1663	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	42,54	15,015		6	5,11	0,1	MOLAL008	18950809_1738_000
6	2478	1933	9	26	3	33	29	Maiella	42,079	14,093		9	5,9	0,07	CFTI4med	19330926_0333_000
5	2848	1962	8	21	18	19		Irpinia	41,23	14,953		9	6,15	0,08	GIZZI012	19620821_1819_000
5	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283		10	6,81	0,1	CFTI4med	19801123_1834_000
NF	3559	1988	4	26	0	53	43,83	Adriatico centrale	42,366	16,608		7,9	5,36	0,1	BMING990	19880426_0053_000
4	3625	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino	40,738	15,741		10	5,77	0,1	BMING991b	19900505_0721_001
4-5	4185	2002	11	12	9	27	48,57	Molise	41,689	14,786		28,9	4,57	0,07	BMINGV011	20021112_0927_000
3-4	4205	2003	3	29	17	42	13,74	Adriatico centrale	43,135	15,339		7,9	5,43	0,07	BMINGV011	20030329_1742_000
2	4218	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	41,661	14,821		11,8	4,44	0,07	BMINGV011	20030601_1545_000
NF	4262	2005	3	1	5	41	37,38	Molise	41,666	14,867		9,9	3,68	0,16	BMINGV011	20050301_0541_000
3-4	4296	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano	41,801	15,903		31,2	4,64	0,07	BMINGV	20060529_0220_000

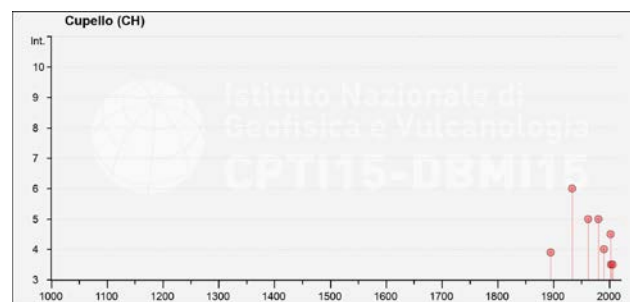



Tabella 8-1: storia macrosismica del comune di Cupello (CH)

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 30 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b> 01	

Per la definizione delle magnitudo di riferimento da utilizzare eventualmente per la verifica a liquefazione, si è dunque ricorso alla formula proposta dalla Protezione Civile in “*indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica*” – Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dip. Prot. Civile – sett. 2008.

In questi casi occorre confrontare la Magnitudo  $M_i$  delle zone sismogenetiche con quella calcolata con la formula:

$$M_s = 1 + 3 \log(R)$$

Con  $R$  = distanza tra il sito e la zona sismogenetica più prossima.

Se  $M_s > M_i$  la verifica alla liquefazione può essere omessa in quanto la magnitudo attesa è minore di  $M < 5$ .

La distanza dalla zona sismogenetica più prossima è di 20,66 km.

Applicando la formula per la zona sismogenetica 910 si ha:


$$M_s = 1 + 3 \log(20,66) = 4,94$$

Essendo  $M_i > M_s$  la verifica alla liquefazione non può essere omessa.

In base all'*Ordinanza del Presidente dei Ministri n. 3274* del 20 marzo 2003, il comune di Cupello risulta classificato in **zona 3**, zone per le quali l'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni è  $a_g = 0.05 - 0.15 g$ .

L'importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell'Eurocodice 8 (nella parte 5 sulle fondazioni). Per queste ragioni, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano. ITHACA si propone, quindi, come strumento fondamentale per:

- a) analisi di pericolosità ambientale e sismica,
- b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio,
- c) pianificazione territoriale
- d) gestione delle emergenze di Protezione Civile.


Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 31 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

Con una così bassa sismicità ci si aspetta che non ci siano faglie attive o capaci in prossimità del sito. Dalla consultazione di ITHACA – CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI di ISPRA al sito [Viewer Progetto ITHACA \(isprambiente.it\)](http://Viewer-Progetto-ITHACA.isprambiente.it) si è avuta conferma di tale ipotesi. Infatti non risultano faglie capaci in prossimità del sito di interesse (si veda la Figura 8-2).

Nel Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.3.0) dell'INGV ([DISS - Mapper \(ingv.it\)](http://DISS-Mapper.ingv.it)) risultano le sorgenti sismogenetiche (Individuali o Composite) rappresentate in Figura 8-3. Si tratta di sorgenti allineate Est – Ovest che passano poco sopra Vasto.



Figura 8-2: Progetto ITHACA Faglie capaci. I tratti rossi sono le faglie capaci e attive.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  32 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

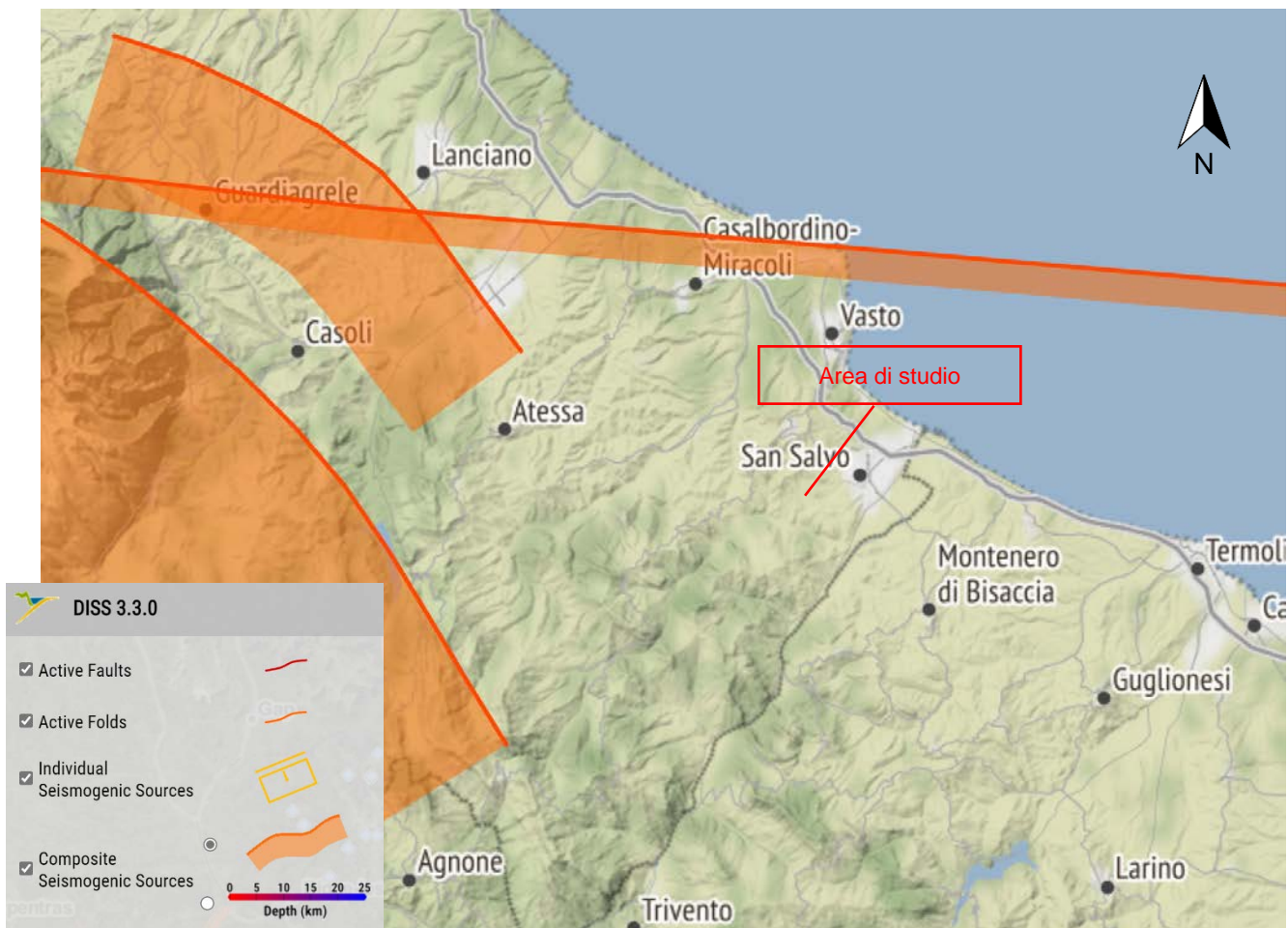


Figura 8-3: stralcio della carta delle sorgenti sismogenetiche.

DISS-ID	ITCS059
Name	Tocco Casauria-Tremiti
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	17/05/2010
Updated	15/06/2015
Display map	
Related sources	<a href="#">ITIS094</a>


PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	11.0	EJ Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	20.0	EJ Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	80...100	OD Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	65...90	OD Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	170...230	EJ Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	7.5	ER Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Figura 8-4: principali informazioni della sorgente sismogenetica più prossima (rappresentata in Figura 7-3).



Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 33 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

Relativamente al *D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*, per la individuazione della categoria di sottosuolo necessaria per la definizione dell'azione sismica di progetto, siccome le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla Tab. 3.2.II delle NTC, si è fatto riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

I valori di  $V_s$  sono stati ottenuti mediante specifiche prove che, per la conoscenza del territorio derivata da numerose indagini anche di microzonazione sismica, sono stati valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità e riconosciute in letteratura con i risultati di altre prove in sito (cfr: Nuove NTC, § 3.2.2). In particolare si è fatto riferimento ai risultati della misura sismica Down Hole realizzata nel foro di sondaggio S4 appositamente strumentato.

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

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

Con:

$h_i$  spessore dello strato  $i$ -esimo;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo;


$N$  numero strati;

$H^1$  profondità del substrato sismico con  $V_s \geq 800$  m/s.

Dalla misura Down Hole è risultata una velocità delle onde di taglio nei primi 30 m pari a:

$$V_{s30} = 308 \text{ m/s}$$

<sup>1</sup> Per le fondazioni superficiali la profondità del substrato è riferita al piano di imposta, per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera, per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro  $VS_{30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 34 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Per quell oche riguarda la sottostazione elettrica, le velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità ricavate dai due profili MASW risultano pari a:

$$\text{MASW1} \quad V_{S30} = 351 \text{ m/s}$$

$$\text{MASW2} \quad V_{S30} = 354 \text{ m/s}$$


In base a quanto riportato nella normativa è possibile attribuire, in entrambe le situazioni (centrale STOGIT e sottostazione elettrica), le condizioni litostratigrafiche alla **categoria di sottosuolo C** – *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati dal miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec.

Per le caratteristiche topografiche l'intervento ricade nella **categoria topografica T1** – *superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$* .

I parametri di pericolosità sismica previsti dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, riportati nella tabella seguente, sono stati determinati per la **classe d'uso IV** – *costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente dannose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Per queste strutture è prevista una vita nominale ( $V_N$ ) della struttura pari 100 anni. In base alla relazione:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 35 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

il periodo di riferimento dell'azione sismica risulta pari a 200 anni. Dove i valori del coefficiente d'uso  $C_u$  sono riportati nella Tabella 8-2.

<b>Classe d'Uso</b>	I	II	III	IV
<b>Coefficiente <math>C_u</math></b>	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 8-2 – valori del coefficiente d'uso  $C_u$  (tabella 2.4.11 delle NTC)


L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali: due orizzontali ( X e Y) ed una verticale (Z), da considerare se il sito è caratterizzato da un'accelerazione al suolo pari ad  $a_g \geq 0.15g$ . Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- Accelerazione massima superficiale;
- Accelerazione massima e relativo spettro di risposta superficiale;
- Storia temporale del moto del terreno.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ . Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con un periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico è funzione di (§ 3.2.3 delle NTC):

T	periodo proprio di vibrazione;
S	coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche $S = S_s \times S_T$ ;
$\eta$	fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi diversi dal 5%;
$F_0$	fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;
$T_C$	periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
$T_B$	periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
$T_D$	periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.
$C_c$	coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  36 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  con le seguenti espressioni:

<b>Categoria sottosuolo</b>	<b><math>S_s</math></b>	<b><math>C_c</math></b>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 8-3 – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$  (tabella 3.2.IV delle Norme)

<b>Categoria topografica</b>	<b><math>S_T</math></b>
T1	1,0
T2	1,2
T3	1,2
T4	1,4

Tabella 8-4 – valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica (tabella 3.2.V delle Norme)

I valori dello spettro di risposta elastico della componente verticale sono:


<b>Categoria di sottosuolo</b>	<b><math>S_s</math></b>	<b><math>T_B</math></b>	<b><math>T_C</math></b>	<b><math>T_D</math></b>
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 8-5 – valori dei parametri dello spettro di risposta elastico componente verticale (tabella 3.2.VI delle Norme)

Le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche

Gli spettri di risposta di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare per gli stati limite di Danno (SLD), Salvaguardia della Vita (SLV) e di Prevenzione del Collasso (SVC) sono stati assunti pari allo spettro di risposta elastico corrispondente alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata.

Tali valori sono stati interpolati sulla base dei valori relativi alla pericolosità sismica calcolata sul reticolo di riferimento. Sulla base dei parametri su indicati si ricavano i parametri di pericolosità sismica riportati in Tabella 8-6.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b> 041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b> 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 37 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

"Stato Limite"	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T^*_c$ [s]
Operatività (SLO)	120	0.064	2.619	0.391
Danno (SLD)	201	0.076	2.632	0.428
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.152	2.755	0.509
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.163	2.779	0.529

Tabella 8-6 – parametri di pericolosità sismica in base alle Nuove NTC

I principali parametri per la determinazione dell'amplificazione al sito, determinati come da Tabella 8-3, sono:

	SLO	SLD	SLV	SLC
$S_s$ Amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.45	1.43
$C_c$ Coeff. Funz. Categorie	1.43	1.39	1.31	1.30
$S_T$ Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00


Tabella 8-7 – principali parametri dell'amplificazione stratigrafica e topografica

Da cui derivano i principali coefficienti sismici riportati nella Tabella 8.

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.019	0.023	0.053	0.056
kv	0.010	0.011	0.027	0.028
$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.937	1.112	2.168	2.292
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tabella 8-8 – principali coefficienti sismici

Per quello che riguarda le verifiche di stabilità, condotte con il metodo dell'equilibrio limite in condizioni pseudostatiche, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza sismica sono state espresse con le seguenti formule (cfr.: D.M. 17.01.18):

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 38 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

$$F_h = k_h \times W \quad F_v = k_v \times W$$

Dove  $W$  è il peso del volume di terreno e  $k_h$  e  $k_v$  sono i coefficienti sismici orizzontali e verticali pari a:

$$K_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

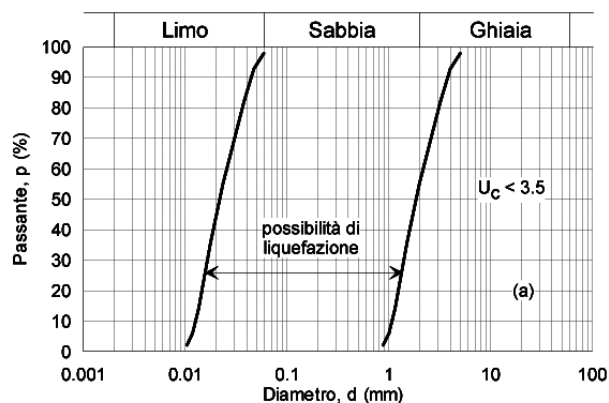
$\beta_s$  = Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;


$g$  = accelerazione di gravità.

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni (riporto a granulometria grossolana e coltre detritica prevalentemente coesiva), infine, permettono di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni. La verifica a liquefazione è stata omessa in quanto ricorre almeno una delle condizioni di esclusione previste nel § 7.11.3.4.2 del D.M. 17 gennaio 2018 – *Norme tecniche per le costruzioni* che, si ricordano, sono:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ ;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone dei grafici sottostanti per terreni con coefficienti di uniformità  $U_c < 3.5$  (a) o  $U_c > 3.5$  (b).



a)

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 39 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

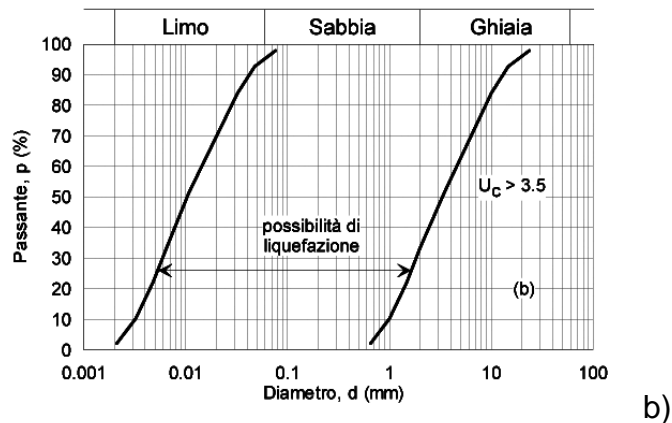


Figura 8-5 – fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

Infatti il materiale di riporto granulare è rinvenibile al di sopra del livello di falda e comunque presenta valori di resistenza alle prove penetrometriche dell'ordine di  $N_{SPT} > 40 - 50$  (condizione di esclusione 3). Il materiale sottofalda è invece coesivo e quindi non può essere liquefacibile (condizione 4).


## 9 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

I parametri di pericolosità sismica, riportati qui di seguito, sono stati determinati per la **classe d'uso IV** – *costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.....*

Per questa classe d'uso si è prevista una vita nominale della struttura pari 100 anni e un periodo di riferimento dell'azione sismica pari a 200 anni.

Relativamente al *D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*, per la individuazione della categoria di sottosuolo necessaria per la definizione dell'azione sismica di progetto, siccome le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla Tab. 3.2.II delle NTC, si è fatto riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

I valori di  $V_s$  sono stati ottenuti mediante specifiche prove che, per la conoscenza del territorio derivata da numerose indagini anche di microzonazione sismica, sono stati valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità e riconosciute in letteratura con i risultati di altre

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 40 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

prove in sito (cfr: Nuove NTC, § 3.2.2). La classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s) definita dall'espressione:

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

Con:

$h_i$  spessore dello strato  $i$ -esimo;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo;

$N$  numero strati;

$H^2$  profondità del substrato sismico con  $V_s \geq 800$  m/s.

In particolare si è fatto riferimento ai risultati della prova Down Hole che ha dato una velocità delle onde di taglio equivalente, in linea con quelle misurate da pregresse indagini sismiche di tipo MASW, pari a:


$$V_{s,eq} = 308 \text{ m/s}$$

In base a quanto riportato nella normativa è possibile attribuire le condizioni litostratigrafiche alla **categoria di sottosuolo C** – *rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

<sup>2</sup> Per le fondazioni superficiali la profondità del substrato è riferita al piano di imposta, per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera, per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m.



Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 41 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui al § 3.2.2. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di  $a_{max}$  può essere ricavato dalla relazione

$$a_{max} = S_s \cdot a_g$$

dove  $a_g$  è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

L'analisi della risposta sismica locale presuppone un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, che sono state determinate mediante specifiche indagini e prove.


Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo A).

L'analisi della risposta sismica locale è stata effettuata attraverso:

- definizione dell'input sismico;
- stima dell'accelerazione di base ( $a_g$ );
- dati di disaggregazione;
- estrazione degli accelerogrammi di input
- analisi della risposta sismica locale.

Nell'analisi si sono utilizzati i seguenti strumenti/software:

geostru ps	<a href="http://www.geostru.com">www.geostru.com</a>
spettri-NTCver.1.0.3.xls	Consiglio Superiore dei lavori Pubblici
REXEL v3.5	(REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structurale analysis; Iervolino I., Galasso C., Cosenza E.)
STRATA	Geotechnical Engineering Center – University of Texas
RSL III	GESTRU <a href="http://www.geostru.com">www.geostru.com</a>

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b> 	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  42 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

### 9.1 Definizione dell'input sismico

Per la scelta delle coordinate nel sistema ED50 del sito si è utilizzato l'applicativo di GEOSTRU.

L'opera, come indicato dal progettista, è stata attribuita alla classe IV alla quale si è attribuita una vita nominale  $V_n = 100$  anni, a cui corrisponde un periodo di riferimento per l'azione sismica di anni 200.


- Categoria del sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1

### 9.2 Definizione dei dati di disaggregazione

L'estrazione degli accelerogrammi di input sismo-compatibili prevede la determinazione la definizione delle magnitudo attese e delle distanze ipocentrali relative ai terremoti da prendere come riferimento.

Devono essere dunque definiti i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia al sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

Dalla mappa interattiva di pericolosità sismica, dove sono rappresentati sui nodi di riferimento alcuni parametri, tra cui l'accelerazione al sito  $a_g$ , è possibile osservare i valori dell'accelerazione  $a_g$  relativa ad una determinata probabilità di superamento in funzione di un dato numero di anni.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  43 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

### 9.3 Stato limite SLD

Nella figura seguente sono rappresentati i nodi relativi all'accelerazione ag con probabilità di superamento del 22% in 50 anni, che corrisponde ad un periodo di ritorno pari a TR = 201 anni (valore coincidente al periodo di riferimento per lo SLD).

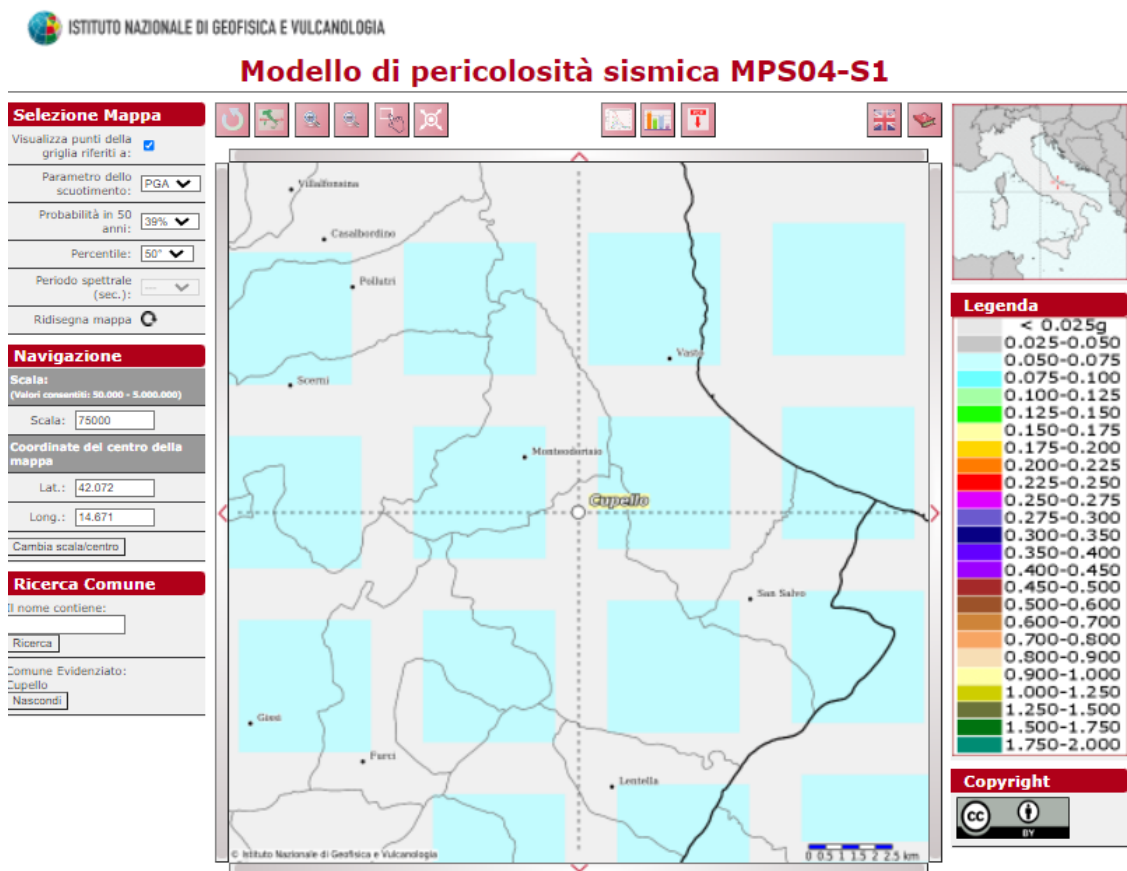



Figura 9-1: Nodi con rappresentati i valori di ag con probabilità di superamento del 39% in 50 anni (da Mappe interattive di pericolosità sismica; INGV).

I dati di disaggregazione dei valori di a(g) in corrispondenza del nodo prossimo alla struttura in oggetto sono riportati nella matrice e nella tabella seguenti:

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  44 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

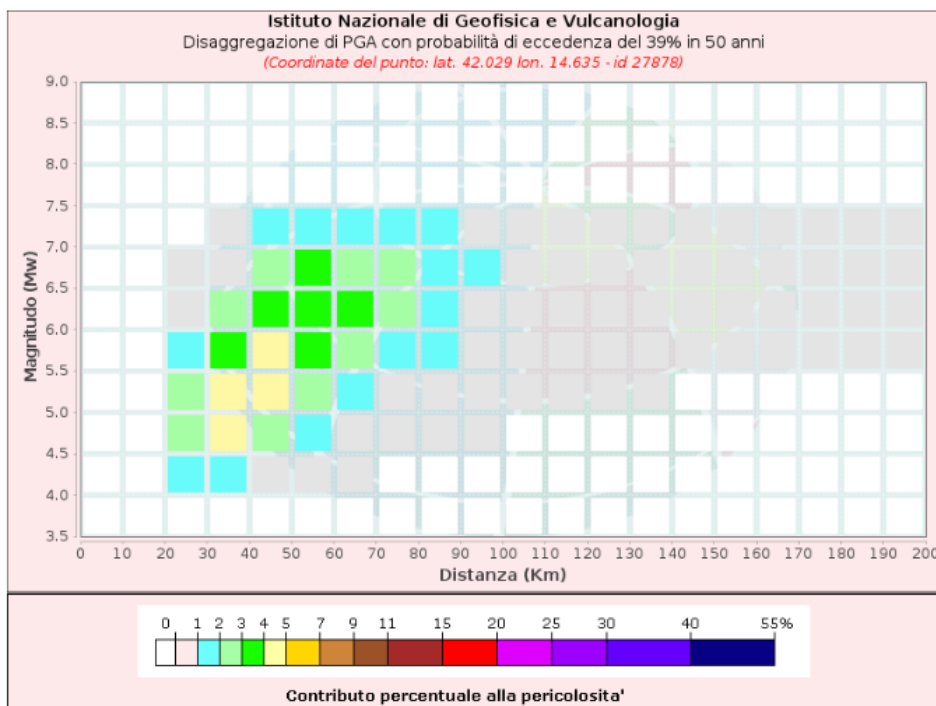



Figura 9-2: Dati di disaggregazione del valore di a(g) (valido per un tempo di ritorno di **101** anni)


Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 39% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 42.029 lon. 14.635 - id 27878)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0- 4.5	4.5- 5.0	5.0- 5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.1200	2.8400	2.3900	1.6200	0.8430	0.2370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	1.4100	4.2900	4.4600	3.6600	2.2900	0.8500	0.1120	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.6420	2.8500	4.1100	4.4800	3.8700	2.5700	1.0300	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.1050	1.3000	2.7200	3.6900	3.8800	3.1900	1.5800	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0021	0.3820	1.5200	2.5500	3.1200	2.9600	1.7100	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0001	0.0690	0.8100	1.7500	2.4300	2.5900	1.6500	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0072	0.3320	1.0300	1.5800	1.8200	1.2200	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0011	0.1100	0.5570	0.9670	1.2100	0.7980	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0001	0.0288	0.2720	0.5450	0.7520	0.4770	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076	0.1540	0.3790	0.5760	0.3540	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0808	0.2580	0.4300	0.2610	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0397	0.1800	0.3340	0.2020	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0172	0.1190	0.2500	0.1580	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0065	0.0687	0.1710	0.1210	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	0.0372	0.1070	0.0778	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0178	0.0571	0.0387	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0080	0.0334	0.0302	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0030	0.0175	0.0244	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.93	57.9	1.27

Tabella 9-1: Tabella dei valori di a(g) disaggregati

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b> 041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b> 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 45 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b> 01	



**Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures**  
 (c) Iunio Iervolino, Carmine Galasso and Eugenio Chioccarelli, 2008-2013  
 Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italy.

### 1. Target Spectrum

Italian Building Code 2008

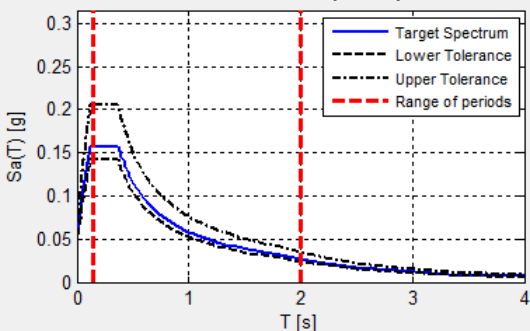
ag [g]: 0.17  
 Longitude [°]: 14.7045  
 Latitude [°]: 42.0257

Site class EC8: A  
 Topographic category: T1  
 Nominal life: 50 yea...  
 Functional type: IV  
 Limit state: SLD (6...)

Horizontal  Vertical

Disaggregation for (Italian sites) Sa(0s)... Conditional hazard for (Italian sites) PGV[S...]

### Acceleration elastic response spectrum



### 3. Spectrum matching

Lower tolerance [%]: 10  
 Upper tolerance [%]: 30  
 T1 [s]: 0.15  
 T2 [s]: 2

**Plot spectral bounds**

### 2. Preliminary database search

Based on: M, R | M minimum: 4 | M maximum: 7,5 | records: 2x 225  
 R minimum [km]: 20 | R maximum [km]: 100 | events: 115

T [s]: 1 | Epsilon minimum: -3 | Epsilon maximum: 3

Database: European Strong-motion Data...  
 Site class: Same as target spectrum

**Check database** **Preliminary plot**

### 4. Analysis options

Scaled records   
 (PGA-normalized records' search)

I'm feeling lucky   
 (Returns only the first combination found)

Set size:  
 Individual record  
 7 records  
 30 records

**1 component**  
**2 components**  
**3 components**

**NEW SEARCH** **EXIT**

Figura 9-3: interfaccia di Roxel per selezionare gli accelerogrammi da utilizzare nella RSL per lo SLD

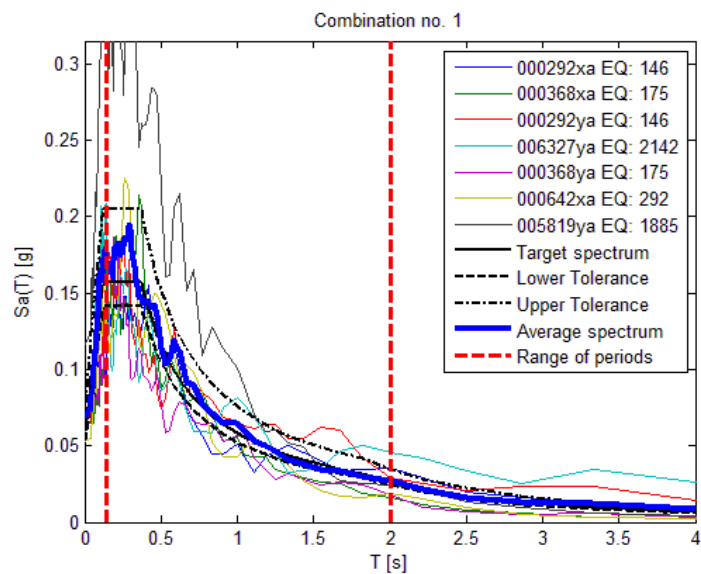



Figura 9-4: accelerogrammi selezionati per lo SLD con i relativi spettri di risposta

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  46 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

#### 9.4 Stato limite SLV

Nella figura seguente sono rappresentati i nodi relativi all'accelerazione  $a_g$  con probabilità di superamento del 2% in 50 anni, che corrisponde ad un periodo di ritorno pari a  $T_R = 2475$  anni (valore immediatamente superiore al periodo di riferimento per lo SLV di 1898 anni).

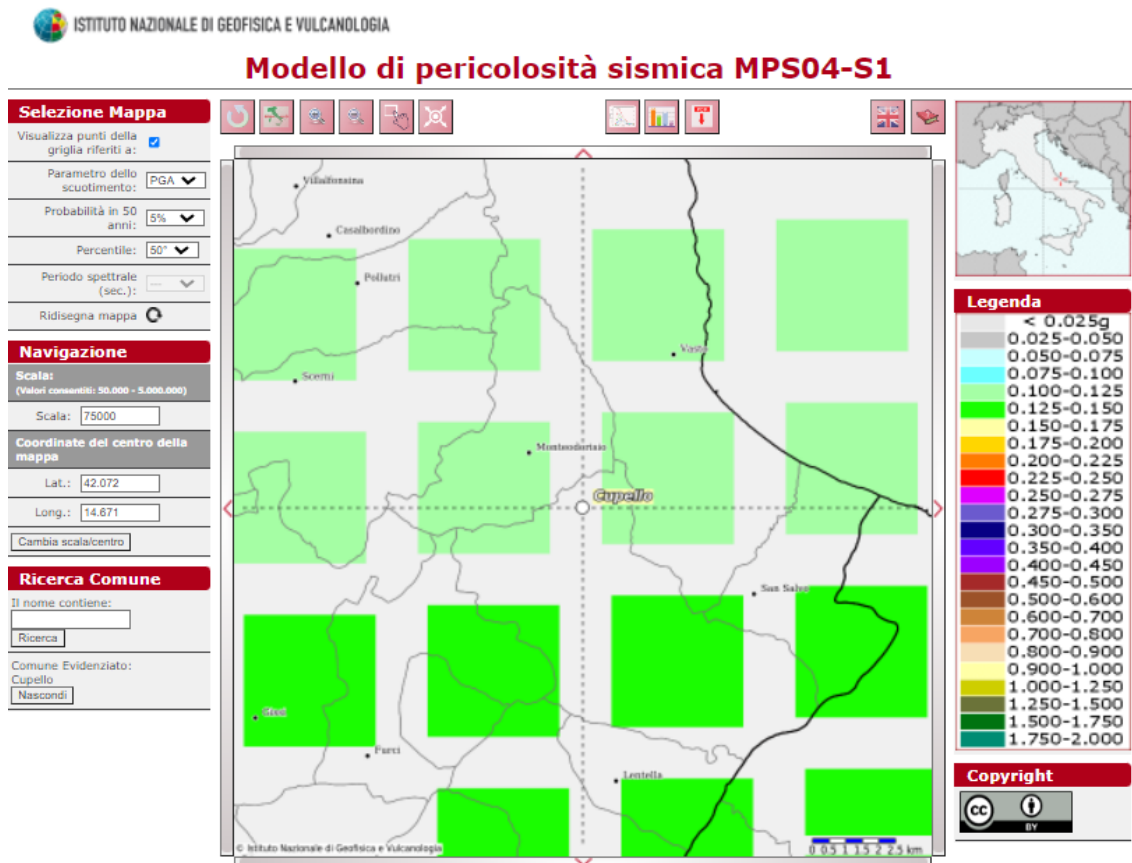



Figura 9-5: Nodi con rappresentati i valori di  $a_g$  con probabilità di superamento del 5% in 50 anni (da Mappe interattive di pericolosità sismica; INGV).

I dati di disaggregazione dei valori di  $a(g)$  in corrispondenza del nodo prossimo alla struttura in oggetto sono riportati nella matrice e nella tabella seguenti:

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  47 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

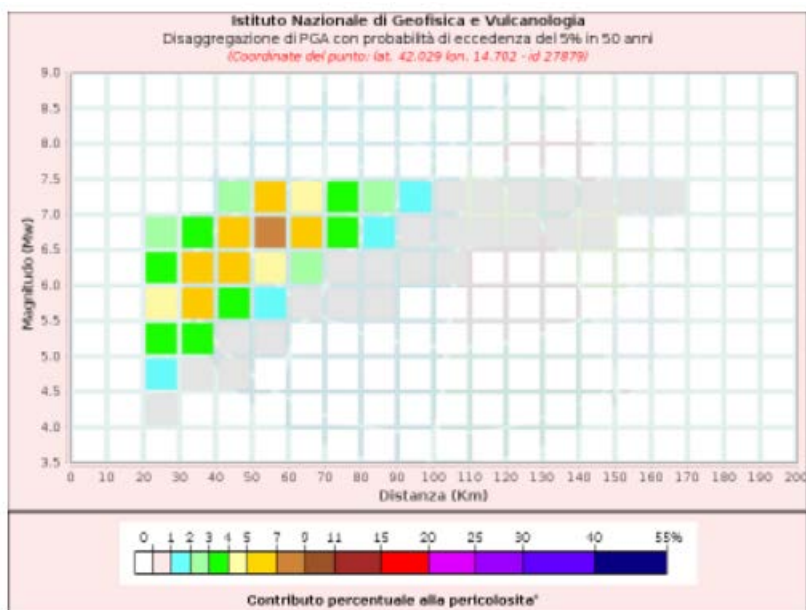



Figura 9-6: Dati di disaggregazione del valore di a(g) (valido per un tempo di ritorno di **974** anni)


Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.534 lon. 13.007)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0- 4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	8.0300	23.1000	23.2000	19.2000	10.9000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0220	0.8670	3.2600	5.8000	4.1300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0326	0.6360	0.7950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0657	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.34	6.05	1.19

Tabella 9-2: Tabella dei valori di a(g) disaggregati

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  48 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	



**Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures**  
(c) Iunio Iervolino, Carmine Galasso and Eugenio Chioccarelli, 2008-2013  
Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italy.

### 1. Target Spectrum

Italian Building Code 2008

ag [g]

Longitude [°]

Latitude [°]

**Map**

Site class EC8

Topographic category

Nominal life

Functional type

Limit state

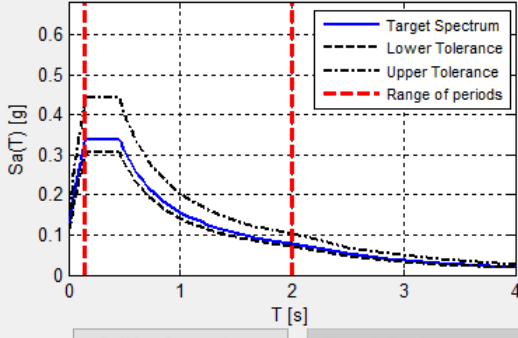
Horizontal  Vertical

Disaggregation for (Italian sites)  Conditional hazard for (Italian sites)

**Build code spectrum** **User-defined spectrum**

**Look at disaggregation** **Look at conditional hazard**

### Acceleration elastic response spectrum



### 3. Spectrum matching

Lower tolerance [%]

Upper tolerance [%]

T1 [s]

T2 [s]

**Plot spectral bounds**

### 2. Preliminary database search

Based on  M minimum  M maximum  records: **2x 215**

R minimum [km]  R maximum [km]  events: **108**

T [s]  Epsilon minimum  Epsilon maximum

Database

Site class

**Check database** **Preliminary plot**

### 4. Analysis options

Scaled records  (PGA-normalized records' search)

I'm feeling lucky  (Returns only the first combination found)

Set size:

Individual record

7 records

30 records

**1 component**

**2 components**

**3 components**

**NEW SEARCH** **EXIT**

Figura 9-7: interfaccia di Roxel per selezionare gli accelerogrammi da utilizzare nella RSL per lo SLV

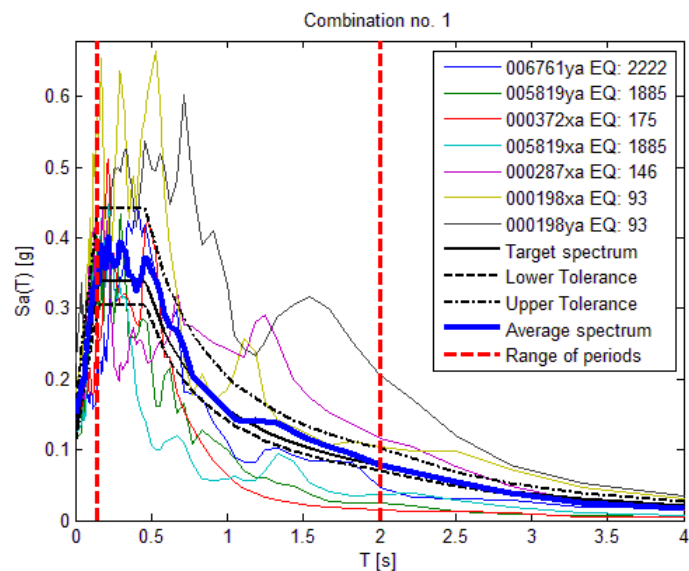



Figura 9-8: accelerogrammi selezionati per lo SLV con i relativi spettri di risposta



Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 49 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

## 9.5 Determinazione accelerogrammi di input

Sulla base dei parametri individuati nella fase precedente, si è proceduto all'estrazione degli accelerogrammi di input.

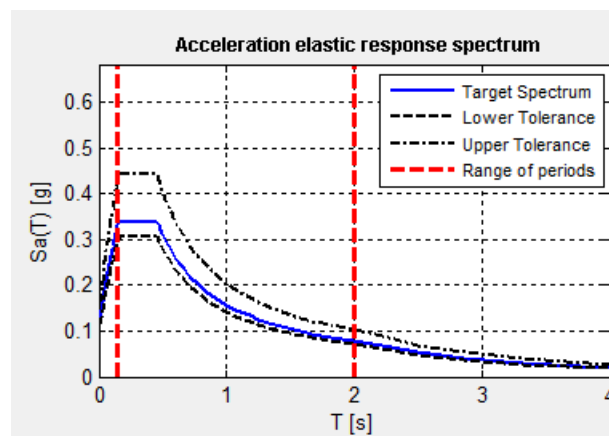
Per tale procedura si è utilizzato il software Rexel v3.5 sviluppato dalla ReLuis di Napoli da Iervolino, Galasso e Cosenza<sup>3</sup>.

Il software consente l'estrazione di accelerogrammi di input per applicazioni ingegneristiche, derivanti da registrazioni di eventi naturali disponibili in più banche dati italiane o europee.

Si sono ricercati gli accelerogrammi i cui spettri di risposta meglio meccanano quello di riferimento con i seguenti margini di tolleranza:


- tolleranza superiore           30%
- tolleranza inferiore         10%
- range del periodo compreso tra  $T = 0.15$  s e  $T = 2$  s

del tipo come quello riportato nella figura seguente:



La rappresentazione dei vari spettri di risposta associati a tali accelerogrammi sono riportati nelle figure precedenti per i vari stati limite considerati.

<sup>3</sup> REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structure analysis; Iervolino I., Galasso C., Cosenza E.)

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  50 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

## 9.6 Calcolo della Risposta Sismica Locale

### 9.6.1 Procedura di calcolo

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
  - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
  - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
  - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;


Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 51 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l'N-esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come

$$\left[ \tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$$

un solido di Kelvin-Voigt, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove:  $u$  rappresenta lo spostamento;  $t$  il tempo;  $\rho$  la densità;  $G$  il modulo di deformazione al taglio;  $\eta$  la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove  $\omega$  rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto  $G^* = G + i\omega\eta$ , ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come


$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove  $\xi$  rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice \* indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 52 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

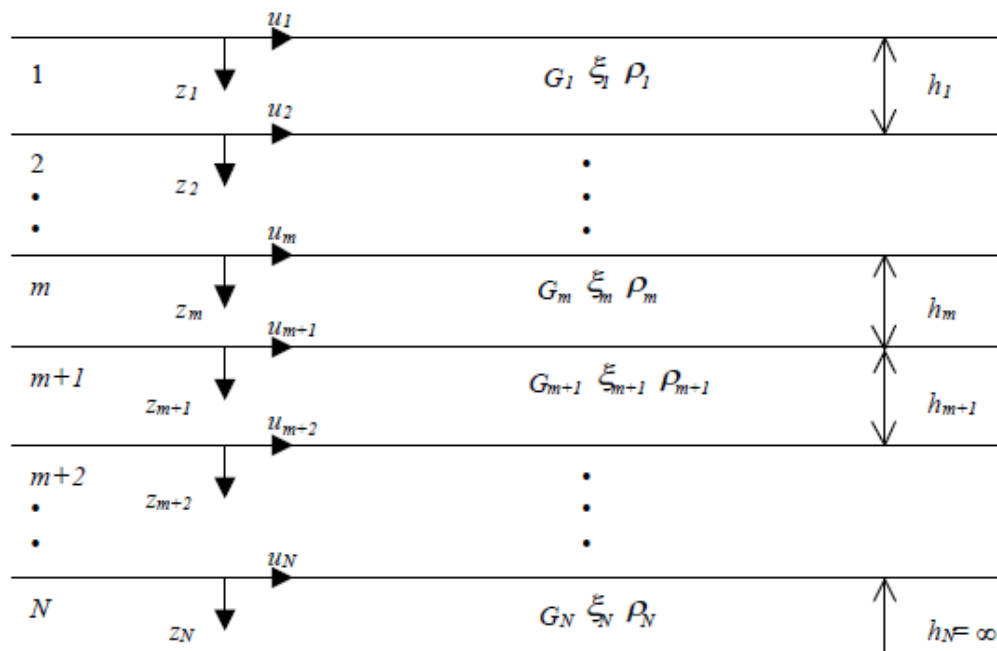


Figura 9-9: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre  $k^*$  rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$


Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[ E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato  $m$  di spessore  $h_m$  gli spostamenti, rispettivamente in sommità ( $z = 0$ ) ed al fondo ( $z = h_m$ ), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = \left( E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \right) e^{i\omega t} \quad (11)$$

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b> 041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b> 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 53 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b> 01	

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' $m$ -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene


$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove  $\alpha_m^*$  rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati  $m$  ed  $m+1$ , ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b> 041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b> 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 54 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che  $E_1 = F_1$ .

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad  $m$ . La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  che lega gli spostamenti in sommità degli strati  $m$  ed  $n$  è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

$A_{mn}$  rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti  $m$  e  $n$ .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati  $n$  ed  $m$ :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$


La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità  $z$  e al tempo  $t$  dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^+z} - F e^{-ik^+z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 8-10 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 55 / 96
			Stato di Validità	N. Rev. 01	

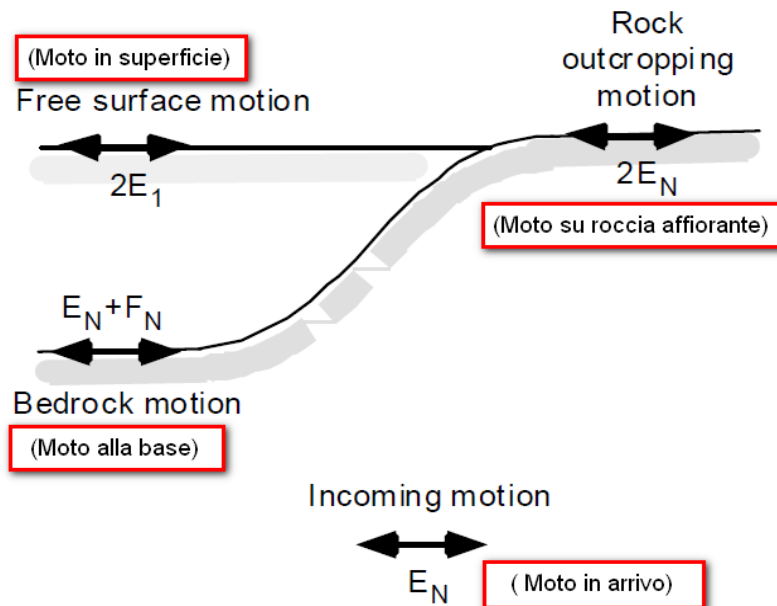



Figura 9-10: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad  $E_N$ ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a  $E_N + F_N$ . Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ( $E_N = F_N$ ), il moto avrà ampiezza pari a  $2E_N$ . La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

$A$  è non lineare poiché  $G$  è funzione di  $\gamma$ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di  $\gamma$ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo  $G$  così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per  $G(\gamma)$  adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 56 / 96
			Stato di Validità	N. Rev. 01	

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove  $\rho$  è la densità del terreno e  $V_s$  la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso.

La (28) fornisce il valore iniziale di  $G$  per la prima iterazione.

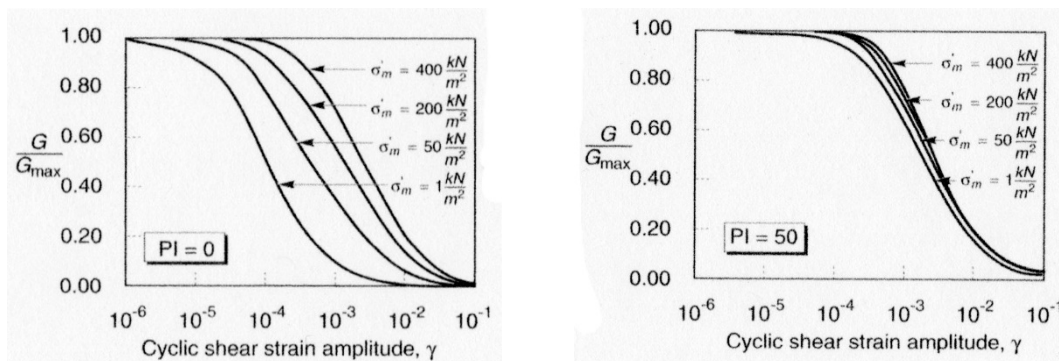



Figura 9-11: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche  $\xi$  deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  57 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

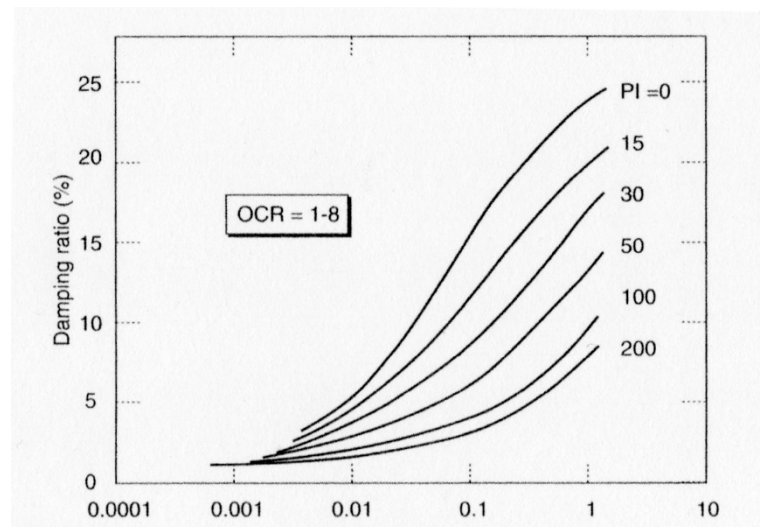



Figura 9-12: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

Negli allegati si riportano le analisi effettuate per i singoli Stati Limite Ultimi considerati (SLV, SLD). Si riportano anche gli accelerogrammi (7 per ogni SLU considerato) e i principali parametri ricavati dalla analisi della risposta sismica locale. Qui di seguito si riportano i grafici che mettono a confronto gli spettri di risposta normalizzati con quelli da normativa.

#### 9.6.2 Risultati della Risposta Sismica Locale

Come si può osservare dai grafici di confronto tra i vari spettri di risposta calcolati dall'analisi della risposta sismica locale e quelli di normativa, in nessun caso vi è un superamento del 15% in aumento delle curve sottese dai relativi spettri di normativa.

In questo caso possono essere adottati gli spettri di normativa che sono sufficientemente rispondenti alla situazione locale e più cautelativi rispetto a quelli ottenuti dall'analisi della risposta sismica locale.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  58 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

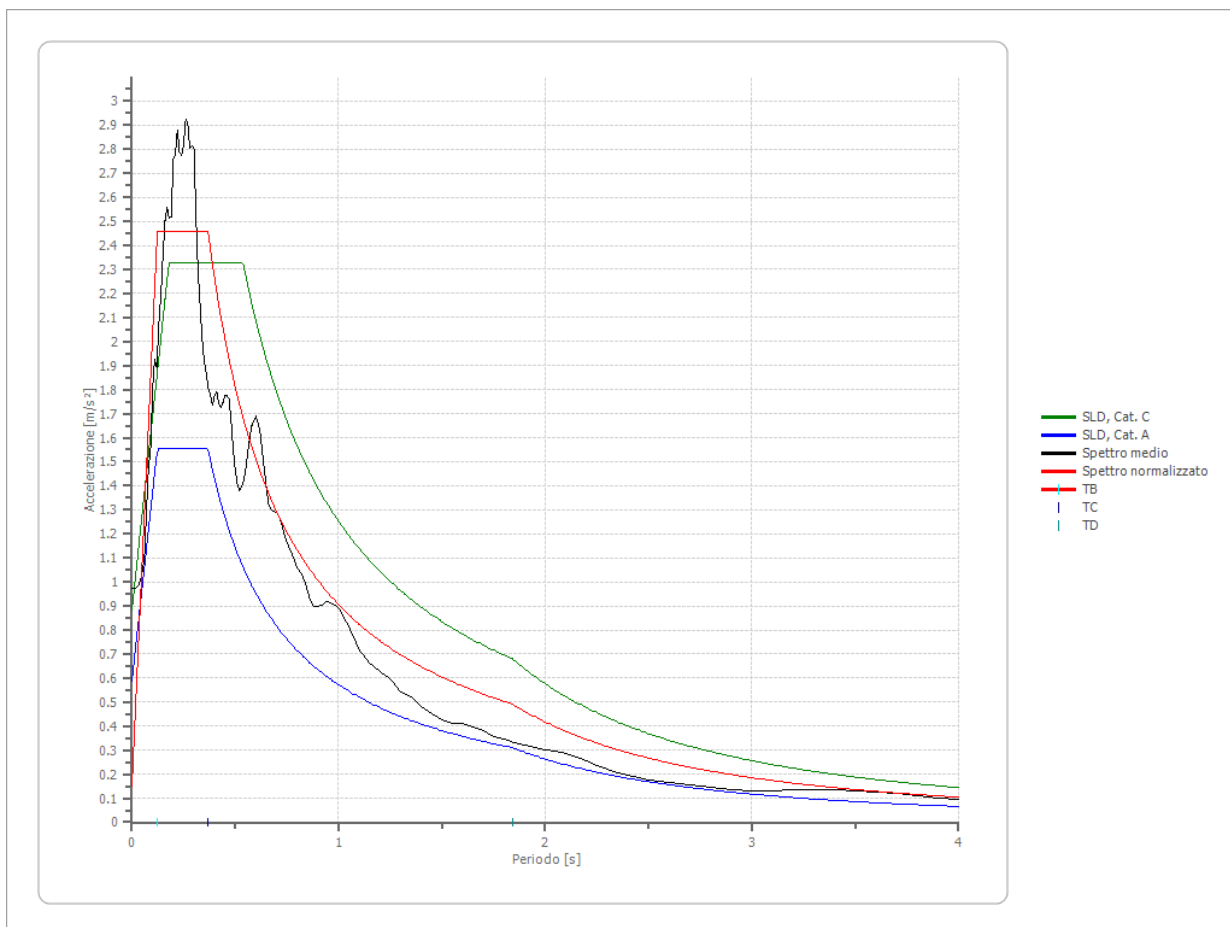



Figura 9-13: Stato Limite danno (SLD) - confronto tra lo spettro normalizzato calcolato con l'analisi della risposta sismica locale con il relativo spettro da normativa per la categoria di terreno C

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  59 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

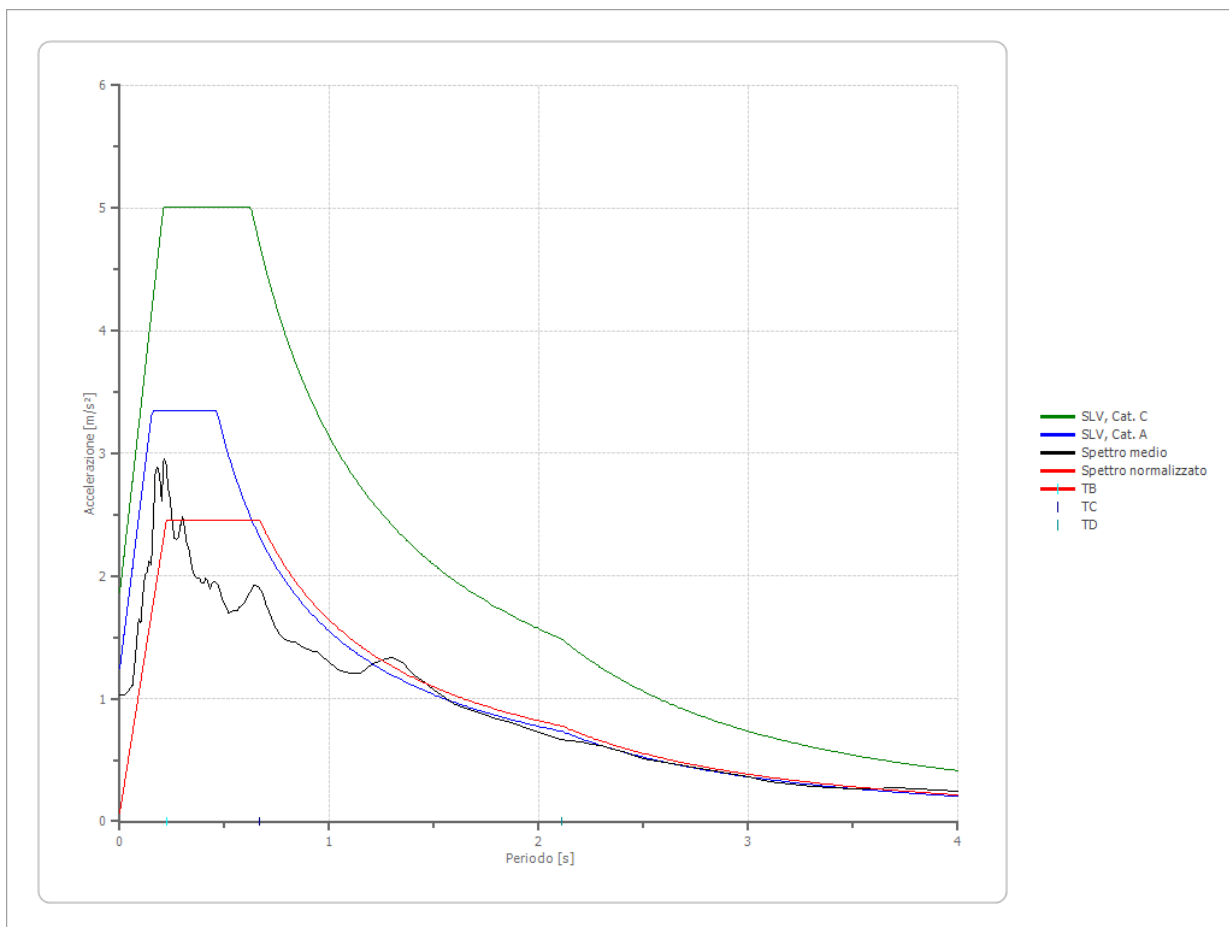



Figura 9-14: Stato Limite salvaguardi Vita (SLV) - confronto tra lo spettro normalizzato calcolato con l'analisi della risposta sismica locale con il relativo spettro da normativa per la categoria di terreno C

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 60 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

## 10 COMPATIBILITA' CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'intervento in progetto ricade all'interno delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico, a norma del R.D. n. 3267 del 30.12.1923 e ss.mm.ii.


Tutti le opere in oggetto sono infatti entro le aree tutelate dal vincolo idrogeologico come risulta dalla Carta del vincolo.

I lavori in oggetto non modificano sostanzialmente l'assetto topografico. I lavori e le condizioni morfologiche al contorno sono tali da non pregiudicare la stabilità delle aree di interesse. Tutte le opere in progetto ricadono all'interno dell'area impianto esistente, già urbanizzata e per la gran parte edificata. Quanto in progetto non fa altro che completare le aree già individuate all'interno della centrale e non saranno necessari per la realizzazione dei nuovi impianti di sbancamenti o di ulteriori livellamenti del terreno.

Inoltre per la realizzazione delle opere non ci sarà taglio di piante d'alto fusto e/o di vegetazione di alcun tipo.

Per queste considerazioni e da quanto emerso dall'indagine e dai rilievi eseguiti, i cui esiti sono riportati in questa relazione, si ritiene che gli interventi in progetto siano perfettamente compatibili con le finalità di tutela del vincolo idrogeologico, così come normato dal R.D. n. 3267 del 30.12.1923

Nella successiva Figura 8-1 è riportato uno stralcio, non in scala, delle cartografia delle aree tutelate dal vincolo idrogeologico con l'indicazione dell'area di intervento.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  61 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

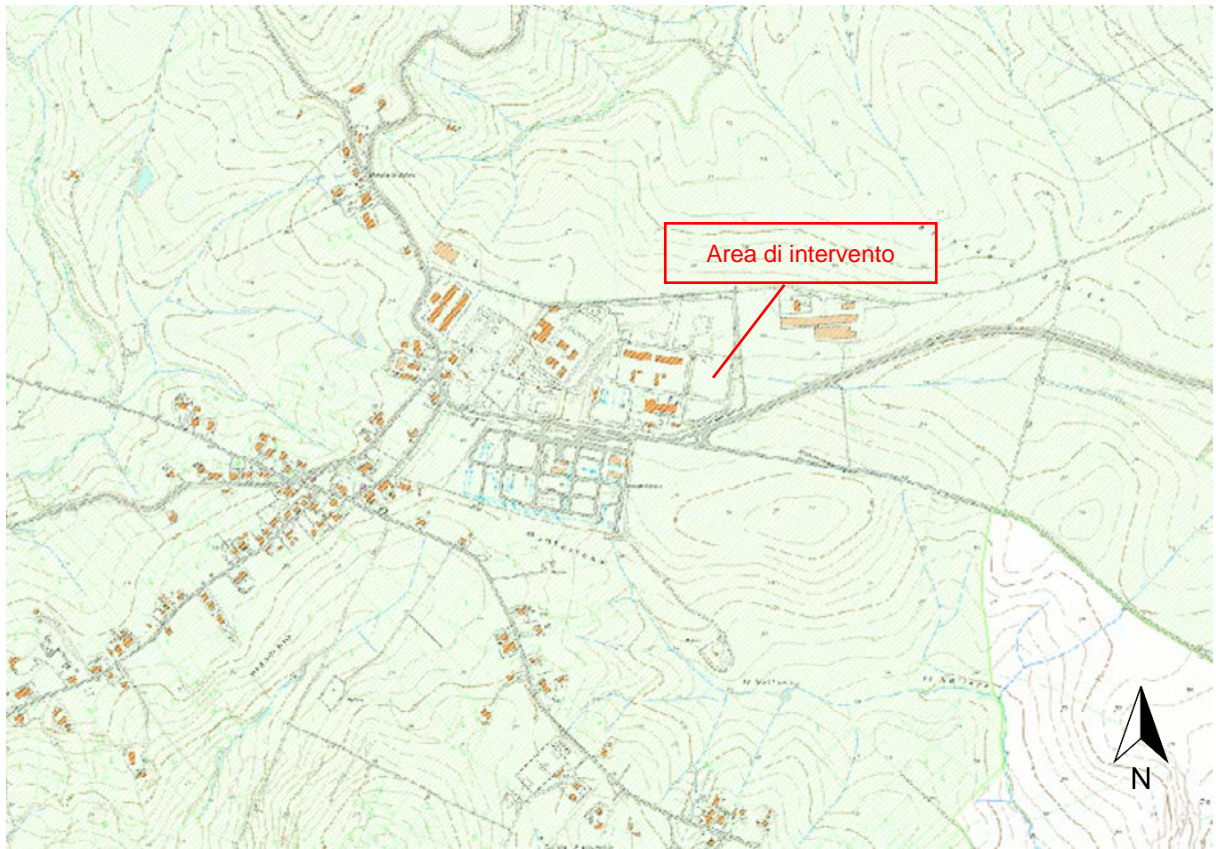



Figura 10-1: Carta del vincolo idrogeologico. Le aree campite in verde sono quelle vincolate. (da Regione Abruzzo - Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica)

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b> 	<b>Identificativo documento Committente</b> 041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b> 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 62 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

## 11 COMPATIBILITA' CON IL PAI

L'area oggetto di studio ricade attualmente nell'ambito della competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Unit of Management del Trigno.


Prima della riorganizzazione delle varie Autorità di Bacino, l'area della Centrale Stogit del Fiume Treste ricadeva nell'ambito di competenza dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore.

È questa l'Autorità di Bacino che ha redatto il Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Trigno ed a tale Piano che ci si è confrontati per la verifica di compatibilità. Infatti questa cartografia del Rischio è stata adottata anche dall'Attuale Autorità Distrettuale.

In particolare si è fatto riferimento alle Tavole 2 e 3 del PAI, in quanto l'area della Centrale STOGIT ricade a cavallo di tali fogli.

Come si può osservare dallo stralcio riportato in Figura 9-1, l'area della centrale non ricade in nessuna area classificata a rischio idrogeologico per frana o valanga. Nessuna delle aree in frana cartografate e classificate è prossima all'area impianto, a conferma di quanto osservato in sito e dai rilievi effettuati: l'area risulta perfettamente stabile e non interferisce con alcun processo gravitato in atto, quiescente o potenziale.

Per quanto sopra si esclude qualsiasi interferenza con le aree a pericolosità/rischio idrogeologico e l'intervento risulta dunque perfettamente compatibile con il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b> 041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b> 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 63 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b> 01	

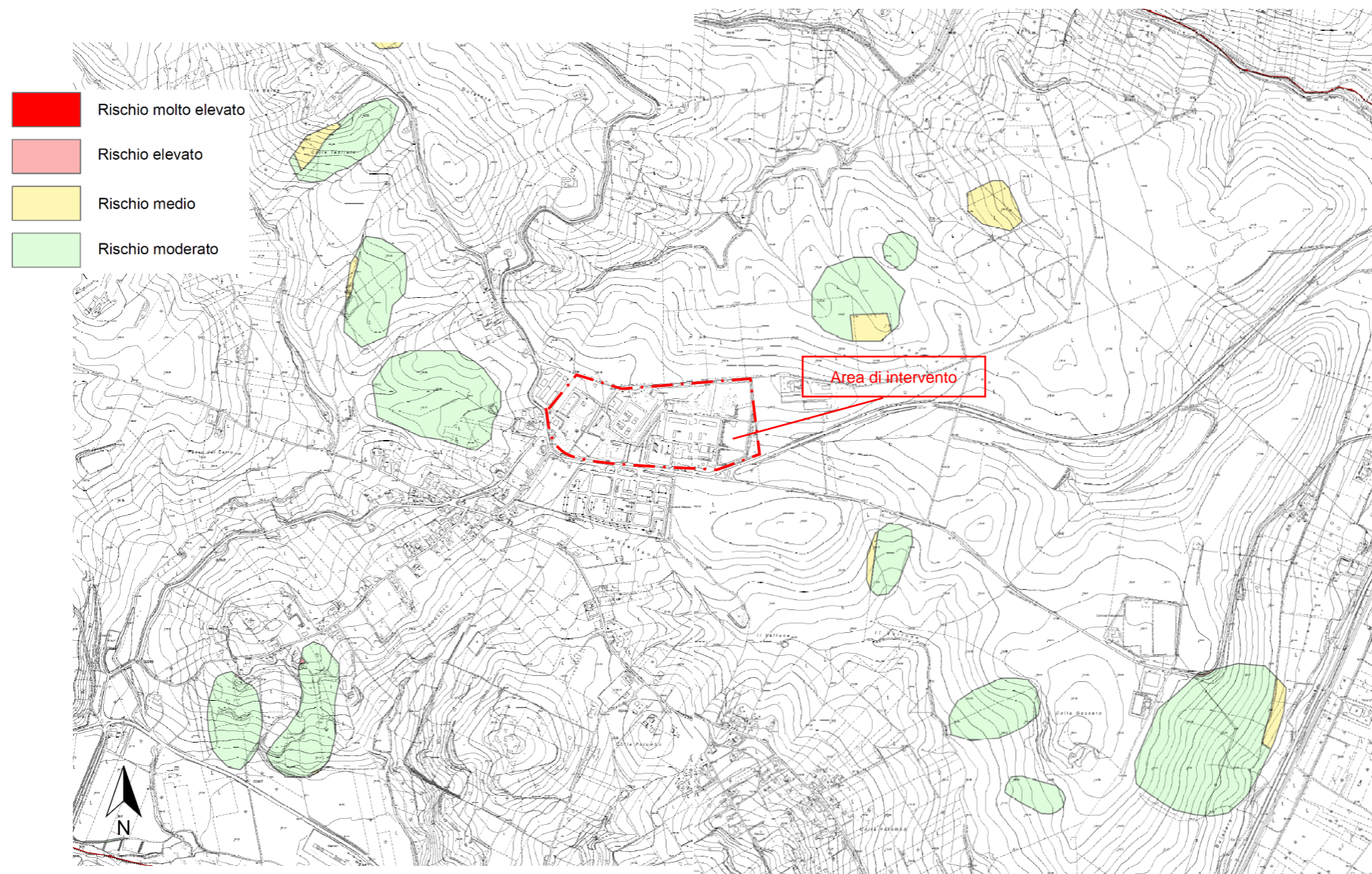



Figura 11-1: Stralcio della Carta del Rischio Idrogeologico: Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Trigno; Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno, e Minori, Saccione e Fortore (il tratteggio rosso indica il limite dell'area della Centrale STOGIT)

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 64 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

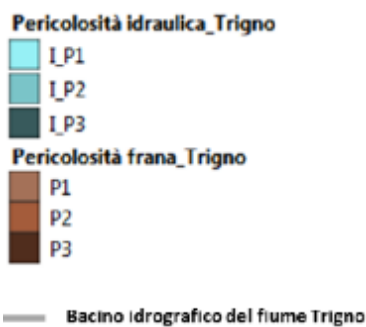
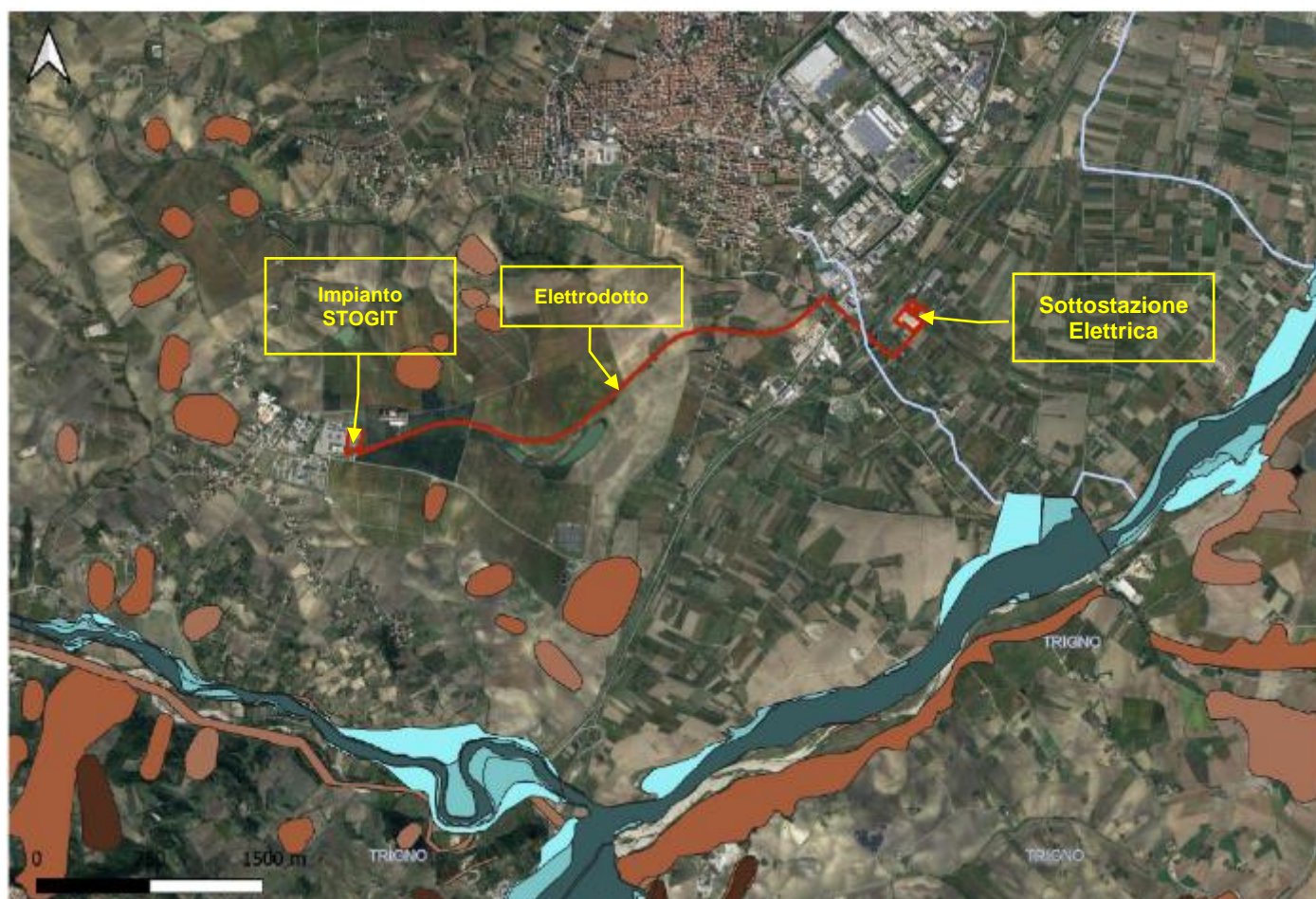



Figura 11-2: Stralcio della Carta della Pericolosità Idrogeologica: Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Trigno; Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno, e Minori, Saccione e Fortore



Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 65 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

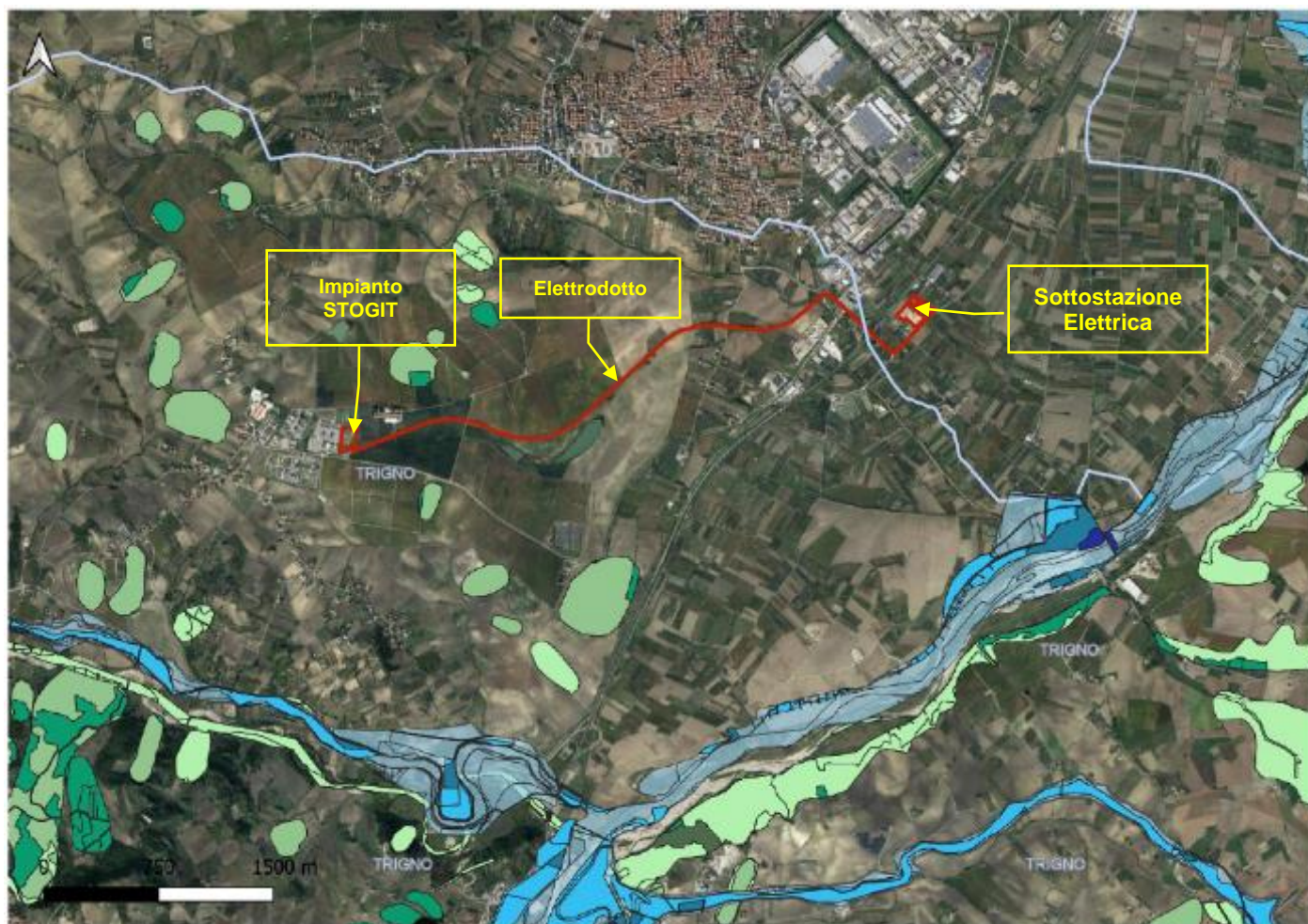



Figura 11-3 Stralcio della Carta del Rischio Idrogeologico: Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Trigno; Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno, e Minori, Saccione e Fortore

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  66 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

## 12 CONCLUSIONI

Le indagini ed i rilievi effettuati hanno consentito di caratterizzare con sufficiente dettaglio, da un punto di vista geologico, litostratigrafico e geotecnico, l'imposta degli impianti in progetto, che ricadono peraltro in una zona sufficientemente conosciuta e densamente edificata.

Le indagini sono state eseguite nel rispetto del D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 e delle vigenti normative tecniche (DM 17 gennaio 2018).

Dai dati emersi non si sono evidenziati particolari elementi che lascino supporre difficoltà tecniche in fase esecutiva e l'intervento risulta perfettamente fattibile sia da un punto di vista geologico che stratigrafico anche in relazione alle previsioni del PAI ed alla presenza del vincolo Idrogeologico.

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni (riporto a granulometria grossolana e coltre detritica prevalentemente coesiva), hanno permesso di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni. Per tale motivo la verifica alla liquefazione è stata omessa in quanto ricorre una delle condizioni di esclusione previste nel § 7.11.3.4.2 del D.M. 17 gennaio 2018 – *Norme tecniche per le costruzioni*.


In particolare i terreni sotto falda sono coesivi e quindi non possono essere liquefacibili.

Si consiglia alla DL l'impiego del metodo osservazionale durante l'esecuzione dell'opera ed in particolare dei movimenti terra e delle fondazioni in progetto, per verificare se i modelli geologico e stratigrafico adottati, ricostruiti in base alle indagini effettuate, corrispondono a quanto emergerà in fase realizzativa.

Per adeguare la progettazione oltre che alle massime sollecitazioni sismiche attese, alle locali condizioni stratigrafiche in grado di produrre fenomeni di amplificazione sismica locale, si è redatto il presente studio per la valutazione della Risposta Sismica Locale.

Dal confronto tra gli spettri di risposta calcolati dall'analisi della risposta sismica locale e quelli di normativa, per i vari stati limite ultimi (SLU) considerati, risulta che in nessun caso vi è un superamento del 15% in aumento delle curve sottese dai relativi spettri di normativa.


In questo caso possono essere adottati gli spettri di normativa che sono sufficientemente rispondenti alla situazione locale e più cautelativi rispetto a quelli ottenuti dall'analisi della risposta sismica locale.

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 <b>STOGIT</b>	041105DFLB13330	05-BG-E-94000		01	67 / 96

## ALLEGATO 1

### Stato Limite Danno (SLD)

### Elaborazioni della Risposta Sismica Locale (RSL)

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  68 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>  01	

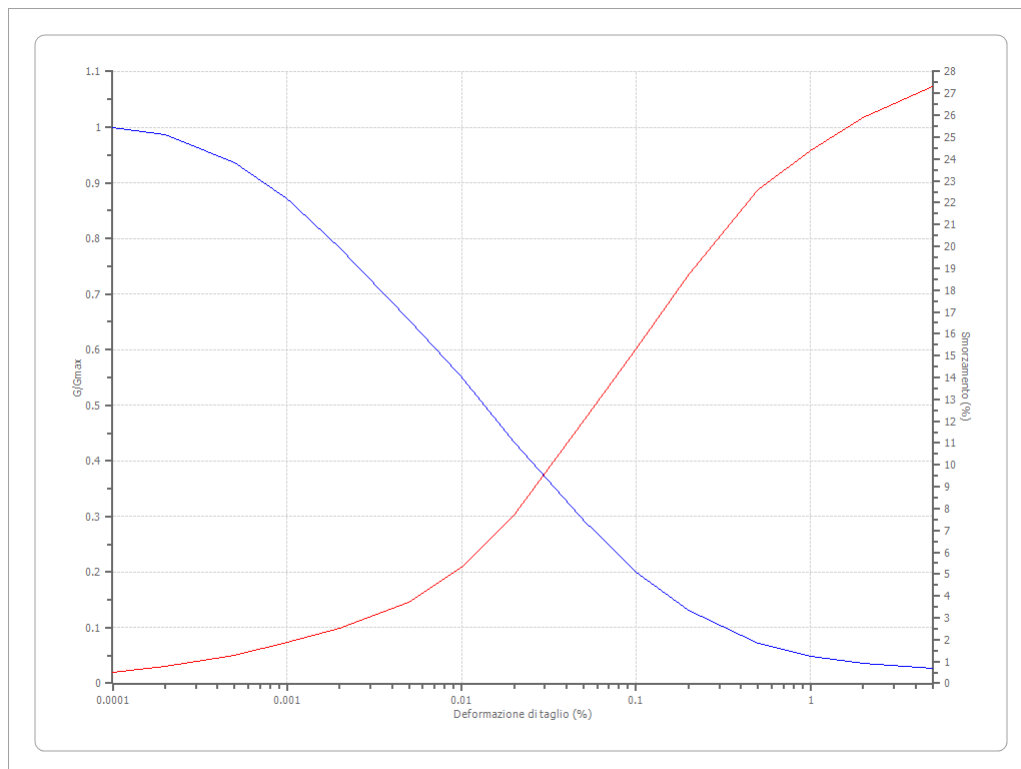
### Dati generali


Descrizione	valutazione risposta sismica locale nell'area della centrale di F. Treste
Committente	STOGIT
Cantiere	Centrale STOGIT Fiume Treste
Operatore della prova	BALDELLI Pieramelio
Data della prova	22/04/2022
Latitudine	42,0246849[°]
Longitudine	14,70368[°]

### Terreni

Seed et al. (1986) Gravel

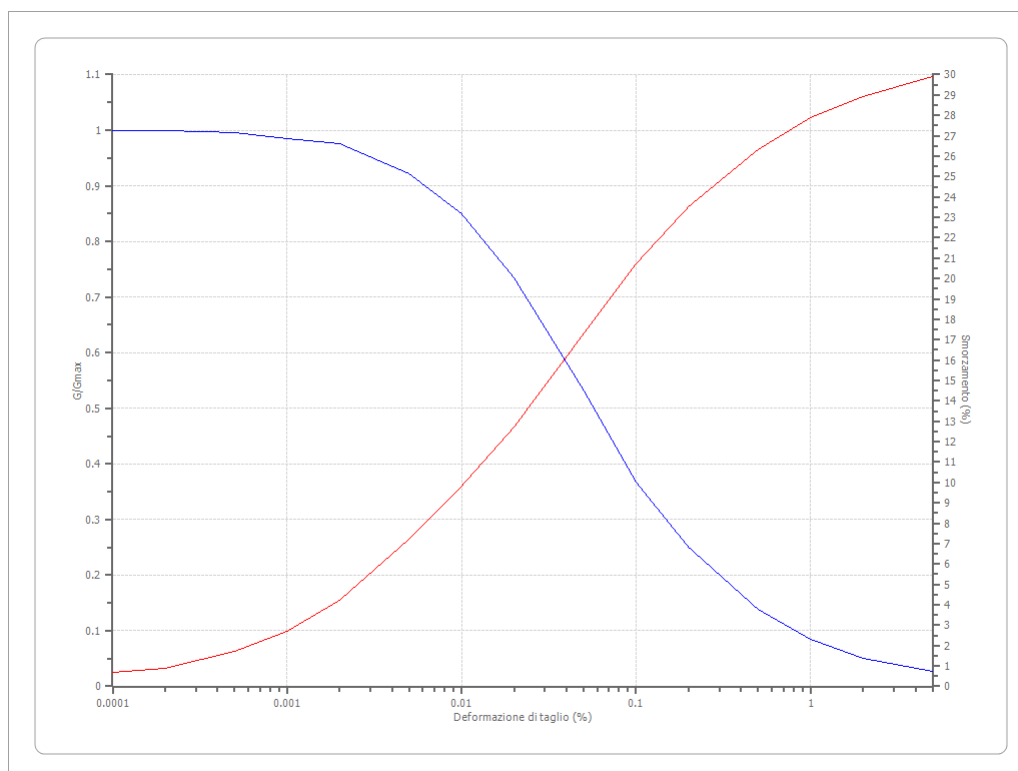
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.0002	0.987	0.0002	0.800
0.0005	0.937	0.0005	1.300
0.001	0.872	0.001	1.900
0.002	0.783	0.002	2.500
0.005	0.653	0.005	3.700
0.010	0.550	0.010	5.300
0.020	0.434	0.020	7.700
0.050	0.293	0.050	12.000
0.100	0.200	0.100	15.300
0.200	0.132	0.200	18.700
0.500	0.072	0.500	22.600
1.000	0.049	1.000	24.400
2.000	0.036	2.000	25.900
5.000	0.027	5.000	27.300




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  69 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound

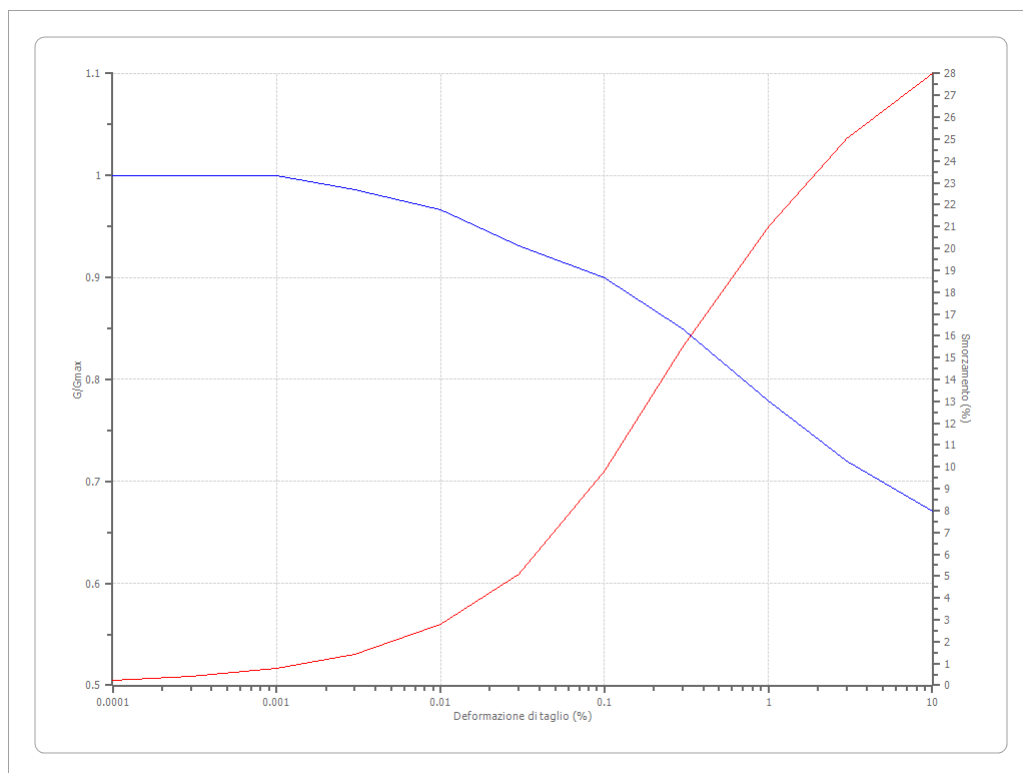
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.700
0.0002	1.000	0.0002	0.900
0.0005	0.996	0.0005	1.700
0.001	0.984	0.001	2.700
0.002	0.975	0.002	4.200
0.005	0.922	0.005	7.200
0.010	0.850	0.010	9.800
0.020	0.734	0.020	12.700
0.050	0.532	0.050	17.300
0.100	0.367	0.100	20.700
0.200	0.250	0.200	23.500
0.500	0.139	0.500	26.300
1.000	0.085	1.000	27.900
2.000	0.051	2.000	28.900
5.000	0.027	5.000	29.900




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  70 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



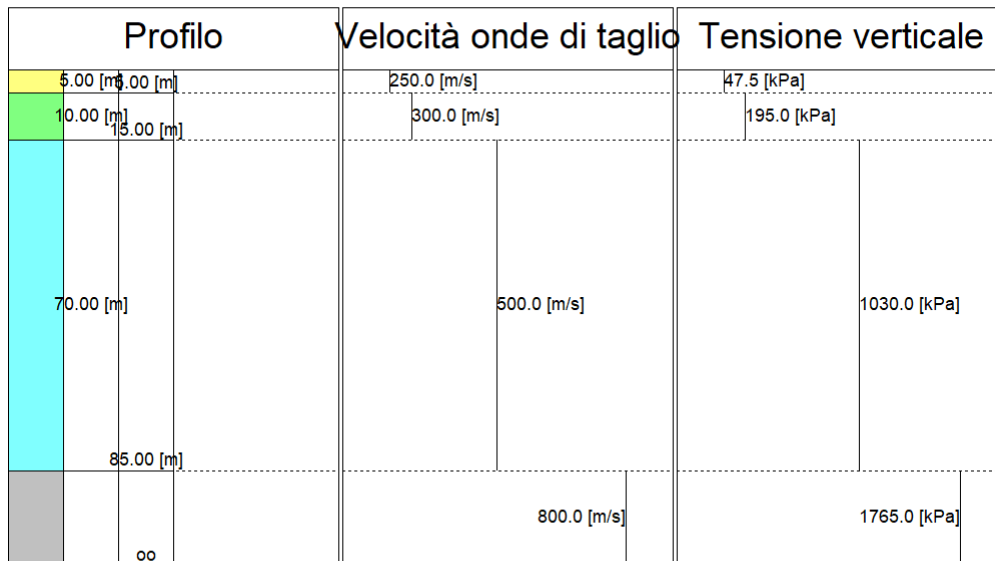
<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  71 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Riporto	--	5.0	Seed et al. (1986) Gravel	0	121.05	--	19.0	250.0	47.5
2	Argille	5.0	10.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	0	183.49	--	20.0	300.0	195.0
3	Argille e sabbie	15.0	70.0	Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound	0	535.17	--	21.0	500.0	1030.0
4	Bedrock sismico	oo	--	Smorzamento costante	0	1435.27	--	22.0	800.0	1765.0


Strato rilevamento accelerogramma:

4 Affiorante



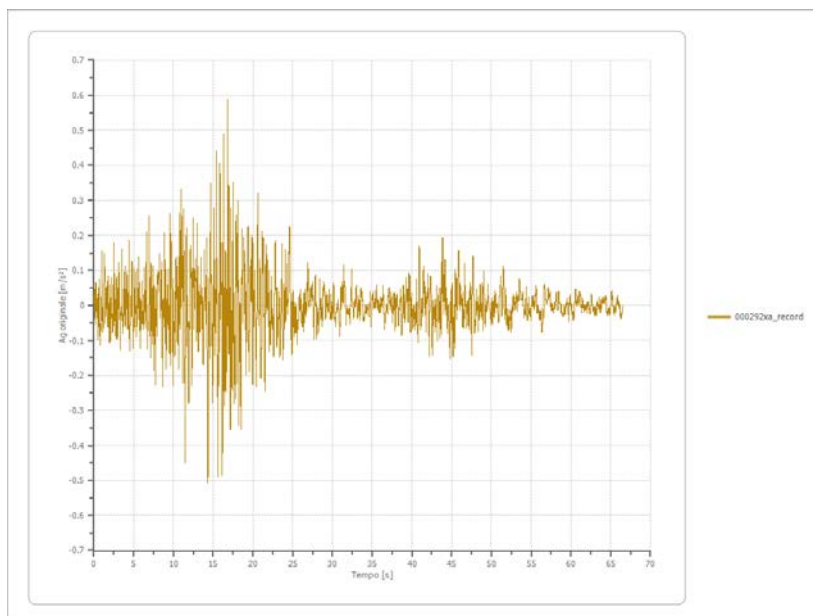
### Elaborazione

Numero di iterazioni 8  
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
Tipo di modulo elastico Shake  
Massimo errore percentuale di convergenza 1.65 E-02

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  72 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

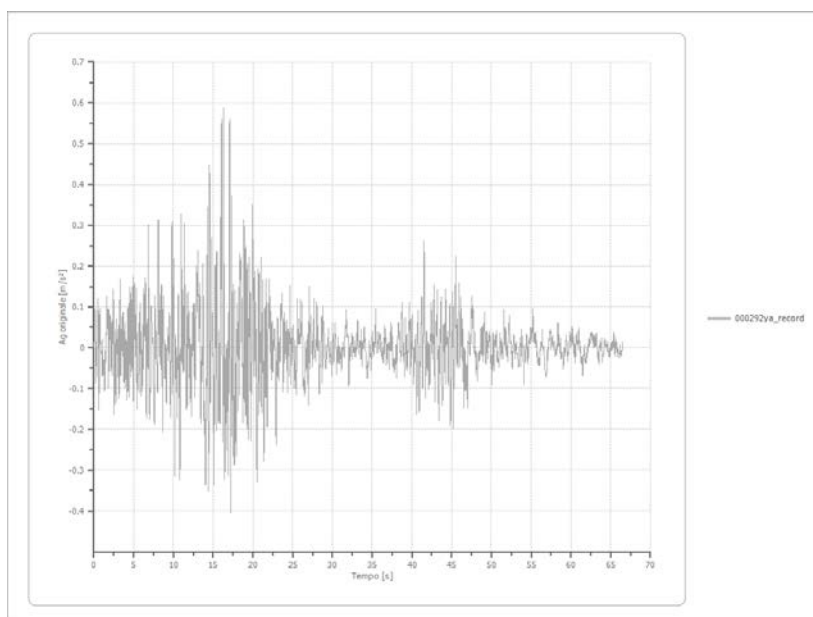
**File 000292xa\_record:  
Accelerogramma importato**

Nome del file	000292xa_record
Durata della traccia	66.500 [s]
Accelerazione massima	0.588 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	16.820 [s]




**File 000292ya\_record:  
Accelerogramma importato**

Nome del file	000292ya_record
Durata della traccia	66.510 [s]
Accelerazione massima	0.588 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	16.310 [s]

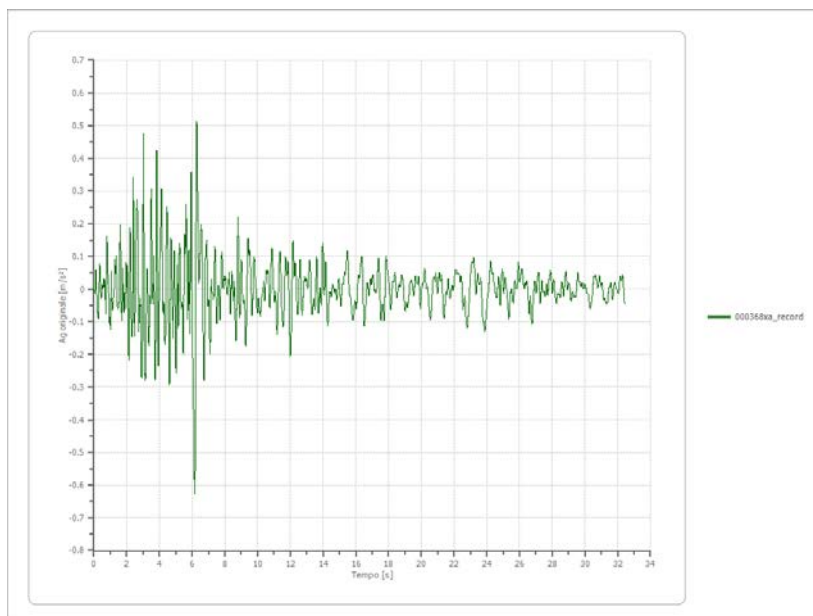




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  73 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

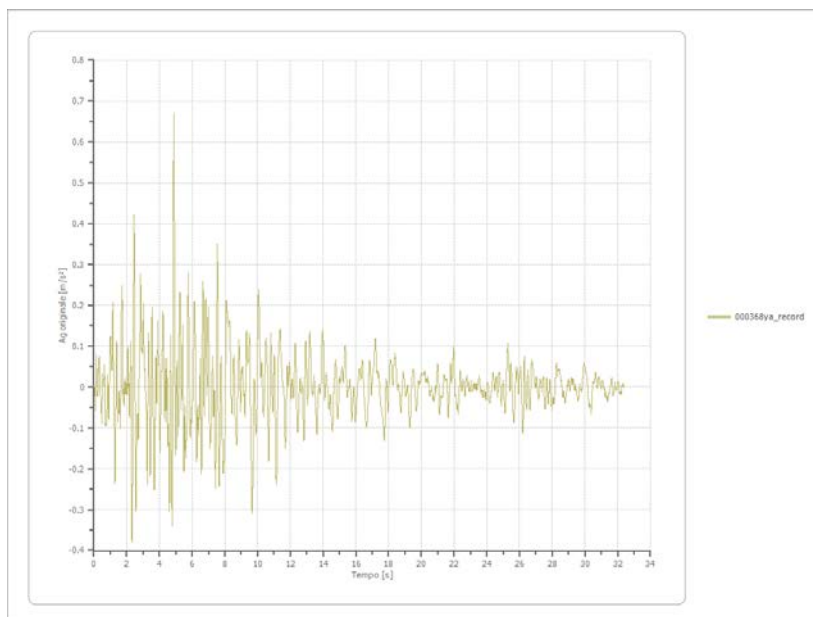
**File 000368xa\_record:  
Accelerogramma importato**


Nome del file 000368xa\_record  
Durata della traccia 32.440 [s]  
Accelerazione massima 0.628 [m/s<sup>2</sup>]  
Periodo con accelerazione massima 6.170 [s]



**File 000368ya\_record:  
Accelerogramma importato**

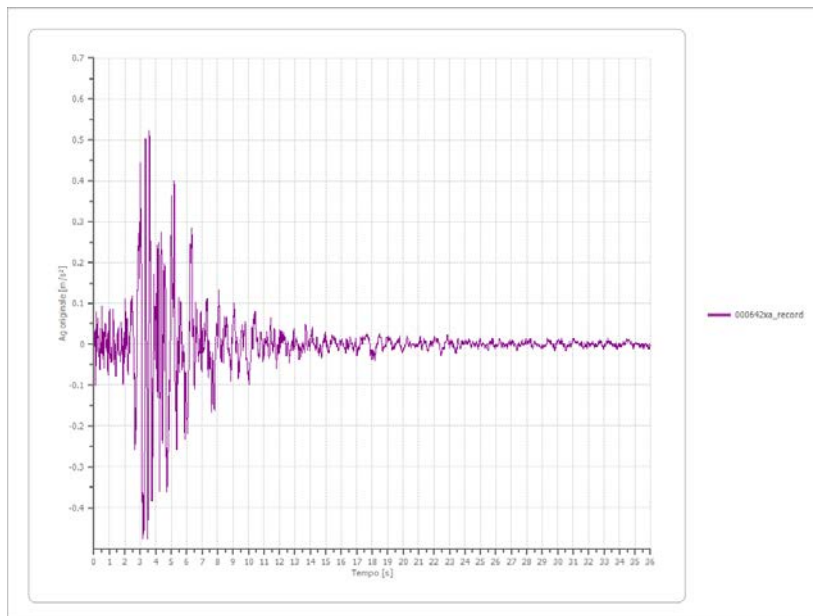
Nome del file 000368ya\_record  
Durata della traccia 32.400 [s]  
Accelerazione massima 0.671 [m/s<sup>2</sup>]  
Periodo con accelerazione massima 4.880 [s]



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  74 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

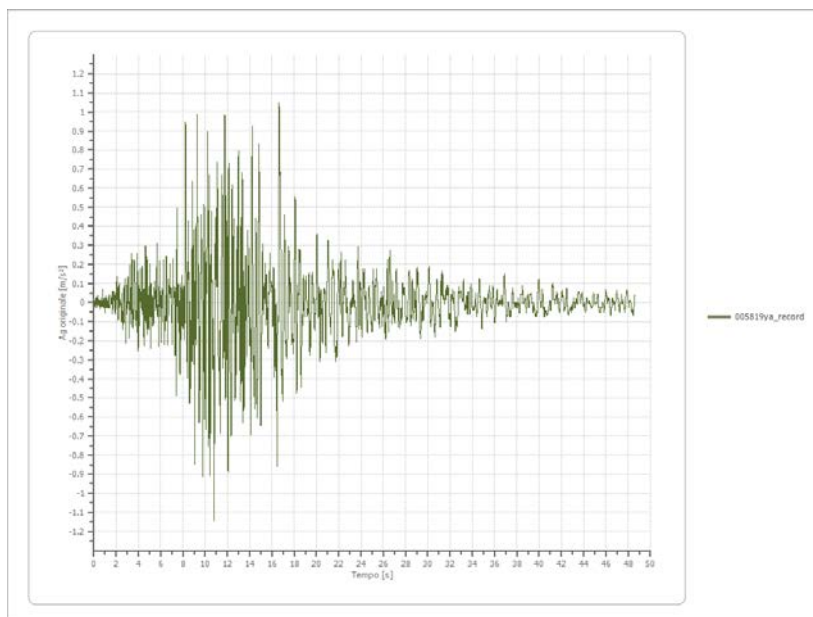
**File 000642xa\_record:  
Accelerogramma importato**


Nome del file	000642xa_record
Durata della traccia	35.980 [s]
Accelerazione massima	0.524 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	3.590 [s]



**File 005819ya\_record:  
Accelerogramma importato**

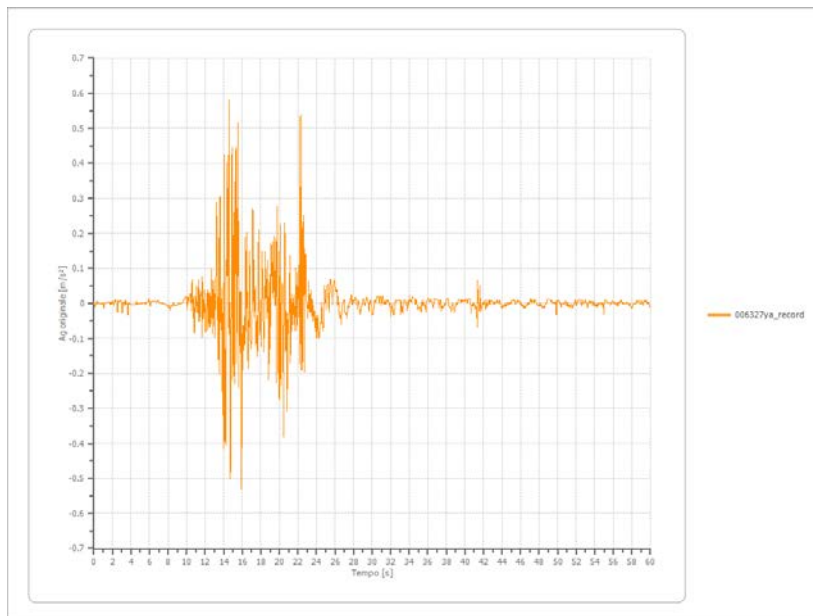
Nome del file	005819ya_record
Durata della traccia	48.600 [s]
Accelerazione massima	1.146 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	10.790 [s]




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  75 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

**File 006327ya\_record:  
Accelerogramma importato**

Nome del file	006327ya_record
Durata della traccia	59.990 [s]
Accelerazione massima	0.581 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	14.600 [s]




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  76 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

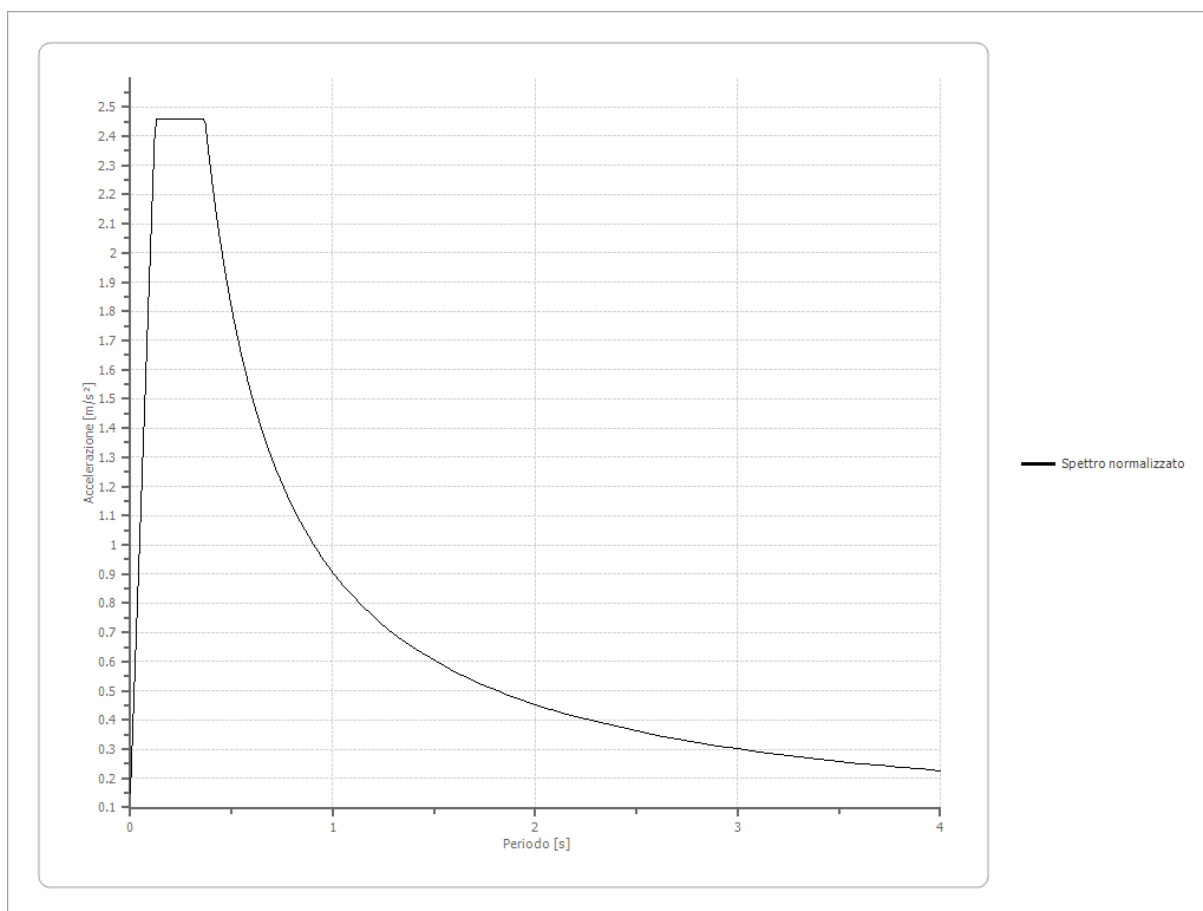
#### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.300 [s]
Tvi	0.620 [s]
Tao	0.260 [s]
Tvo	0.620 [s]
Sami	1.620 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.101 [m/s]
Samo	2.458 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.144 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.518 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.427 [-]</b>
TB	0.123 [s]
TC	0.368 [s]
TD	1.840 [s]
SA(0)	0.150 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	2.458 [m/s <sup>2</sup> ]

#### Spettro normalizzato di risposta elastico


Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	0.1503	0.26	2.4583	0.52	1.7413	0.98	0.9240	2.25	0.4024
0.01	0.3383	0.27	2.4583	0.53	1.7085	1.00	0.9055	2.30	0.3937
0.02	0.5263	0.28	2.4583	0.54	1.6768	1.05	0.8624	2.35	0.3853
0.03	0.7142	0.29	2.4583	0.55	1.6463	1.10	0.8232	2.40	0.3773
0.04	0.9022	0.30	2.4583	0.56	1.6169	1.15	0.7874	2.50	0.3622
0.05	1.0902	0.31	2.4583	0.57	1.5886	1.20	0.7546	2.60	0.3483
0.06	1.2782	0.32	2.4583	0.58	1.5612	1.25	0.7244	2.70	0.3354
0.07	1.4661	0.33	2.4583	0.60	1.5091	1.30	0.6965	2.80	0.3234
0.08	1.6541	0.34	2.4583	0.62	1.4605	1.35	0.6707	2.90	0.3122
0.09	1.8421	0.35	2.4583	0.64	1.4148	1.40	0.6468	3.00	0.3018
0.10	2.0301	0.36	2.4583	0.66	1.3719	1.45	0.6245	3.10	0.2921
0.11	2.2181	0.37	2.4473	0.68	1.3316	1.50	0.6037	3.20	0.2830
0.12	2.4060	0.38	2.3828	0.70	1.2935	1.55	0.5842	3.30	0.2744
0.13	2.4583	0.39	2.3218	0.72	1.2576	1.60	0.5659	3.40	0.2663
0.14	2.4583	0.40	2.2637	0.74	1.2236	1.65	0.5488	3.50	0.2587
0.15	2.4583	0.41	2.2085	0.76	1.1914	1.70	0.5326	3.60	0.2515
0.16	2.4583	0.42	2.1559	0.78	1.1609	1.75	0.5174	3.70	0.2447
0.17	2.4583	0.43	2.1058	0.80	1.1319	1.80	0.5030	3.80	0.2383
0.18	2.4583	0.44	2.0579	0.82	1.1042	1.85	0.4895	3.90	0.2322
0.19	2.4583	0.45	2.0122	0.84	1.0780	1.90	0.4766	4.00	0.2264
0.20	2.4583	0.46	1.9684	0.86	1.0529	1.95	0.4644		
0.21	2.4583	0.47	1.9266	0.88	1.0290	2.00	0.4527		
0.22	2.4583	0.48	1.8864	0.90	1.0061	2.05	0.4417		
0.23	2.4583	0.49	1.8479	0.92	0.9842	2.10	0.4312		
0.24	2.4583	0.50	1.8110	0.94	0.9633	2.15	0.4212		
0.25	2.4583	0.51	1.7755	0.96	0.9432	2.20	0.4116		

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  77 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

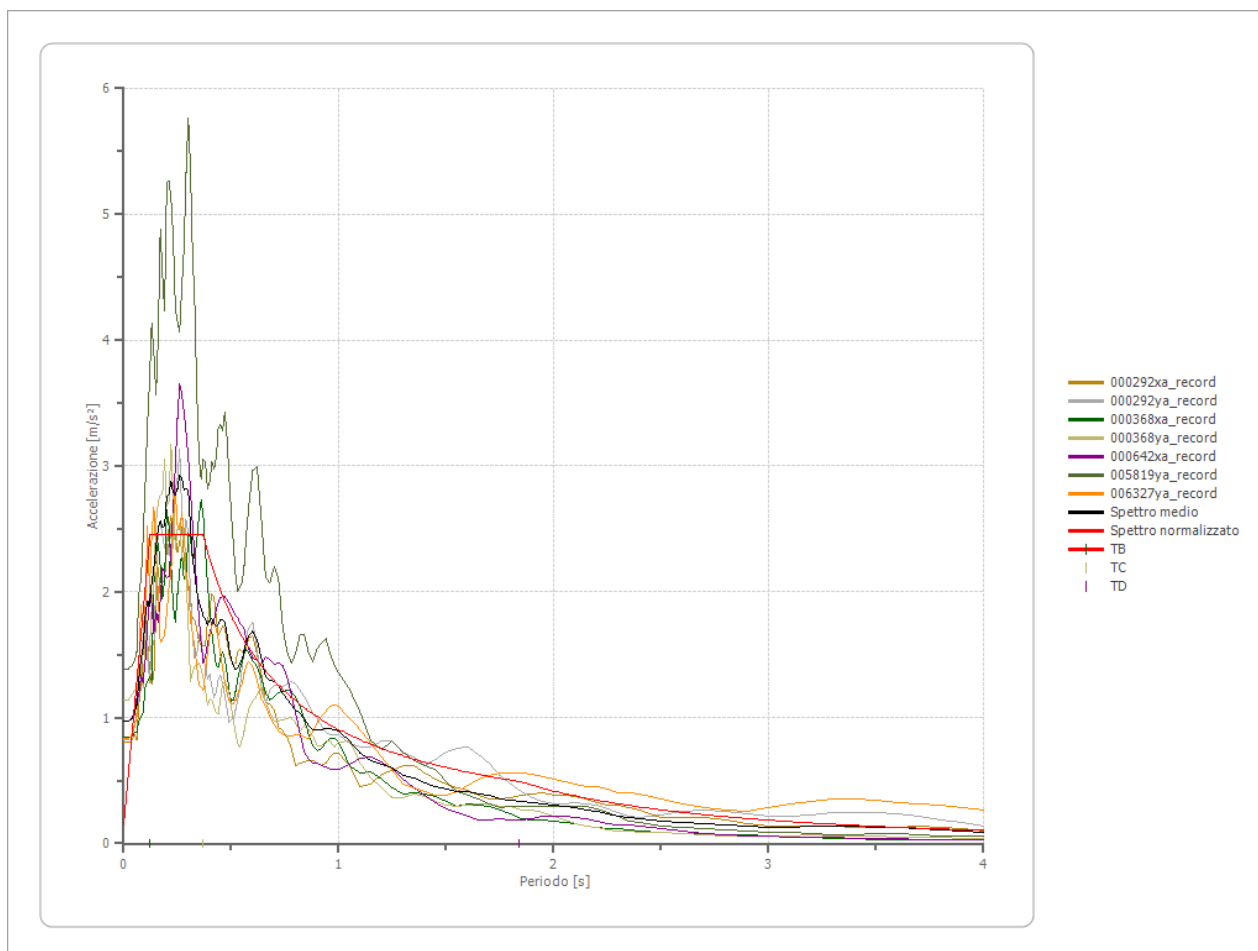



**Parametri spettro normalizzato**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
0.150	16.355	--	0.123	0.368	1.840	0.150	2.458	0.255

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  78 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

**Confronto tra gli spettri**

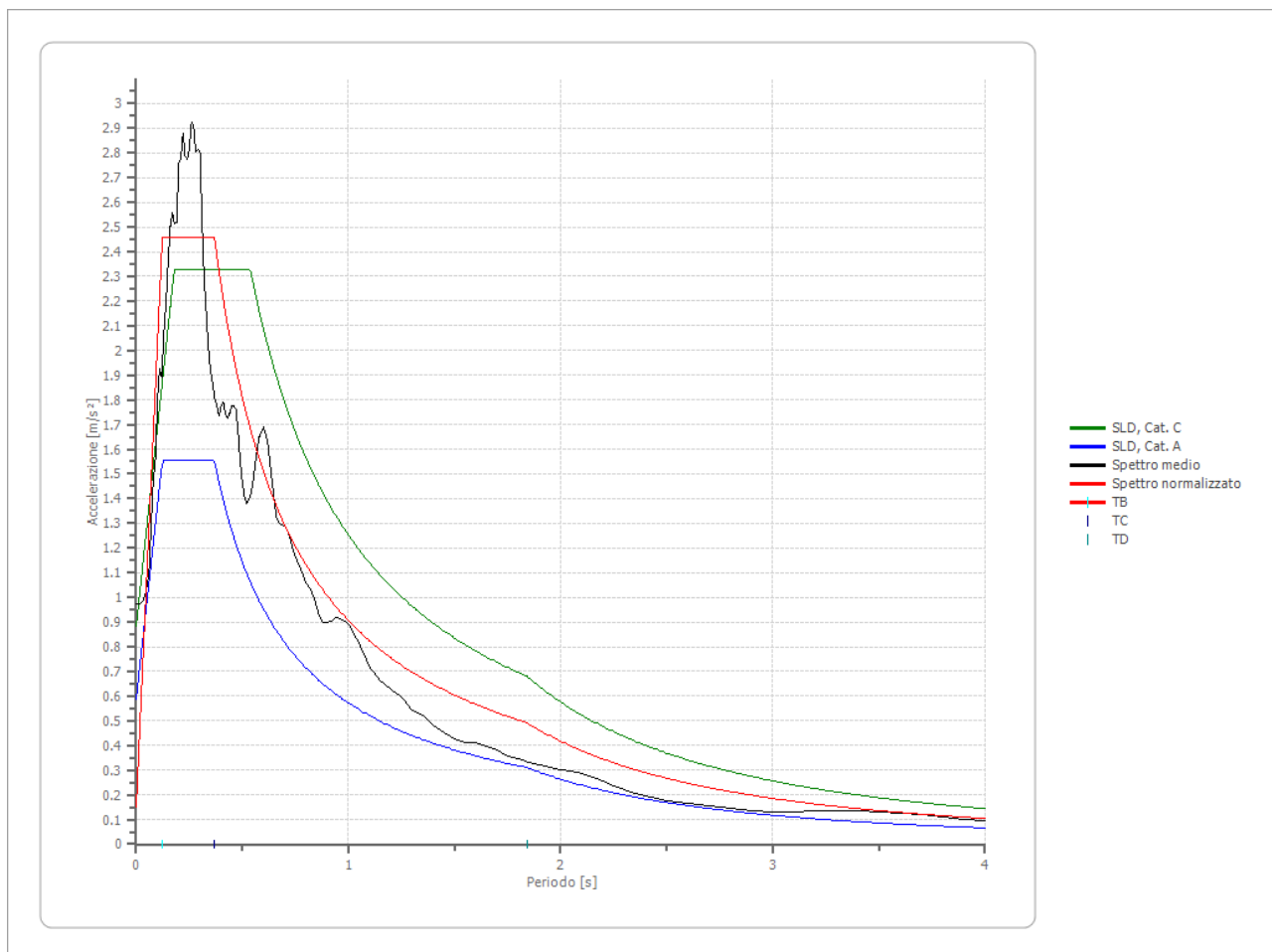



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  79 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.500	0.589	1.246	1.511	0.500	0.589	1.246	1.511
Fo	2.557	2.637	2.691	2.757	2.557	2.637	2.691	2.757
Tc* [s]	0.344	0.368	0.462	0.511	0.344	0.368	0.462	0.511
Ss	1.50	1.50	1.49	1.45	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.49	1.46	1.35	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00
TB [s]	0.171	0.179	0.209	0.223	0.115	0.123	0.154	0.170
TC [s]	0.514	0.537	0.626	0.670	0.344	0.368	0.462	0.511
TD [s]	1.804	1.840	2.108	2.216	1.804	1.840	2.108	2.216
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.750	0.884	1.863	2.184	0.500	0.589	1.246	1.511
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.918	2.330	5.012	6.020	1.279	1.553	3.353	4.166




Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 <b>STOGIT</b>	041105DFLB13330	05-BG-E-94000		01	80 / 96

## ALLEGATO 2

### Stato Limite Vita (SLV)

### Elaborazioni della Risposta Sismica Locale (RSL)



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  81 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

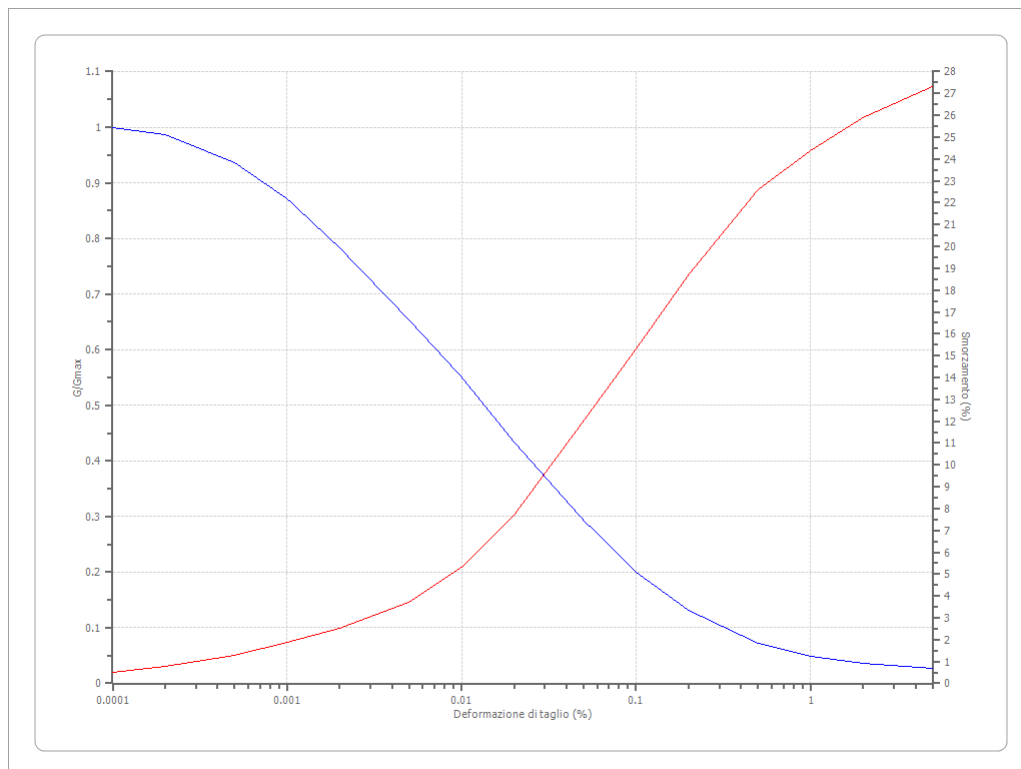
#### Dati generali


Descrizione	valutazione risposta sismica locale nell'area della centrale di F. Treste
Committente	STOGIT
Cantiere	Centrale STOGIT Fiume Treste
Operatore della prova	BALDELLI Pieramelio
Data della prova	22/04/2022
Latitudine	42,0246849[°]
Longitudine	14,70368[°]

#### Terreni

Seed et al. (1986) Gravel

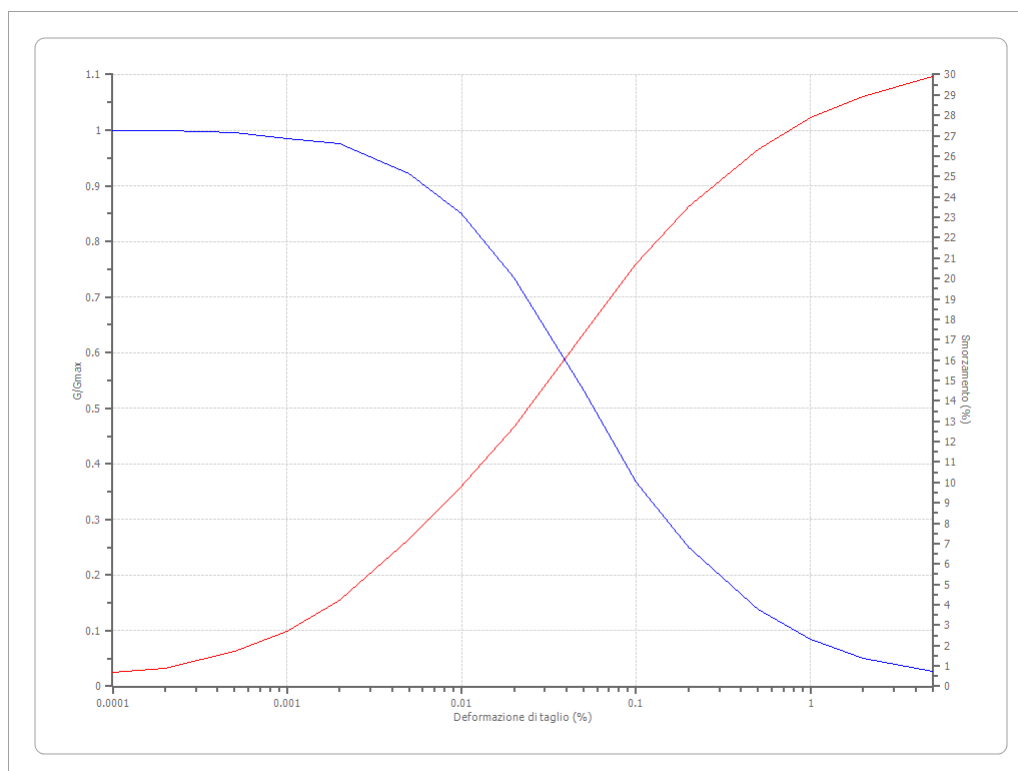
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.0002	0.987	0.0002	0.800
0.0005	0.937	0.0005	1.300
0.001	0.872	0.001	1.900
0.002	0.783	0.002	2.500
0.005	0.653	0.005	3.700
0.010	0.550	0.010	5.300
0.020	0.434	0.020	7.700
0.050	0.293	0.050	12.000
0.100	0.200	0.100	15.300
0.200	0.132	0.200	18.700
0.500	0.072	0.500	22.600
1.000	0.049	1.000	24.400
2.000	0.036	2.000	25.900
5.000	0.027	5.000	27.300




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  82 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound

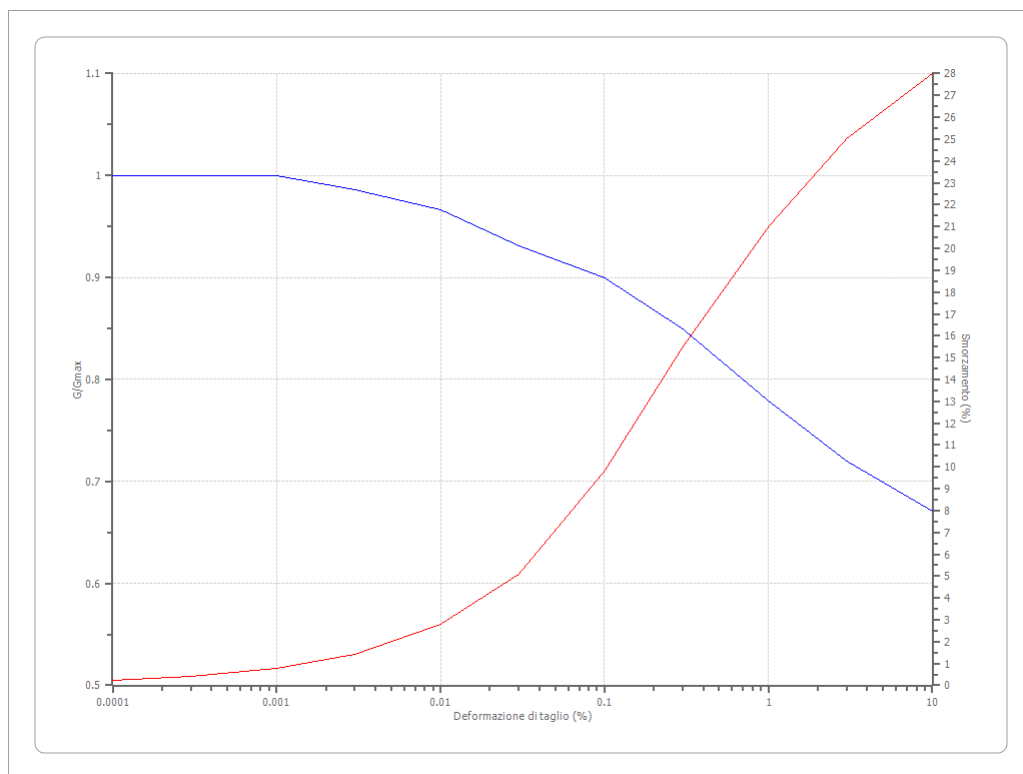
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.700
0.0002	1.000	0.0002	0.900
0.0005	0.996	0.0005	1.700
0.001	0.984	0.001	2.700
0.002	0.975	0.002	4.200
0.005	0.922	0.005	7.200
0.010	0.850	0.010	9.800
0.020	0.734	0.020	12.700
0.050	0.532	0.050	17.300
0.100	0.367	0.100	20.700
0.200	0.250	0.200	23.500
0.500	0.139	0.500	26.300
1.000	0.085	1.000	27.900
2.000	0.051	2.000	28.900
5.000	0.027	5.000	29.900




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  83 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



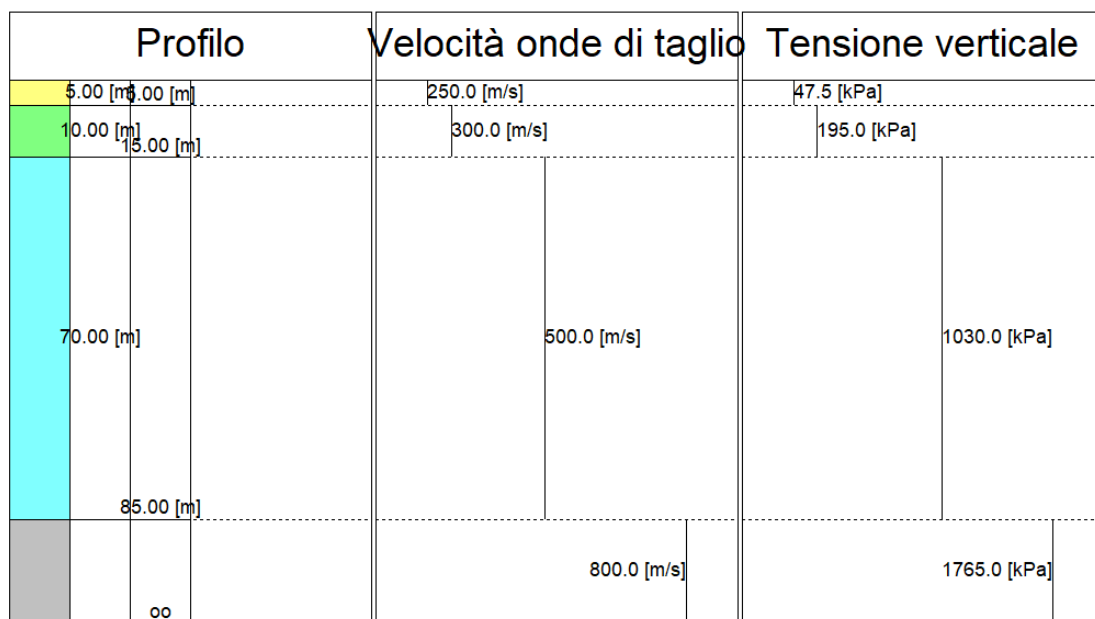
<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  84 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Smorzame nto critico [%]	Peso unità vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	riporto	--	5.0	Seed et al. (1986) Gravel	121.05	--	19.0	250.0	47.5
2	argilla	5.0	10.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	183.49	--	20.0	300.0	195.0
3	Sabbie e argille	15.0	70.0	Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound	535.17	--	21.0	500.0	1030.0
4	Bedrock sismico	oo	--	Smorzamento costante	1435.27	--	22.0	800.0	1765.0


Strato rilevamento accelerogramma:

4 Affiorante



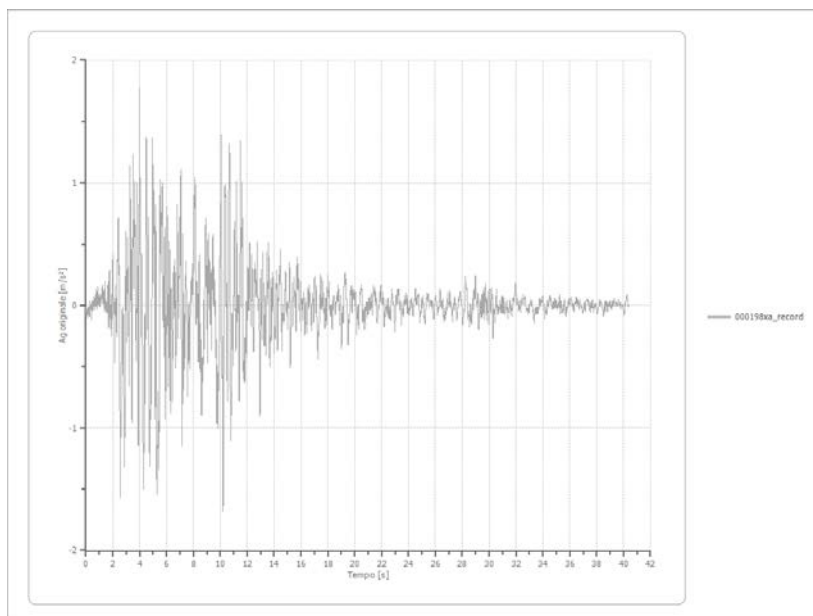
### Elaborazione

Numero di iterazioni 8  
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
Tipo di modulo elastico Shake  
Massimo errore percentuale di convergenza 3.13 E-02

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  85 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

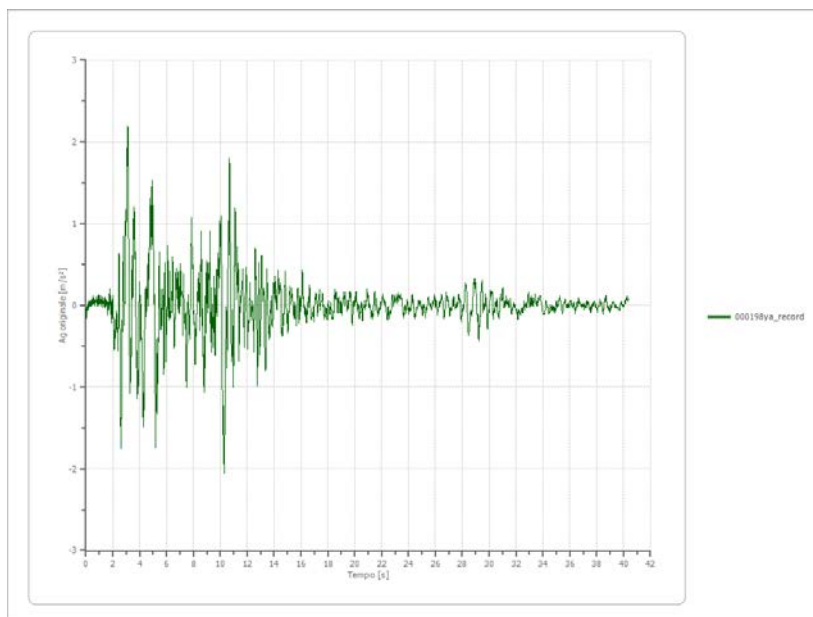
**File 000198xa\_record:  
Accelerogramma importato**


Nome del file	000198xa_record
Durata della traccia	40.370 [s]
Accelerazione massima	1.774 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	3.990 [s]



**File 000198ya\_record:  
Accelerogramma importato**

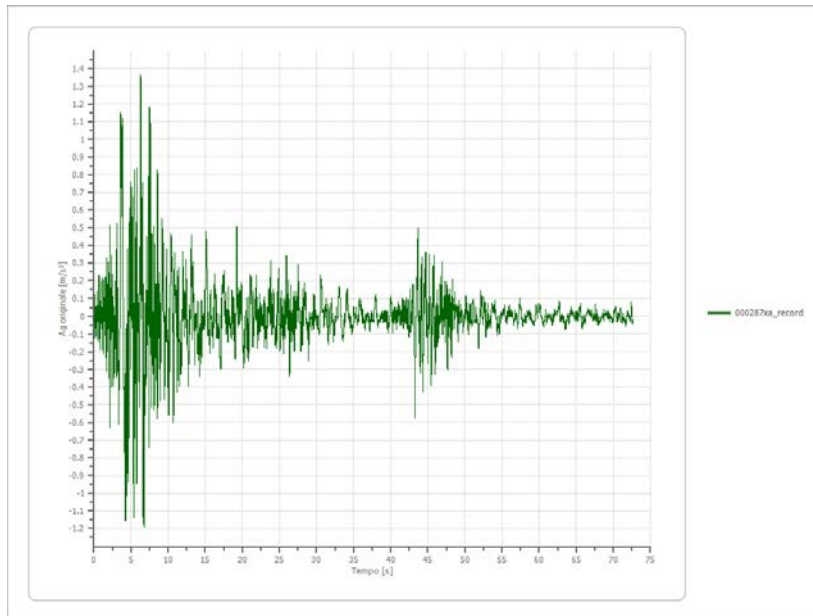
Nome del file	000198ya_record
Durata della traccia	40.370 [s]
Accelerazione massima	2.199 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	3.100 [s]



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  86 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

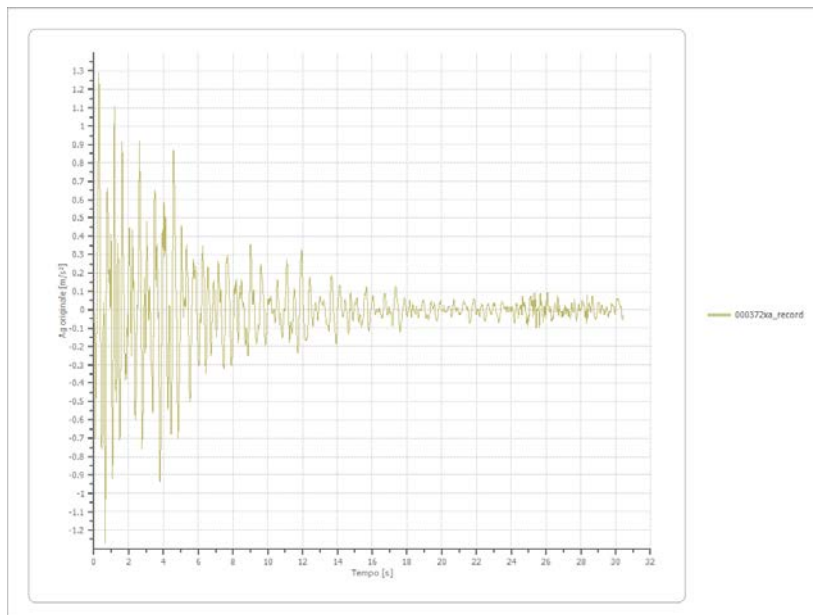
**File 000287xa\_record:  
Accelerogramma importato**


Nome del file	000287xa_record
Durata della traccia	72.610 [s]
Accelerazione massima	1.363 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	6.300 [s]



**File 000372xa\_record:  
Accelerogramma importato**

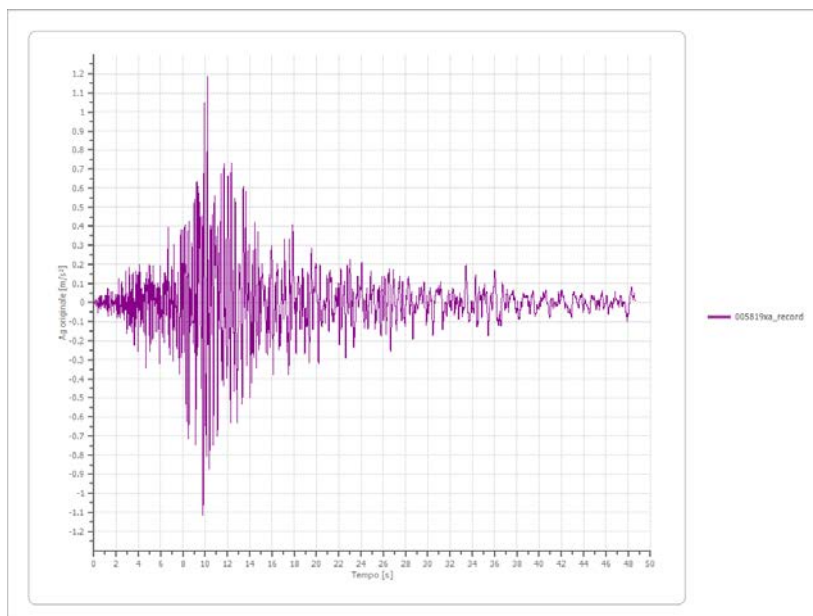
Nome del file	000372xa_record
Durata della traccia	30.430 [s]
Accelerazione massima	1.292 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	0.280 [s]



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  87 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

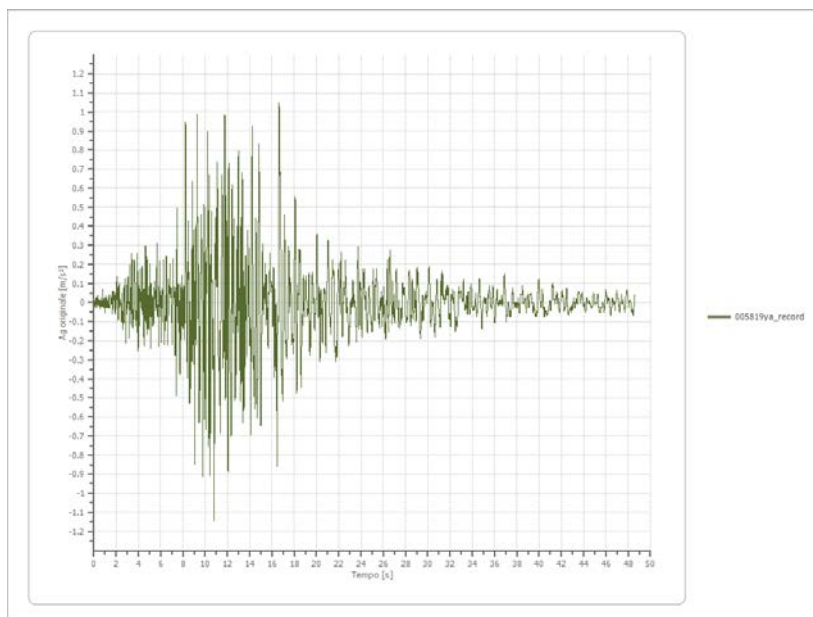
**File 005819xa\_record:  
Accelerogramma importato**


Nome del file	005819xa_record
Durata della traccia	48.600 [s]
Accelerazione massima	1.185 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	10.190 [s]



**File 005819ya\_record:  
Accelerogramma importato**

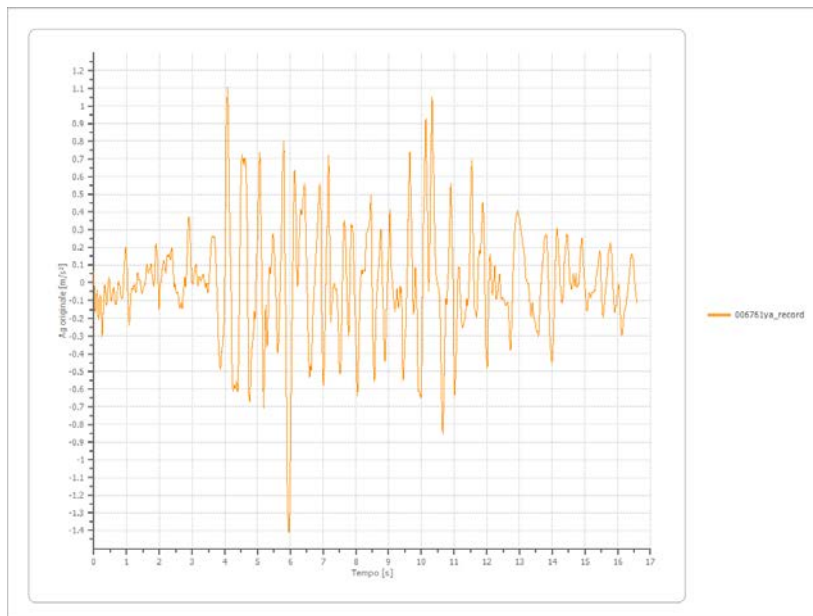
Nome del file	005819ya_record
Durata della traccia	48.600 [s]
Accelerazione massima	1.146 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	10.790 [s]




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  88 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

**File 006761ya\_record:  
Accelerogramma importato**

Nome del file	006761ya_record
Durata della traccia	16.590 [s]
Accelerazione massima	1.408 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	5.950 [s]






Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio  di Fogli</b> 89 / 96
			<b>Stato di  Validità</b>	<b>N.  Rev.</b>	
				01	

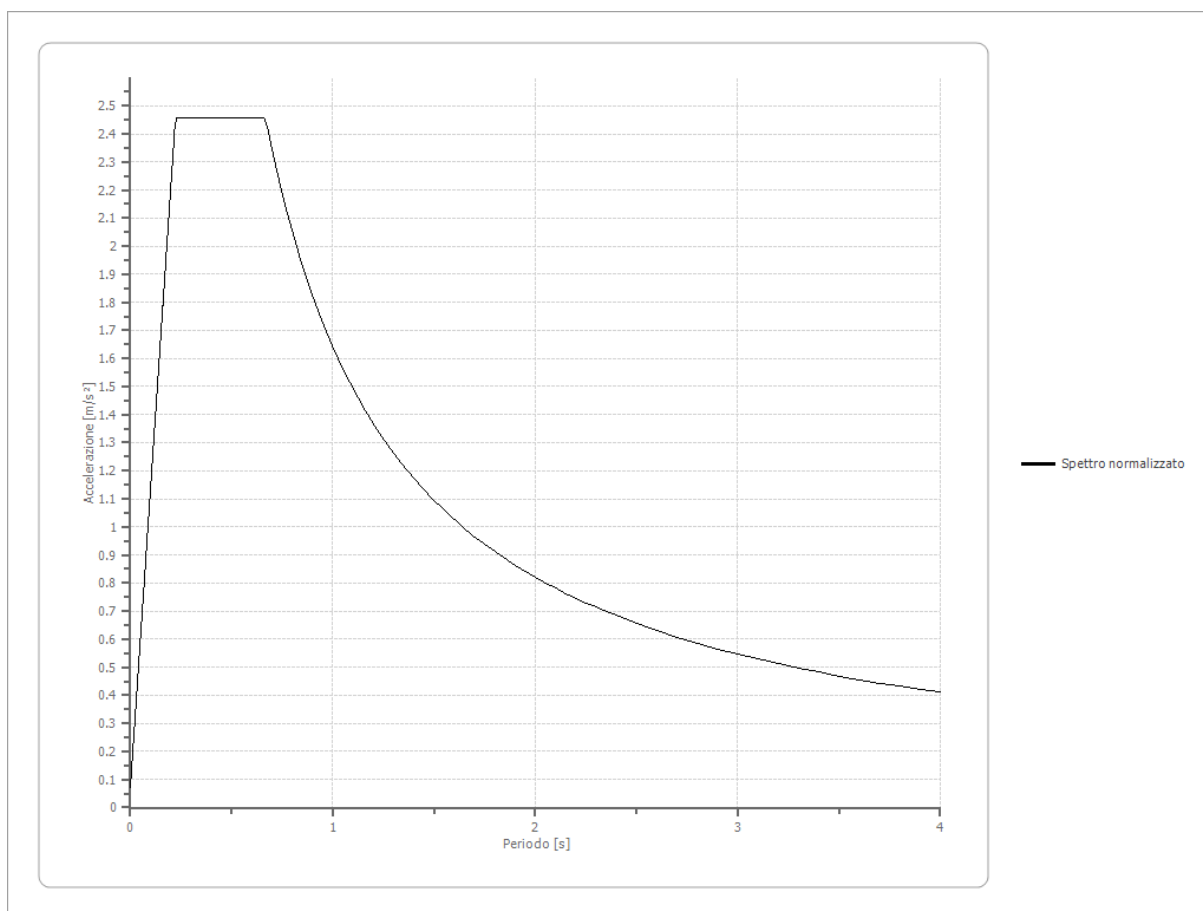
#### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.220 [s]
Tvi	1.350 [s]
Tao	0.210 [s]
Tvo	1.350 [s]
Sami	3.588 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.300 [m/s]
Samo	2.458 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.261 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>0.685 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>0.870 [-]</b>
TB	0.223 [s]
TC	0.668 [s]
TD	2.108 [s]
SA(0)	0.072 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	2.458 [m/s <sup>2</sup> ]

#### Spettro normalizzato di risposta elastico


Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	0.0723	0.26	2.4575	0.52	2.4575	0.98	1.6744	2.25	0.7293
0.01	0.1794	0.27	2.4575	0.53	2.4575	1.00	1.6409	2.30	0.7134
0.02	0.2866	0.28	2.4575	0.54	2.4575	1.05	1.5628	2.35	0.6983
0.03	0.3938	0.29	2.4575	0.55	2.4575	1.10	1.4917	2.40	0.6837
0.04	0.5009	0.30	2.4575	0.56	2.4575	1.15	1.4269	2.50	0.6564
0.05	0.6081	0.31	2.4575	0.57	2.4575	1.20	1.3674	2.60	0.6311
0.06	0.7153	0.32	2.4575	0.58	2.4575	1.25	1.3127	2.70	0.6077
0.07	0.8224	0.33	2.4575	0.60	2.4575	1.30	1.2622	2.80	0.5860
0.08	0.9296	0.34	2.4575	0.62	2.4575	1.35	1.2155	2.90	0.5658
0.09	1.0368	0.35	2.4575	0.64	2.4575	1.40	1.1721	3.00	0.5470
0.10	1.1439	0.36	2.4575	0.66	2.4575	1.45	1.1317	3.10	0.5293
0.11	1.2511	0.37	2.4575	0.68	2.4131	1.50	1.0939	3.20	0.5128
0.12	1.3583	0.38	2.4575	0.70	2.3442	1.55	1.0587	3.30	0.4972
0.13	1.4655	0.39	2.4575	0.72	2.2790	1.60	1.0256	3.40	0.4826
0.14	1.5726	0.40	2.4575	0.74	2.2174	1.65	0.9945	3.50	0.4688
0.15	1.6798	0.41	2.4575	0.76	2.1591	1.70	0.9652	3.60	0.4558
0.16	1.7870	0.42	2.4575	0.78	2.1037	1.75	0.9377	3.70	0.4435
0.17	1.8941	0.43	2.4575	0.80	2.0511	1.80	0.9116	3.80	0.4318
0.18	2.0013	0.44	2.4575	0.82	2.0011	1.85	0.8870	3.90	0.4207
0.19	2.1085	0.45	2.4575	0.84	1.9535	1.90	0.8636	4.00	0.4102
0.20	2.2156	0.46	2.4575	0.86	1.9080	1.95	0.8415		
0.21	2.3228	0.47	2.4575	0.88	1.8647	2.00	0.8205		
0.22	2.4300	0.48	2.4575	0.90	1.8232	2.05	0.8004		
0.23	2.4575	0.49	2.4575	0.92	1.7836	2.10	0.7814		
0.24	2.4575	0.50	2.4575	0.94	1.7456	2.15	0.7632		
0.25	2.4575	0.51	2.4575	0.96	1.7093	2.20	0.7459		

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  90 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

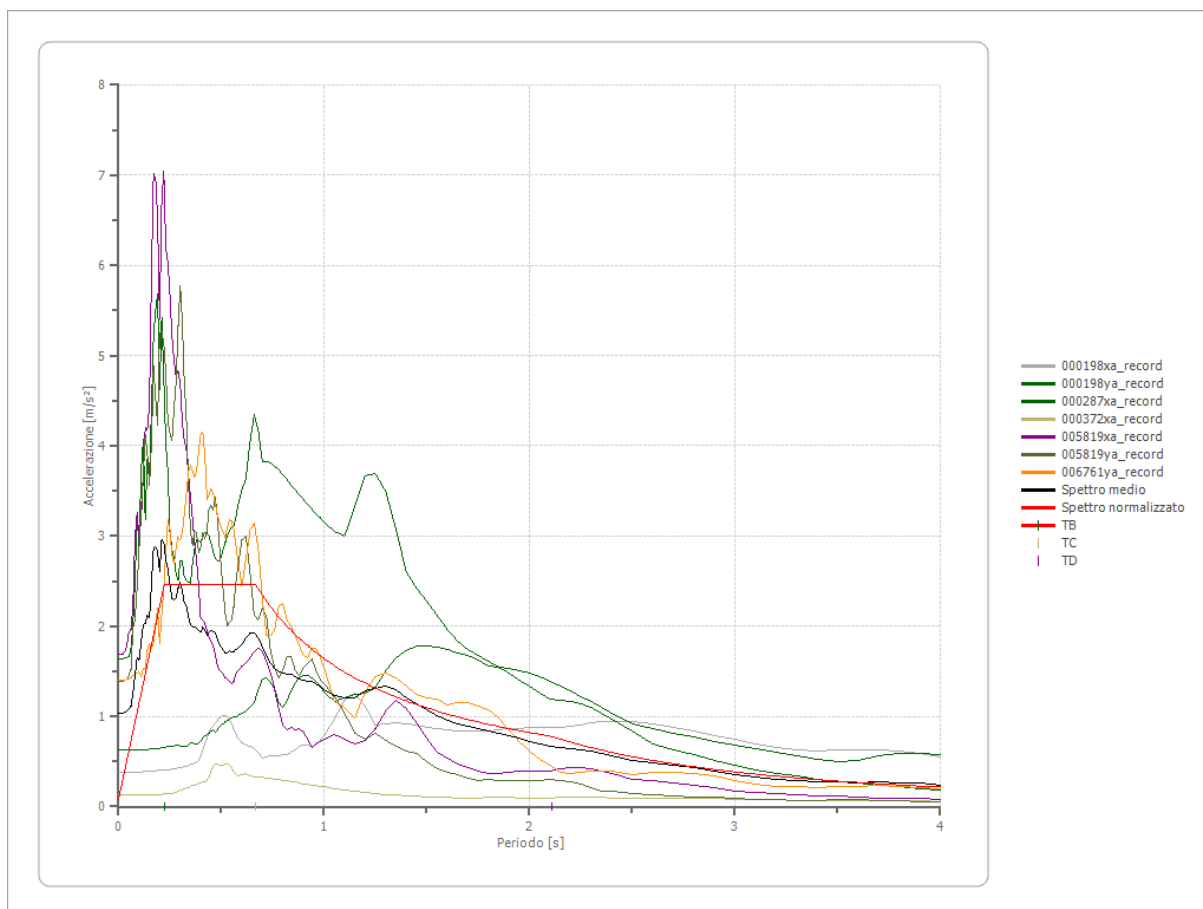



**Parametri spettro normalizzato**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
0.072	34.011	--	0.223	0.668	2.108	0.072	2.458	0.058

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  91 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

**Confronto tra gli spettri**

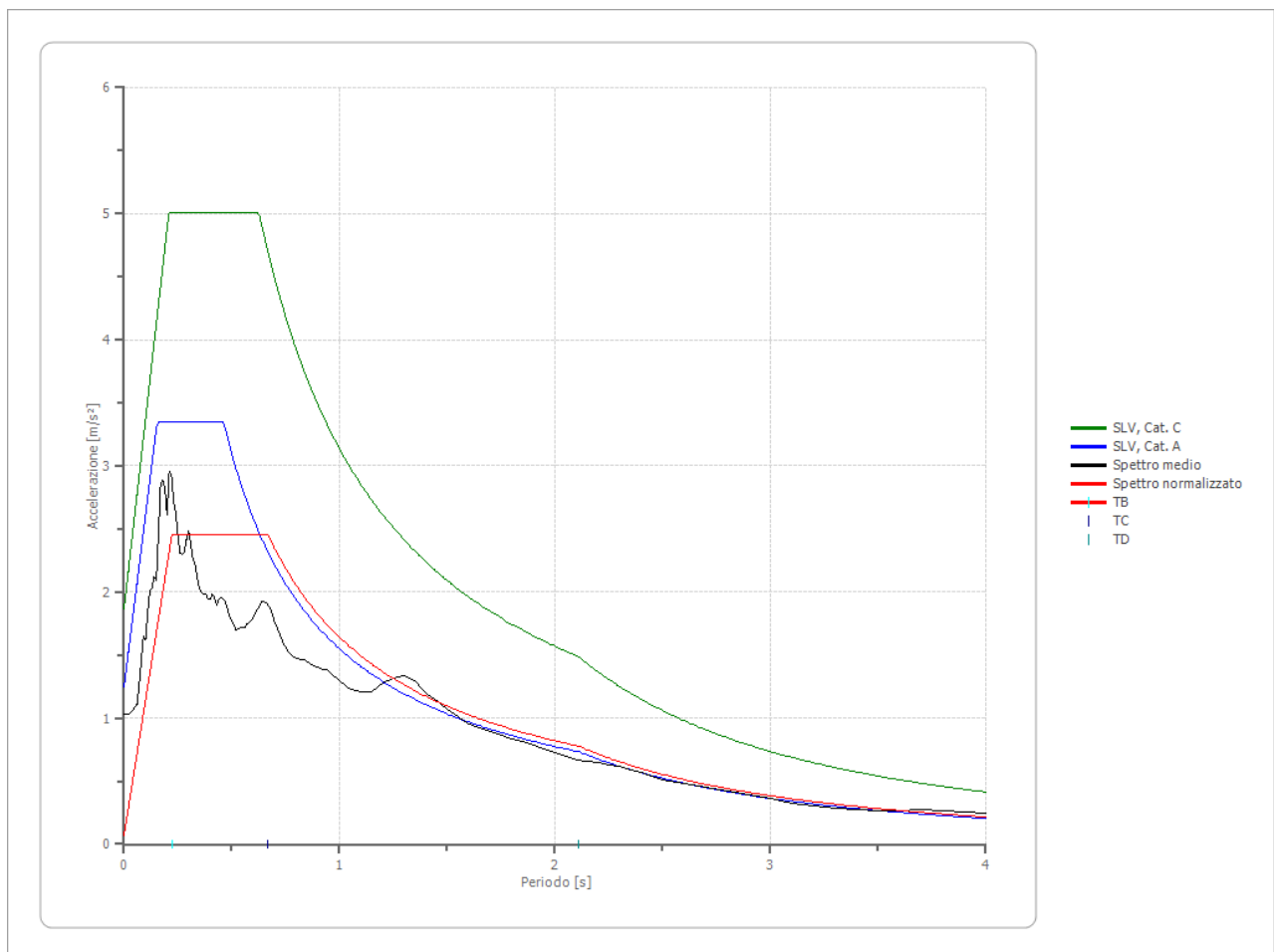



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  041105DFLB13330	<b>Identificativo documento Progettista</b>  05-BG-E-94000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  92 / 96
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
				01	

### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.500	0.589	1.246	1.511	0.500	0.589	1.246	1.511
Fo	2.557	2.637	2.691	2.757	2.557	2.637	2.691	2.757
Tc* [s]	0.344	0.368	0.462	0.511	0.344	0.368	0.462	0.511
Ss	1.50	1.50	1.49	1.45	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.49	1.46	1.35	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00
TB [s]	0.171	0.179	0.209	0.223	0.115	0.123	0.154	0.170
TC [s]	0.514	0.537	0.626	0.670	0.344	0.368	0.462	0.511
TD [s]	1.804	1.840	2.108	2.216	1.804	1.840	2.108	2.216
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.750	0.884	1.863	2.184	0.500	0.589	1.246	1.511
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.918	2.330	5.012	6.020	1.279	1.553	3.353	4.166




Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 <b>STOGIT</b>	041105DFLB13330	05-BG-E-94000		01	93 / 96


**ALLEGATO 3**

**STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI**


**Area sottostazione elettrica**

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 94 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Da m. 0.00	A m. 20.00	Profondità Finale m. 20.00	PAG. 1	DI 2	PROFONDITÀ m da p.c.
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					
					0.90
					1.80
					3.00
					3.60
					6.00
					6.60
					8.40
					9.00
					9.60
					11.50
					13.40
					17.30
					18.30
					20.00

Logo e Denominazione Commerciale Committente  <b>STOGIT</b>	Identificativo documento Committente 041105DFLB13330	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94000	Indice Rev.		Foglio di Fogli 95 / 96
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Da m 0.00	A m 20.00	Profondità Finale m 20.00	PAG. 1	DI 2	PROFONDITA' m da p.c.
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					
					0.50
					2.20
					3.00
					3.60
					4.00
					4.70
					6.00
					6.60
					9.00
					9.60
					11.00
					16.80
					18.10
					20.00

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 <b>STOGIT</b>	041105DFLB13330	05-BG-E-94000		01	96 / 96

## ALLEGATO 4

### RAPPORTO TECNICO

**Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità  
ELCO-EC5 presso la centrale gas di Fiume Treste, Cupello (CH)**





Lavoro:

## Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Commissa N°:  108-S/2021		Elaborato:  <b>RAPPORTO TECNICO</b>	
Rev: 1.0	Data 10/05/2022	Committente:  <b>Saipem S.p.a.</b>	
Redazione:	Verifica:		
Approvazione:	Consegnato:		
Ns. Rif:		Timbro: 	Firma: 

Proprietà riservata. Riproduzione anche parziale consentita solo previa autorizzazione scritta

## INDICE:

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 SONDAGGIO GEOTECNICO AMBIENTALE .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 PROVE "SPT" (STANDARD PENTRATION TEST).....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 UTENSILI DI PERFORAZIONE .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE.....</b>	<b>10</b>

### APPENDICE INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Elaborati stratigrafici sondaggi e documentazione fotografica.

### APPENDICE INDAGINI GEOFISICHE

- Elaborati prove e documentazione fotografica.

## 1. PREMESSA

Il presente Rapporto Tecnico illustra i risultati delle indagini geognostiche eseguite per conto della committenza – Saipem S.p.a. – finalizzate all'esecuzione di indagini geognostiche-ambientali e geofisiche, per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH). Le indagini geognostiche sono state svolte nel periodo compreso tra il 28/04/2022 e il 08/04/2022. L'indagine geofisica è stata svolta il 20/04/2022.

La campagna di indagine è stata svolta secondo il seguente programma:

- esecuzione di n° 11 sondaggio realizzato a carotaggio continuo secondo la seguente tabella:

Sondaggio n.	Profondità (m)	Strumentazione in foro
S1	20.00	Piezometro tubo aperto [ø3"] 0.00-2.00 m cieco 2.00-20.00 m microfessurato
S2	20.00	
S3	20.00	
S4	30.00	Down hole [ø3"] 0.00-30.00 m cieco
S5	20.00	Piezometro tubo aperto [ø3"] 0.00-2.00 m cieco 2.00-20.00 m microfessurato
S6	20.00	
S7	20.00	
SA1	3.00	
SA2	3.00	
SA3	3.00	
SA4	3.00	

Tab.1 – Elenco sondaggi

- esecuzione di **n°9** prove SPT in foro, come indicato nella tabella seguente:

Sondaggio n.	Prova	Prof. (m)	n° colpi	Punta Chiusa/ Punta Aperta
S1	SPT1	2.50-2.95	19/26/32	Punta Chiusa
	SPT2	4.00-4.45	17/23/28	Punta Chiusa
S2	SPT1	3.00-3.45	15/23/30	Punta Chiusa
S3	SPT1	2.50-2.95	13/20/28	Punta Chiusa
	SPT2	4.00-4.45	10/15/22	Punta Chiusa
S5	SPT1	2.50-2.95	9/11/14	Punta Chiusa
S6	SPT1	2.50-2.95	3/6/9	Punta Chiusa
	SPT2	4.00-4.45	9/9/14	Punta Chiusa
S7	SPT1	3.00-3.45	6/10/12	Punta Chiusa

Tab.2 – Elenco prove SPT in foro eseguite.

- prelievo di **n° 11** campioni indisturbati con carotiere di tipo Shelby, secondo la seguente tabella.

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S1	SH1	7.00-7.50

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S2	SH1	9.00-9.50
	SH2	11.20-11.70

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S3	SH1	9.50-10.00

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S4	SH1	7.20-7.70
	SH2	11.20-11.70

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S5	SH1	7.50-8.00
	SH2	12.00-12.50

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S6	SH1	9.00-9.50

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S7	SH1	9.00-9.50
	SH2	12.30-12.80

Tab.3 – Elenco campioni indisturbati (Shelby)

- prelievo di n° **33** campioni ambientali in barattolo di vetro in doppia aliquota e n° **33** campioni di vials, secondo la seguente tabella:

Sondaggio n.	Campione n.	Prof. (m)
S1	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S2	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S3	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00

	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00
<b>S4</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00
<b>S5</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00
<b>S6</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00
<b>S7</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00
<b>SA1</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00

<b>SA2</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00
<b>SA3</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00
<b>SA4</b>	<b>AMB1</b>	0.00-1.00
	<b>VIALS</b>	0.00-1.00
	<b>AMB2</b>	1.00-2.00
	<b>VIALS</b>	1.00-2.00
	<b>AMB3</b>	2.00-3.00
	<b>VIAL3</b>	2.00-3.00

Tab.4 – Elenco campioni ambientali in barattolo di vetro

## 2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 2.1 SONDAGGIO GEOTECNICO AMBIENTALE

Il sondaggio geotecnico a "carotaggio continuo" consiste nella perforazione a rotazione in terreno e nella descrizione della stratigrafia con modalità ed osservazioni tali da consentire una caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati.

Si definisce sondaggio geotecnico una perforazione caratterizzata dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato;
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei terreni attraversati;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno;
- esecuzione di prove geotecniche o geomeccaniche in foro;
- determinazione del livello piezometrico della falda, se presente;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Le carote di terreno prelevate durante l'esecuzione dei sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici a scomparti.

Successivamente è stato redatto un rapporto stratigrafico e fotografico, riportato in appendice.

### 2.2 PROVE "SPT" (STANDARD PENETRATION TEST)

Le prove di resistenza alla penetrazione "SPT" sono state eseguite secondo le modalità indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana" del 1977. Tali prove si eseguono preferibilmente in terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia si possono eseguire in qualsiasi terreno sciolto e su alcune rocce tenere allo scopo di determinare grado di addensamento / consistenza / resistenza.

Si riassumono brevemente le caratteristiche tecniche della prova "SPT":

Campionatore:

- Raymond di diametro esterno 51 mm, diametro interno 35 mm, lunghezza minima 457 mm, con scarpa standard a punta aperta come utensile di penetrazione
- punta conica chiusa di diametro esterno 51 mm e angolo di 60°

Aste collegate al campionatore di diametro esterno 50 mm e peso di 7.5 kg al metro lineare



*Dispositivo di battuta* avente peso non superiore a 115 Kg, comprende:

- testa di battuta in acciaio avvitata all'estremità della batteria di aste
- massa battente o maglio di 63.5 kg
- dispositivo di guida e rilascio del maglio, a sganciamento automatico, che assicura una corsa a caduta libera di 76 cm.

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza di +/- 7 cm); la prova consiste nel fare penetrare il campionatore posato al fondo foro per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi necessari (N1, N2, N3).

Con il primo tratto detto avviamento si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto addensato con N1 = 100 ed avanzamento minore di 15 cm l'infissione deve essere sospesa: la prova dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione.

Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto è:

$$N_{spt} = N2 + N3$$

che esprime il numero di colpi caratteristico per 30 cm utili di perforazione.

### 2.3 UTENSILI DI PERFORAZIONE

Le perforazioni sono state eseguite a rotazione a "carotaggio continuo", utilizzando carotieri di tipo semplice da diam. 101 mm e rivestimento provvisorio da diam. 127 mm.

Falconara Marittima, Febbraio 2022

Dott. Geol. Paolo Spallacci

## 2.4 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE

Per l'esecuzione dei sondaggi sono state utilizzate una sonda a rotazione CMV MK 600D carrocingolata avente le seguenti caratteristiche:

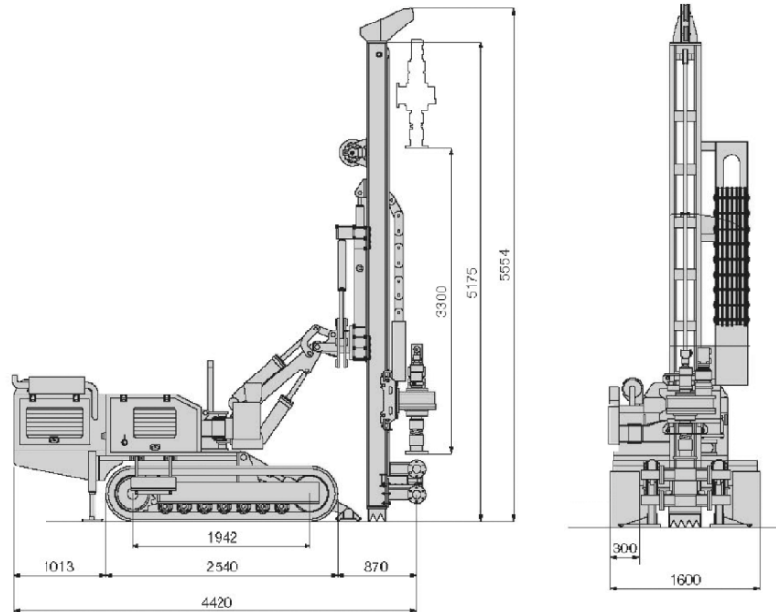


Fig. 2 Sonda perforatrice tipo "CMV MK 600D"

MK 600D Dati tecnici	
<b>Carro cingolato</b>	
1) Lunghezza	2540 mm
2) Larghezza	1600 mm
3) Larghezza pattini	300 mm
4) Pressione specifica al suolo	5.64 N/cm <sup>2</sup>
<b>Motore diesel</b>	
1) Tipo	Deutz TCD 2.9
2) Potenza	73,7 Hp/55 kW @ 2300 rpm
3) Regime di rotazione	2300 rpm
5) Serbatoio carburante	50 lt.
6) Serbatoio olio idraulico	190 lt.
<b>Antenna/Mast</b>	
1) Corsa testa di rotazione	3500 mm
2) Velocità avanzamento testa	38 m/min
3) Forza di spinta	26/2651 kN/kg
4) Forza di estrazione	38.5/3925 kN/kg
<b>Morsa e svitatore</b>	
1) Diametro min. - max.	60-260
2) Forza di chiusura	kN 196
<b>Argano di servizio</b>	
1) Forza di sollevamento al primo strato	10/1000 kN/kg
2) Diametro fune	8 mm
3) Velocità min. - max.	20 m/min
<b>Peso</b>	
1) Minimo per il trasporto	7500 Kg

Fig.3 – tabella caratteristiche tecniche sonda perforatrice tipo "CMV MK 600D"

**APPENDICE  
INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Sondaggio n° **S1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it



Member of CISQ Federation





Sondaggio n° **S1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

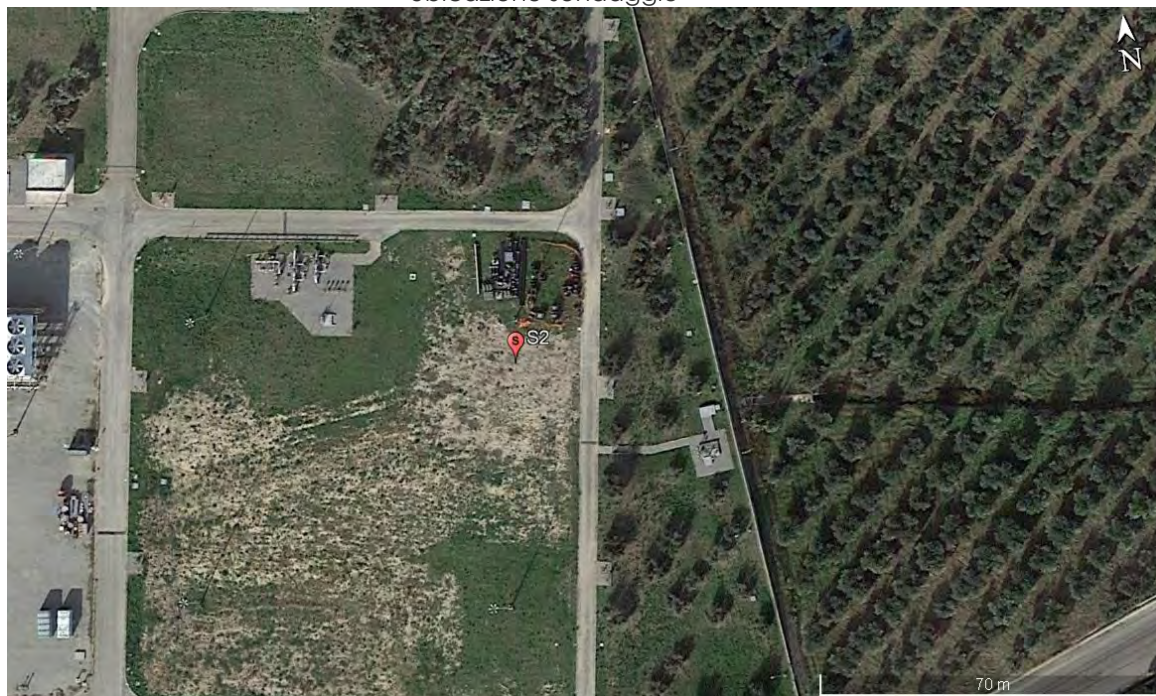
COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it







Sondaggio n° **S2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it





Sondaggio n° **S3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)  
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)  
C.F. - P.IVA 01511320432  
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370  
info@camperforazioni.it      www.camperforazioni.it







Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021  
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm  
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm  
 Data Inizio 28/03/2022 Data Fine 29/03/2022

SONDAGGIO **S4** Sonda  
 ml 30.00 CMV 600 F

Il geologo  
 Paolo Malaspina

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali	Campioni Indisturbati	Pocket Test	Vane Test	Tubo per Down Hole				
1		4.75		Riporto eterogeneo costituito da clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, da sub angolari a sub arrotondati, eterometrici, in abbondante matrice limoso argilloso sabbiosa. Colore grigio/nocciola chiaro, molto consistente, umido. Da 0.00 a 3.00 m presenti clasti con dimensioni dei ciottoli.	Semplice 101mm	127mm	0.00								
2							AMB1+VIALS1								
3							1.00	AMB2+VIALS2							
4							2.00	AMB3+VIALS3							
5	4.75						3.00								
6		6.75		Argilla limosa di colore nocciola scuro con screziature ocracee/nerastro/grigiastre, da molto consistente a dura, umida, media/bassa plasticità. Presenti numerosi calcinelli. Presenti a quota 6.00 a 7.00 m scaglie di laterizi.						>6					
7												>6			
8												>6	5.2	2.00	
9												5.2	2.10		
10												5	2.00		
11		11.50		Argilla limosa con sabbia di colore beige con screziature nerastre/grigiastre/ocracee, molto consistente, debolmente umida, media/bassa plasticità. Presenti clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, sub arrotondati, eterometrici.						7.30					
12											SH1	7.70	5.5	2.30	
13	12.70											5	2.00		
14		3.40		Limo argilloso con sabbia di colore beige con screziature ocracee/grigiastre, molto consistente, debolmente umido.						5.5	2.30				
15											>6				
										>6					



Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021  
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm  
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm  
 Data Inizio 28/03/2022 Data Fine 29/03/2022

SONDAGGIO **S4**  
 ml  
 30.00  
 Sonda CMV 600 F

Il geologo  
 Paolo Malaspina

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali	Campioni Indisturbati	Pocket Test	Vane Test	Tubo per Down Hole										
16	16.10	3.40		Limo argilloso con sabbia di colore beige con screziature ocracee/grigiastre, molto consistente, debolmente umido.	Semplice 101mm	127mm															
17		3.80		Alternanze di sabbia limosa e sabbie limose argillose di colore beige con screziature ocracee/grigiastre, moderatamente addensata, debolmente umida. Il colore risulta variare sul grigio alla quota di 18.10 m.																	
18	19		20	19.90									Sabbia fine debolmente limosa di colore grigio, moderatamente addensata, debolmente umida.	4	4	4	4				
21	22		23	24										25	26	27	28	29	30	30.00	10.10

Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 5 (20,00-25,00 m da p.c.)



Foto cassa 6 (25,00-30,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S5**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it



Member of CISQ Federation





Sondaggio n° **S5**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)





Sondaggio n° **S5**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 3 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S6**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it





Sondaggio n° **S6**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S6**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S7**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it



Member of CISQ Federation





Sondaggio n° **S7**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)





Sondaggio n° **S7**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)  
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)  
C.F. - P.IVA 01511320432  
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370  
info@camperforazioni.it      www.camperforazioni.it





Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021  
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm  
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm  
 Data Inizio 31/03/2022 Data Fine 31/03/2022

SONDAGGIO **SA1**  
 ml  
 3.00  
 SONDA  
 CMV 600 F

Il geologo  
 Paolo Malaspina

Scala 1:50	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali
1		3.00		Riporto eterogeneo costituito da clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, da sub-arrotondati a spigolosi, eterometrici, in matrice limoso-argilloso-sabbiosa passante a 1.00 m ad una matrice sabbiosa debolmente limosa. Colore nocciola scuro passante a 1.00 m ad una tonalità grigio/biancastra, sciolta, debolmente umida	Semplice 101mm	127mm	0.00 <b>AMB1+VALS1</b> 1.00 <b>AMB2+VALS2</b> 2.00 <b>AMB3+VALS3</b> 3.00
2							
3	3.00						

Sondaggio n° **SA1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)  
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)  
C.F. - P.IVA 01511320432  
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370  
info@camperforazioni.it      www.camperforazioni.it





Sondaggio n° **SA2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)  
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)  
C.F. - P.IVA 01511320432  
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370  
info@camperforazioni.it      www.camperforazioni.it







Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021  
Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm  
Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm  
Data Inizio 31/03/2022 Data Fine 31/03/2022

SONDAGGIO **SA3** SONDA  
3.00<sup>m</sup> CMV 600 F

Il geologo  
Paolo Malaspina

Scala 1:50	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali
1		3.00		Riporto eterogeneo costituito da clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, da sub-arrotondati a spigolosi, eterometrici, in matrice limoso-argiloso-sabbiosa passante a 1.00 m ad una matrice sabbiosa debolmente limosa. Colore nocciola scuro passante a 1.00 m ad una tonalità grigio/biancastra, sciolta, debolmente umida	Semplice 101mm	127mm	0.00 <b>AMB1+VALS1</b> 1.00 <b>AMB2+VALS2</b> 2.00 <b>AMB3+VALS3</b> 3.00
2							
3	3.00						

Sondaggio n° **SA3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



**CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.**

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)  
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)  
C.F. - P.IVA 01511320432  
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370  
info@camperforazioni.it      www.camperforazioni.it





Sondaggio n° **SA4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



**APPENDICE  
INDAGINI GEOFISICHE**



Lavoro:

**Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)**

Commissa N°: 108S/2021		Elaborato: <b>RAPPORTO TECNICO</b>	
Rev: 1.1		Committente: <b>SAIPEM S.p.A</b>	
Redazione:	Verifica:		
Approvazione:	Consegnato:		
Ns. Rif:	Timbro:	Firma:	

Proprietà riservata. Riproduzione anche parziale consentita solo previa autorizzazione scritta

<b>Elaborato:</b> Allegato Indagini Geofisiche	<b>Committente:</b> SAIPEM S.p.A.	<b>vers.:</b> 1.1	<b>Pag.</b> 2 di 15
		<b>Commessa n°</b> 108S/2021	

INDICE:

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>1. PROSPEZIONI GEOFISICHE</b> .....	<b>4</b>
1.1 METODO DOWN-HOLE.....	4
1.1.1 CENNI TEORICI.....	4
1.1.2 NORME DI RIFERIMENTO E PROCEDURE.....	5
1.1.3 STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE.....	5
1.1.4 CONTROLLO QUALITA' .....	7
1.2 MODULI ELASTICI DINAMICI.....	8
1.2.1 RAPPORTO $V_p / V_s$ .....	8
1.2.2 COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO .....	8
1.2.3 MODULO DI TAGLIO DINAMICO.....	9
1.2.4 MODULO DI YOUNG DINAMICO .....	9
1.2.5 MODULO DI BULK (o di compressibilità) .....	10
1.2.6 Densità sismica .....	10
1.3 MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE (metodo HVSR) .....	10
1.3.1 CENNI TEORICI.....	10
1.3.2 STRUMENTAZIONE, METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE.....	11
<b>2. RISULTATI E CONCLUSIONI</b> .....	<b>14</b>
2.1 RISULTATI PROVE DOWN-HOLE.....	14
2.2 RISULTATI PROVE HVSR. ....	15
2.3 Calcolo del parametro $V_{s30}$ .....	15

TAVOLE

- TAV. 1 Planimetria dell'area con ubicazione indagini.
- TAV. 2 Risultati DH S4.

ALLEGATI

Risultati prove HVSR

APPENDICE INDAGINI GEOFISICHE

- Sismogrammi
- Moduli elastici dinamici DH S4
- Tempi di arrivo e velocità calcolate;



## 1. PREMESSA

Il presente Rapporto Tecnico illustra i risultati di una indagine geognostica e geofisica eseguita per conto della SAIPEM S.p.A. nell'ambito del progetto di installazione di unità ELCO-ECS presso la Centrale GAS di Fiume Treste.

Il presente Rapporto Tecnico illustra l'indagine geofisica rimandando, per ciò che attiene alle indagini geognostiche, al Rapporto Tecnico sulla geognostica.

Le indagini geofisiche sono consistite in **n. 1** prova in foro tipo DH con onde P ed SH, **n. 5** prove HVSr come riportato nella tabella sottostante:

Prova N.	Prof. (m)	Tempi registrazione (secondi)	Data
DHS4	30.0	-----	20/04/2022
HVSr1		1500	20/04/2022
HVSr2		1500	20/04/2022
HVSr 3		1500	20/04/2022
HVSr 4		1500	20/04/2022
HVSr 5		1500	20/04/2022

Tab.1 – Elenco prove geofisiche

## 1. PROSPEZIONI GEOFISICHE

### 1.1 METODO DOWN-HOLE

#### 1.1.1 CENNI TEORICI

Il metodo down-hole rappresenta una delle più accurate misure non distruttive per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dinamiche dei terreni, in particolare per una corretta valutazione della risposta di un terreno soggetto a carichi dinamici (ad es. terremoti). Il principio si basa sui tempi di arrivo delle onde sismiche ad uno o più sensori a tre componenti che vengono calati nel perforo e che vengono posti a profondità differenti nel corso dell'intera prova. Le onde sismiche vengono generate in superficie in prossimità del bocca-foro mediante mazza battente che colpisce una piastra circolare (colpi verticali) oppure un parallelepipedo (colpi laterali). Si registrano in questo modo due tipi di onde di corpo, quelle di compressione (P) e quelle di taglio (SH).

L'esecuzione di una prospezione sismica down-hole richiede la perforazione di un sondaggio generalmente strumentato con un tubo (in PVC o altro materiale) con diametro non superiore ai 130 mm e cementato alle pareti del foro al fine di garantire un migliore contatto con i terreni circostanti (Fig.8).

L'apparato di ricezione (geofono tridimensionale) è calato a profondità note nel foro e, mediante un packer di cui è dotato, fatto aderire alle pareti del tubo; successivamente sono registrati i sismogrammi relativi ai tempi di percorso tra il punto di energizzazione (shot-point) in superficie e quello a cui è posto il geofono. Tali tempi in fase di processing, sono inseriti in un diagramma spazio-tempo dove la pendenza delle rette determinate dalla successione dei punti di primo arrivo, rappresenta la velocità dei litotipi investigati.

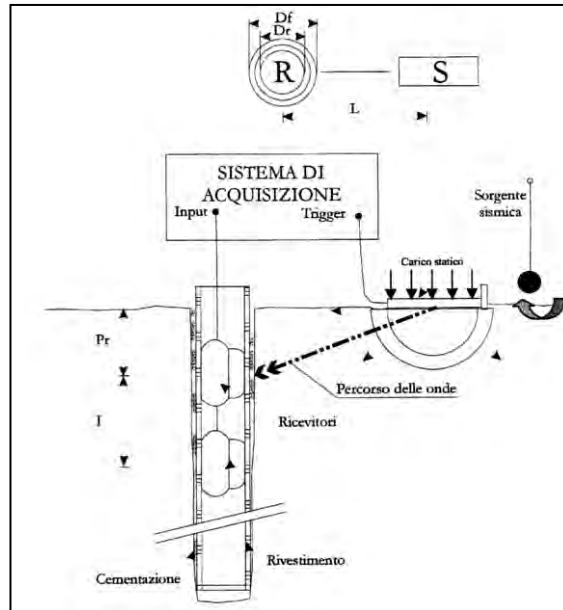


Fig.1 - Schema di prospezione down-hole.

### 1.1.2 NORME DI RIFERIMENTO E PROCEDURE

Al fine dei processi di lavoro delle indagini, si è fatto riferimento alle seguenti normative:

- **ASTM D7400 – 08** (Standard Methods for Downhole Seismic Testing);
- Norme tecniche di appalto indagini in sito.
- Procedure interne secondo le norme ISO 9001, norme di sicurezza sul cantiere ed in ufficio, controllo di qualità dei dati.
- Pubblicazioni disponibili in bibliografia.

### 1.1.3 STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo a 24 canali a cumulabilità di impulsi della DMT SUMMIT mod. COMPACT con registrazione degli eventi in forma digitale (Fig.2), con i sensori formati da una coppia di sonde, costituite ognuna da una tripletta di geofoni (direzionati secondo gli assi cartesiani), con interasse fisso di 1 m.



Fig.2 – Sismografo 24 canali modello Compact.

L'acquisizione è stata svolta procedendo dal basso verso l'alto, risalendo l'intero sistema di sonde di 2 m per volta, ottenendo così misurazioni ogni metro.

Nelle registrazioni le prime tre tracce indicano la sonda situata più in alto, mentre le rimanenti tre tracce indicano la sonda posta in basso. I canali 1 e 4 si riferiscono ai geofoni con piano di vibrazione verticale; mentre i canali 2, 3 e 4, 5 indicano i geofoni con piano di vibrazione orizzontale.

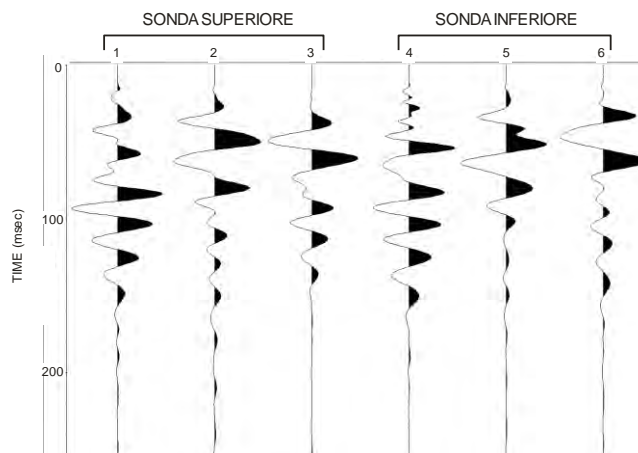


Fig.3 – Esempio di registrazione.

La distanza tra il punto di scoppio ed il foro di sondaggio è stata fissata in 3 m.

L'energizzazione delle onde di compressione P è avvenuta utilizzando, una massa battente del peso di 10 kg, fatta cadere su di una piastra in ferro da un'altezza di 1.5 m circa, mentre per le onde di taglio, l'energizzazione è avvenuta mediante un trave in legno, il quale è stato percosso dalla massa battente sui due lati opposti rispettivamente per la battuta destra e quella sinistra in modo da ottenere l'inversione di fase dell'onda sismica ed eliminare così le ambiguità di determinazione del primo

arrivo. Per aumentare l'effetto dell'energizzatore, il trave è stato appesantito con un automezzo ponendo le ruote al di sopra dello stesso.

L'interpretazione consiste nella determinazione dei primi arrivi sia per le onde di compressione sia per le onde di taglio. I tempi così calcolati si riferiscono a tempi "obliqui" in quanto l'energizzazione non è allineata con i geofoni.

Per ottenere i tempi in verticale viene effettuata una correzione che tiene conto della geometria del sistema utilizzato.

L'interpretazione delle prove geofisiche in foro con le velocità sismiche ricavate per ciascun sismostrato (sia per le onde P sia per le SH) è riportata nella TAV.2.



Fig.4 – Postazione prova DH S4.

#### 1.1.4 CONTROLLO QUALITA'

Per la corretta esecuzione della prospezione geofisica a mezzo Down-hole e quindi per l'attendibilità dei risultati finali, è importante valutare la qualità dei dati acquisiti oltre, le specifiche e le norme internazionali di riferimento .

Il controllo qualità per l'esecuzione delle indagini in oggetto sono iniziate con la verifica del buon funzionamento delle attrezzature e strumentazione in fase precedente all'acquisizione.

Nel corso dell'acquisizione per ogni singola traccia e per ogni registrazione, è stata fatta una prima valutazione qualitativa in sito, verificando la corretta generazione delle onde di compressione e di taglio, in particolare la verifica della inversione delle battute opposte per le onde SH.

Per migliorare il rapporto segnale/rumore, si è aumentato il numero di "stack" con la selezione e immediata cancellazione delle battute più rumorose così da eliminare ogni ambiguità del segnale sismico.

Nel corso del processing dei dati, si sono confrontate i dati e l'univocità della determinazione dei tempi di primo arrivo confrontando i primi arrivi sulle stesse posizioni dei geofoni.

Alla luce delle valutazioni qualitative e quantitative dei dati raccolti possiamo considerare soddisfacenti i dati raccolti.

## 1.2 MODULI ELASTICI DINAMICI

### 1.2.1 RAPPORTO $V_p / V_s$

Questo parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei porous media. Alcuni Autori (Gardner & Harris, 1968) affermano che rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie saturate non consolidate; alti rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argillo-limosi ad alto grado di saturazione. Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturati. In rocce saturate tale rapporto risulta dipendente dalla litologia, dalla quantità e geometria dei pori e dalle microfratture e potrebbe, nota la litologia, fornire indicazioni su questi ultimi due parametri.

### 1.2.2 COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO

Tra i moduli elastici dinamici tale parametro è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione. E' definito dalla seguente equazione:

$$= \frac{1}{2} * \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{(V_p/V_s)^2 - 1}$$

Sebbene in teoria sia considerato stress indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous- media esso risulta stress dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare secondo GREGORY (1976) a valori negativi. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità,

sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

### 1.2.3 MODULO DI TAGLIO DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \rho_s * V_s^2$$

dove  $\rho_s$  = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei porous media è molto esteso.

### 1.2.4 MODULO DI YOUNG DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:

$$E = \frac{9 \rho_s^2 R^2}{3R^2 + 1}$$

dove:

$\rho_s$  = densità

$$R^2 = \frac{K}{V_s^2}$$

$$K = \rho_s * \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) \text{ (Modulo di Bulk)}$$

Tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua, diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento.

I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità. Il campo di variabilità è considerevole.

### 1.2.5 MODULO DI BULK (o di compressibilità)

Esso è definito rispetto alle  $V_p$ ,  $V_s$  e densità dalla seguente equazione:

$$K = \rho * \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

dove:

$\rho$  = densità

Questo Modulo varia con la porosità, con la pressione e con la quantità di fluido saturante. Esso aumenta con il grado di saturazione con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione. Nelle rocce sedimentarie varia di oltre 30 volte.

### 1.2.6 Densità sismica

La densità esprime la concentrazione volumetrica di un corpo e può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità delle onde di compressione P. La **densità geofisica** è espressa dalla seguente relazione:

$$\rho_{in} = 0.51 (V_p)^{0.19}$$

## 1.3 MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE (metodo HVSR)

### 1.3.1 CENNI TEORICI

La tecnica a stazione singola passiva H/V, anche detta HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), permette di stimare l'amplificazione sismica di un terreno attraverso il rapporto tra la componente spettrale orizzontale e quella verticale. La prova fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Nello specifico, tale metodo si basa sulla misurazione ed analisi del rumore sismico ambientale nell'intervallo di frequenze d'interesse ingegneristico (0÷20 Hz, corrispondente alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture) ed ha il vantaggio di permettere di indagare la risonanza di un terreno (o di un



edificio) sollecitato dal solo microtremore, di origine ambientali e/o antropico (vento, traffico ecc.), anche in assenza di un terremoto.

In un sistema costituito da uno strato tenero (es. coperture) + semispazio rigido (es. bedrock), un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, di nuovo al bedrock ecc.) dando luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti [ $\lambda = n * 4 * H$ ]. Le frequenze a cui si manifestano le risonanze sono descritte dalla legge:

$$f_{Hz} = n * \frac{V_s}{4H}$$

Dove:

- **n** = ordine del modo di vibrare (fondamentale per n=1);
- **V<sub>s</sub>** = velocità delle onde di taglio nello strato che risuona;
- **H** = spessore dello strato di riferimento.

Nella maggior parte delle situazioni, a causa dell'attenuazione indotta dalle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

L'Equazione permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce un valore di frequenza "f", nota la "V<sub>s</sub>" delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

I dati d'indagine geofisica HVSR, ove possibile, sono stati correlati con i dati provenienti dai sondaggi geognostici eseguiti nel sito di progetto, ai fini di caratterizzare il profilo stratigrafico del suolo di fondazione e categorizzare le relative V<sub>s</sub>.

### 1.3.2 STRUMENTAZIONE, METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE

Il Tromografo Echo Tromo HVSR 3 è un tromografo digitale prodotto dalla Ambrogeo avente le caratteristiche tecniche illustrate in fig.13.



Fig. 5 – Caratteristiche tomografo

Lo strumento viene utilizzato per indagini di sismica passiva a stazione singola. Questo tomografo digitale è dotato di un geofono 3D avente frequenza propria di 4.5 Hz. Il geofono è dotato di 3 canali con input differenziali, GPS e bussola interna.

Nel caso della necessità di determinazione della categoria di suolo tramite Vs30 è necessario disporre di una stratigrafia di riferimento del sito per poter eseguire il fitting della curva sperimentale HVSR con la curva teorica; possono essere utilizzati i dati provenienti da prove penetrometriche o da sondaggi normalmente eseguiti per l'indagine geognostica.

La procedura di fit della curva HVSR fornisce un modello stratigrafico sismico dell'andamento di Vs con la profondità da cui calcolare Vs30 (Vseq). Questa tecnica confrontata con quelle classiche in array (REMI Esac MASW) fornisce stime di Vs comparabili ed offre il vantaggio di riconoscere eventuali eterogeneità laterali (impossibile con tecniche di array) in maniera veloce e a basso costo.

La velocità delle onde di taglio (Vs) viene determinata attraverso un codice di calcolo, nel caso specifico HEASY HVSR, appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) secondo la teoria descritta in AKI (1964) Ben-Menahem e Singh (1981). In appendice sono riportati i risultati analitici ottenuti.

La strumentazione fornisce inoltre:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici antisismici. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "doppia risonanza", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito, sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la costruzione potrà essere o meno a rischio.



Fig. 6 – Acquisizione prove HVSR

## 2. RISULTATI E CONCLUSIONI

Il seguente paragrafo illustra i risultati della campagna di indagini geofisiche eseguite, su incarico della Società SAIPEM S.p.A., nell'ambito del progetto di installazione di unità ELCO-ECS presso la Centrale GAS di Fiume Treste.

In questo paragrafo si procede ad una analisi e discussione delle risultanze ottenute dalle indagini geofisiche consistenti in n. 1 prove sismiche in foro di tipo "Down-Hole", e n. 5 prove HVSR.

I risultati ottenuti esposti in forma numerica nella Tav. 2 (DHS4). In appendice infine si allegano i sismogrammi, i moduli elastici dinamici ed i tempi di arrivo con le velocità calcolate per la prova DH. Vengono infine allegati i risultati delle prove HVSR.

### 2.1 RISULTATI PROVE DOWN-HOLE

La verticale d'indagine è stata suddivisa in base alle velocità di propagazione delle onde in sei intervalli riassunti nella tabella seguente:

Intervallo (n°)	Profondità (m)	Velocità onde P (m/sec)	Velocità onde SH (m/sec)	Ascrizione litologica
1	0,00-4,50	585	310	Riporto eterogeneo
2	4,50-9,50	1380	210	Argilla limosa
3	9,50-12,50	1350	235	Argilla limosa
4	12,50-16,00	2050	290	Limo Argilloso con sabbia
5	16,00-20,00	2000	320	Alternanza Sabbia Limosa e limoso-argillosa
6	20,00-30,00	1850	460	Sabbia fine deb. argillosa

Tab.2 – Risultati Down-Hole DH1

Dalla analisi della propagazione delle velocità delle onde di taglio si osserva un graduale aumento fino a fondo foro ad esclusione del primo sismo strato costituito da Riporto. Per quanto riguarda le onde di compressione si nota una inversione tra i 12.50 m e 20.00 m dal p.c.

## 2.2 RISULTATI PROVE HVSR.

Le prove HVSR sono state eseguite nei diversi punti dell'intervento come riportato in TAV. 1, ed grafici dei risultati vengono riportati in Allegato.

In tutte le registrazioni si notano 2 valori di picchi a bassa ed alta frequenza. Alcune volte i valori massimi di H/V si verificano con frequenza più bassa, altre volte su quelle con frequenza più alta.

I valori di picco **f0** rilevati vengono di seguito elencati.

Prova N.	Lunghezza registrazione (sec)	Frequenza di Picco f0 (Hz)*	
		Min	Max
HVSR1	1.500	2.97	41.03
HVSR2	1.500	3.00	34.77
HVSR3	1.500	2.92	37.88
HVSR4	1.500	3.34	44.80
HVSR5	1.500	3.16	52.11

Tab.3 – Valori di **f0**

\* Nella tabella in neretto vengono riportati i valori in frequenza di picco con il rapporto H/V maggiore.

## 2.3 Calcolo del parametro **Vs30**.

Dalle velocità delle onde SH ottenute dalla prova Down Hole, è stato calcolato il parametro **Vs30** (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio), parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto a diversi intervalli di profondità.

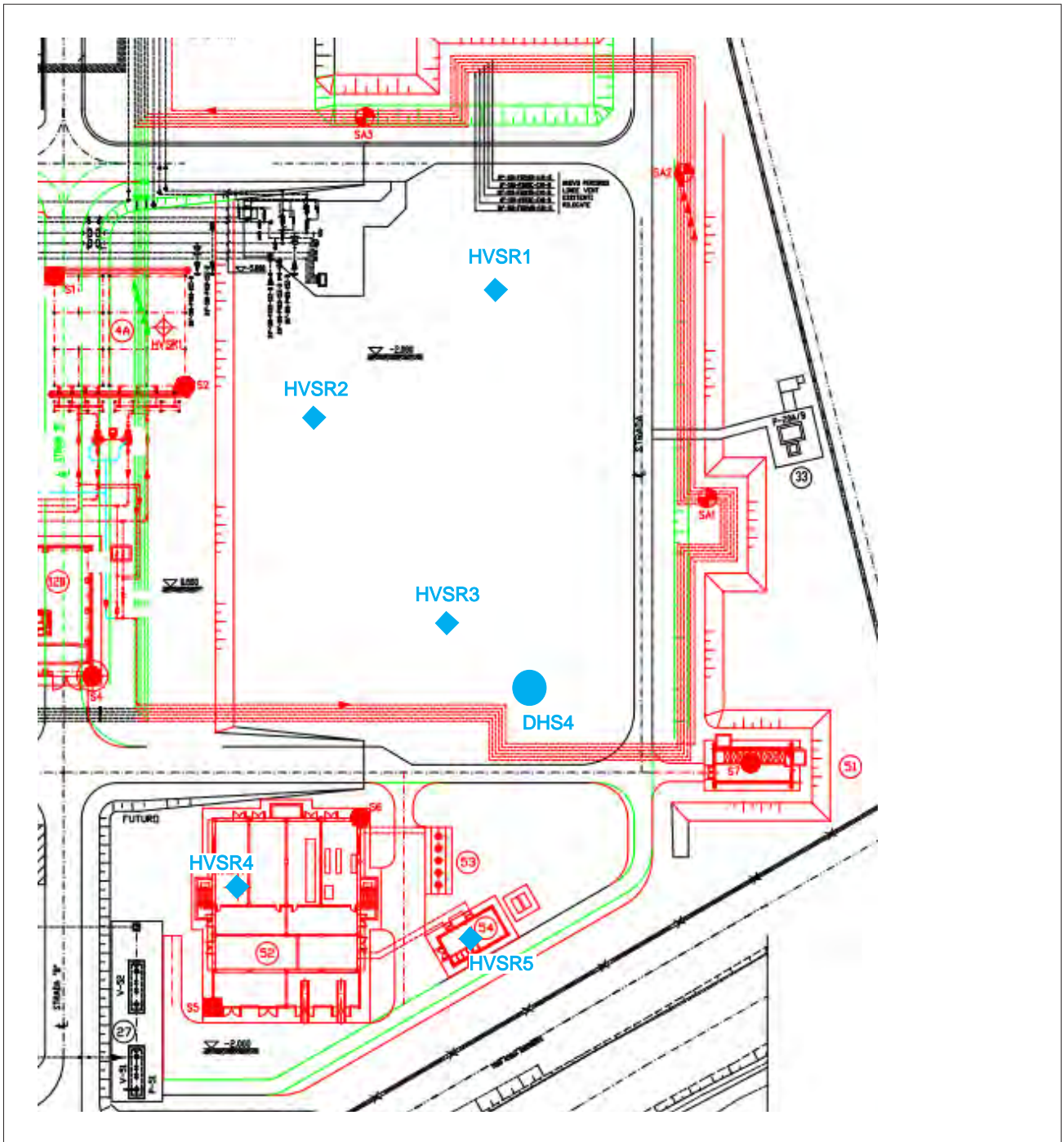
Non essendo state rilevate velocità di propagazione delle onde SH uguali o superiori a 800 m/sec (substrato sismico), il calcolo della velocità delle onde "**Vseq** = **Vs30**".

Sulla base dei dati descritti si ottiene il valore di

$$\mathbf{V_{seq} = 308}$$

Falconara Marittima, Maggio 2022

**TAVOLE**



LEGENDA:



Down Hole S4



Prova HVSR

Committente: COMUNE DI CINGOLI

Lavoro: INDAGINI GEOLOGICHE PER RIPRISTINO DISSESTO IDROGEOLOGICO  
IN LOC. PIANCAVALLINO NEL COMUNE DI CINGOLI (MC)



COMMESSA TIPO DOC. REV.

049S 21 GS TV 1

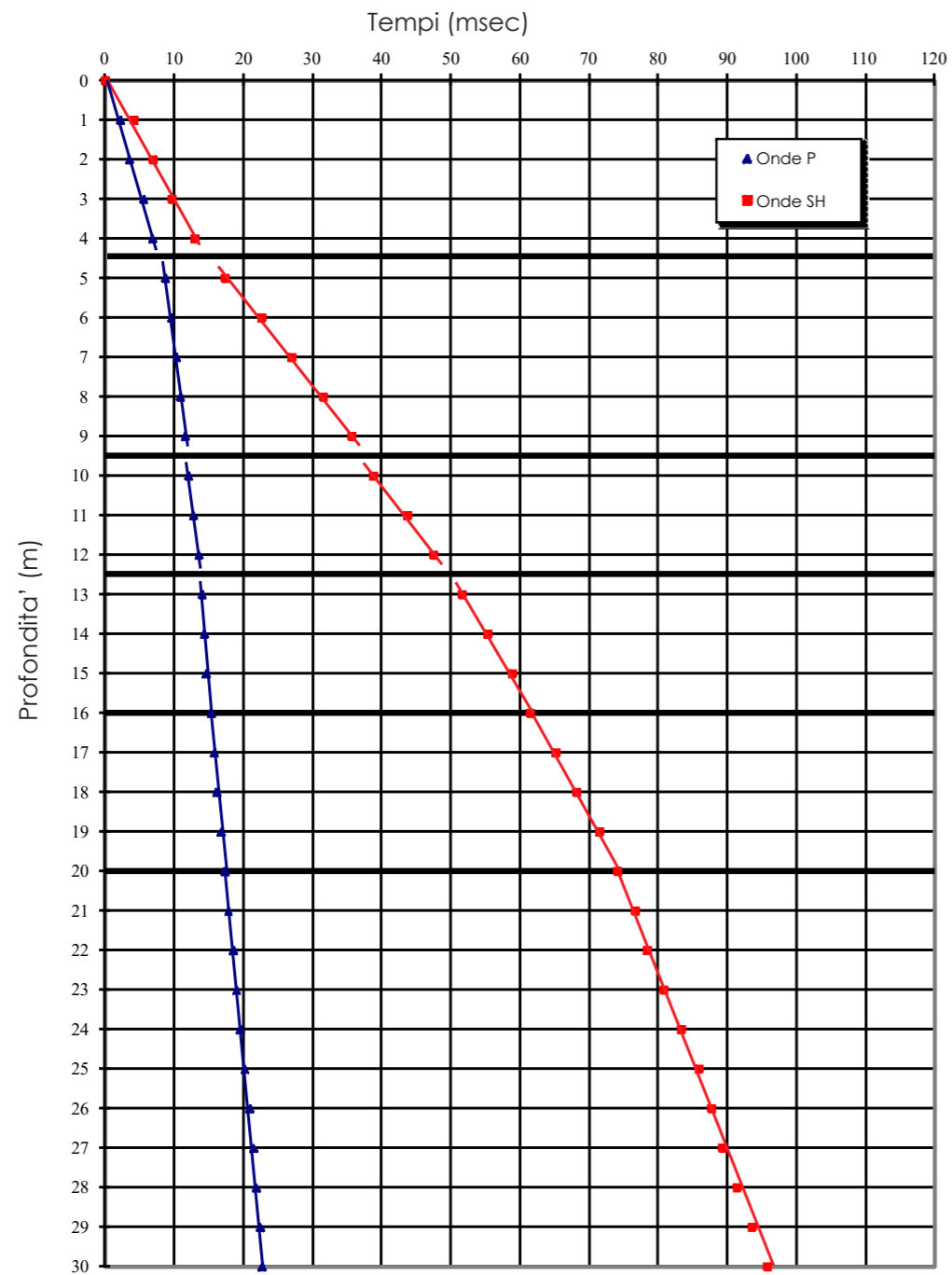
Elaborato:

UBICAZIONE INDAGINI

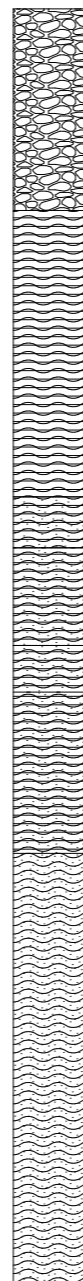
Scala: grafica

TAV. n.º: 1

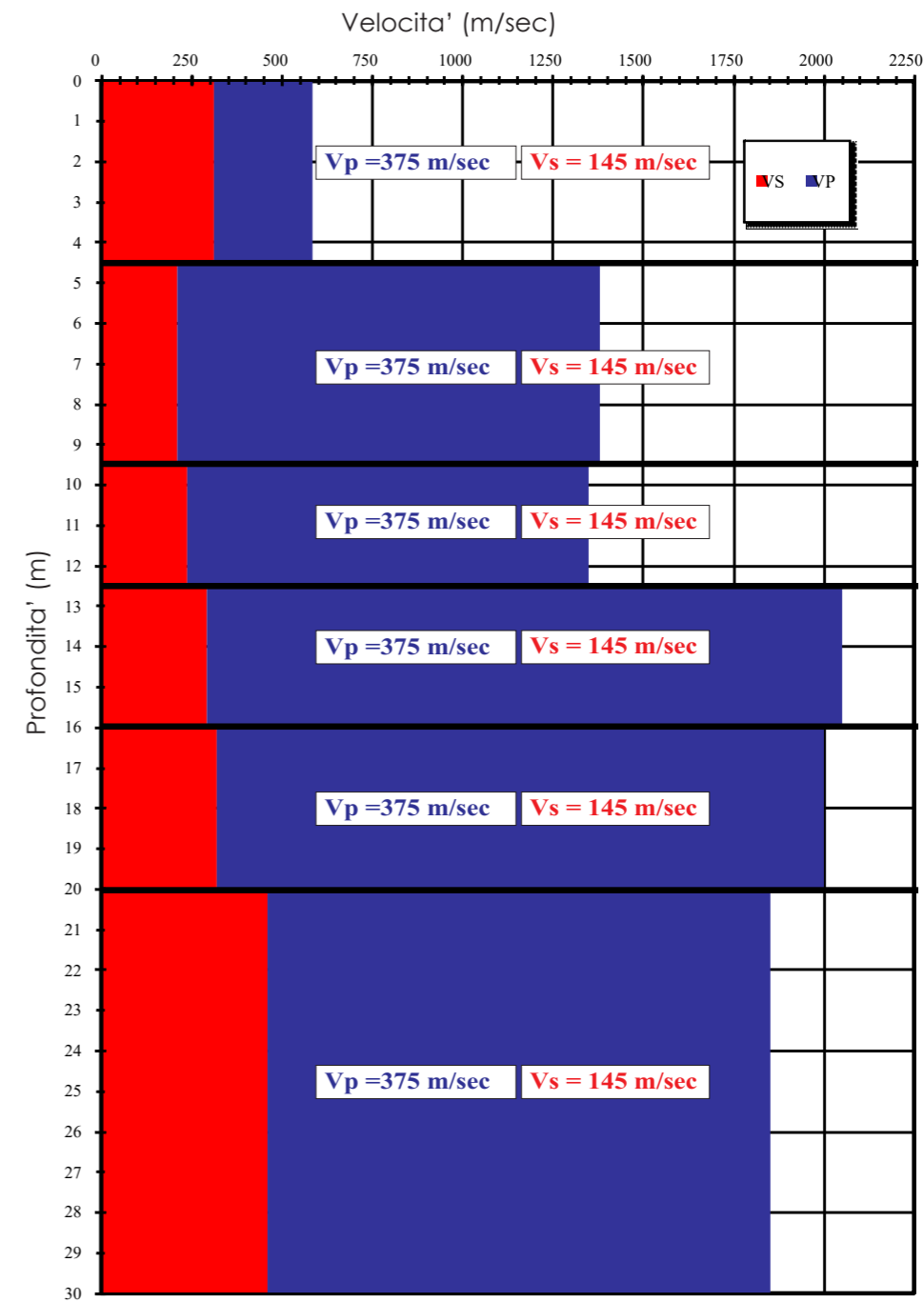
### Dromocrone



### Stratigrafia S4



### Intervalli di velocità



Committente: SAIPEM S.p.A.

Lavoro: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH).



COMMESSA	TIPO	DOC.	REV.
108S	21	GS	TV 1

Elaborato:

RISULTATI DOWN-HOLE S4



**ALLEGATO**

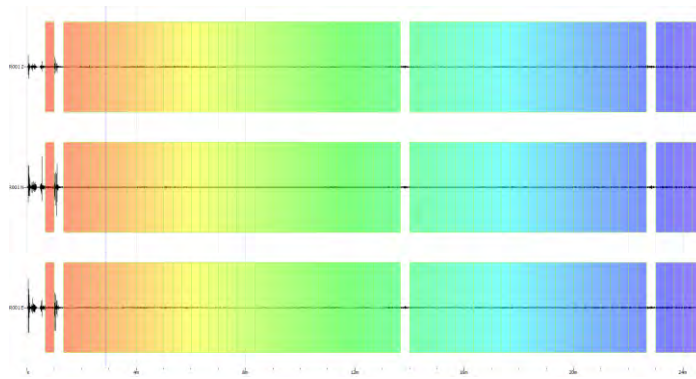
## Elaborazione HVSR:

### 1. HVSR1.

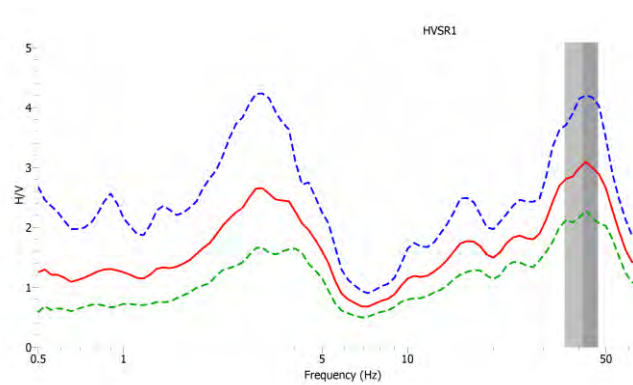
#### 1.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

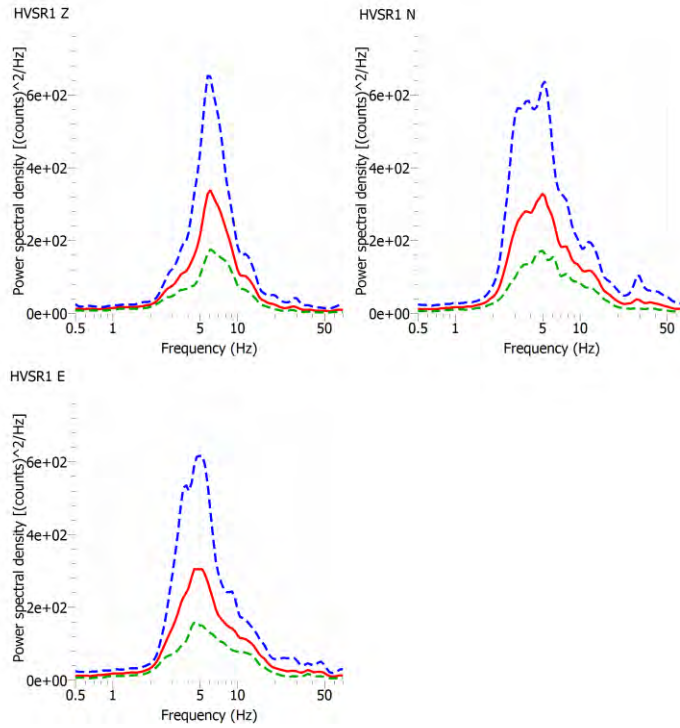
#### 1.2 FINESTRE SELEZIONATE



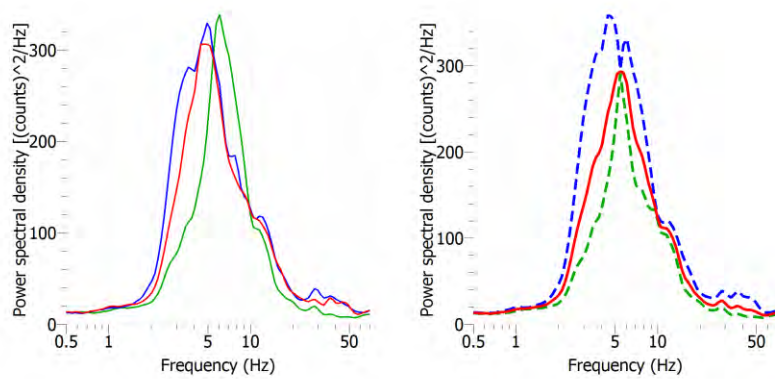
#### 1.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



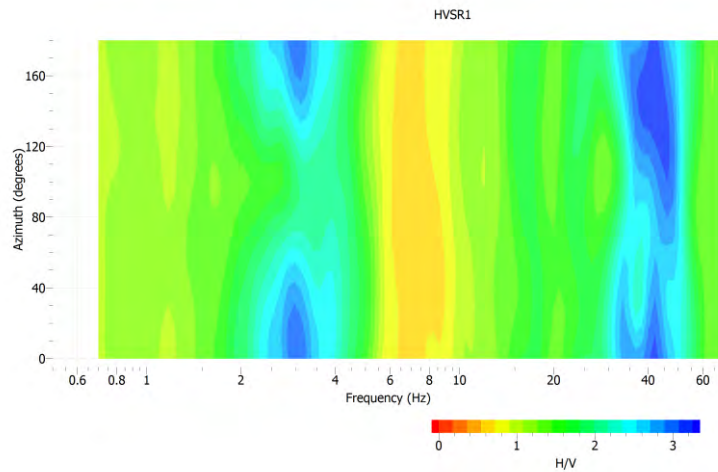
#### 1.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



#### 1.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



## 1.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



## 1.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 2.97 e 41.03 Hz.

### **Criteri di affidabilità della curva H/V**

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

### **Criteri di affidabilità di picco**

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

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

## 1.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

### **La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.**

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

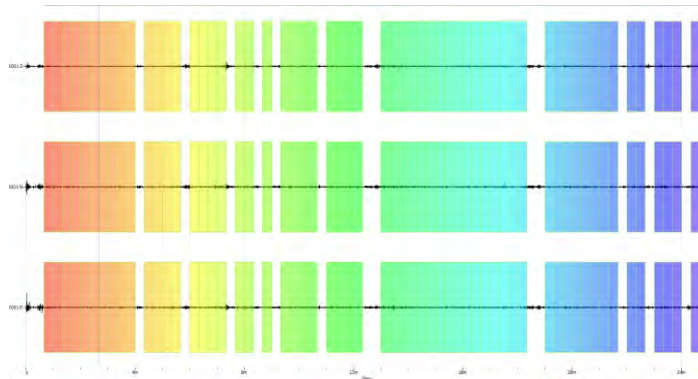
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica).
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

## 2. HVS2.

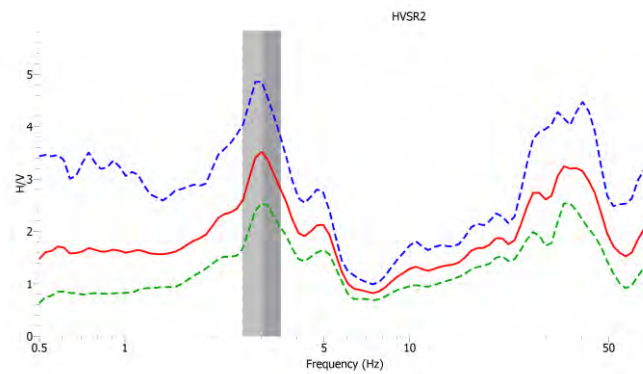
### 2.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

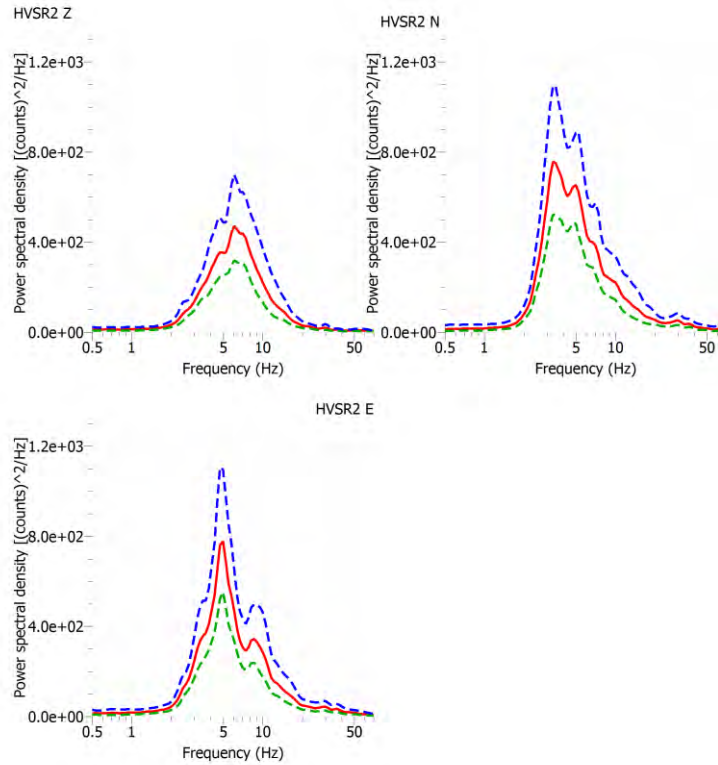
### 2.2 FINESTRE SELEZIONATE



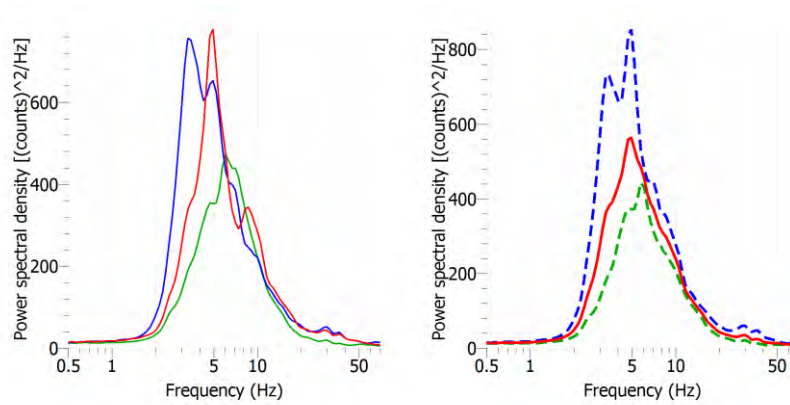
### 2.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



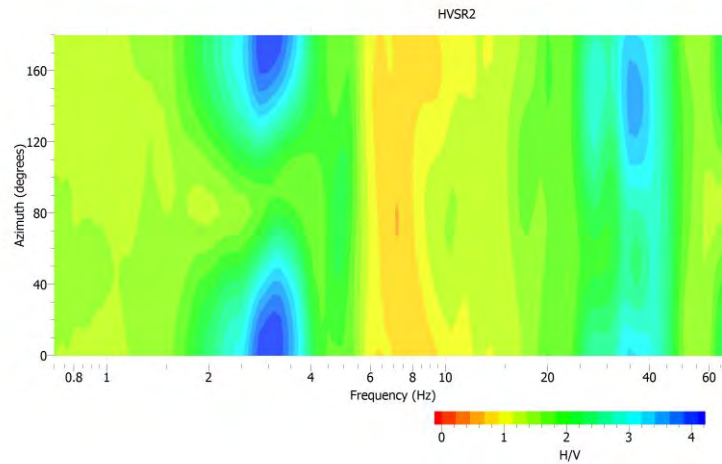
## 2.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



## 2.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



## 2.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



## 2.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 3.00 e 34.77 Hz.

### **Criteri di affidabilità della curva H/V**

$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ .	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$ .	Ok

### **Criteri di affidabilità di picco**

$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	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



## 2.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

### **La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.**

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

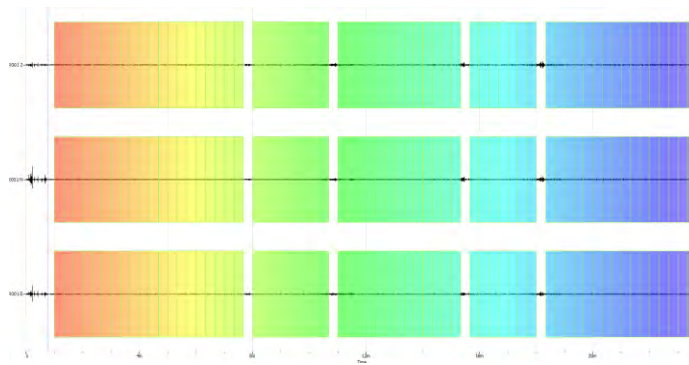
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

### 3. HVSRI.

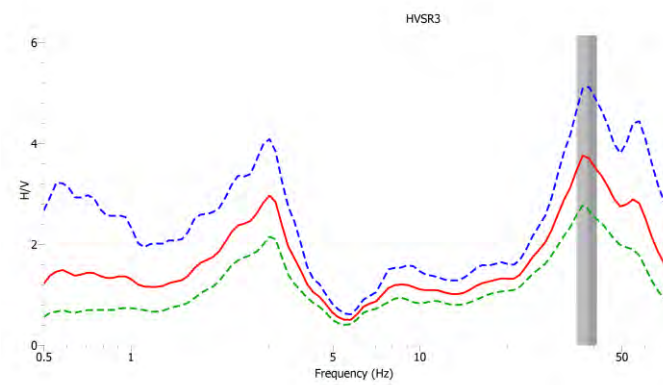
#### 3.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

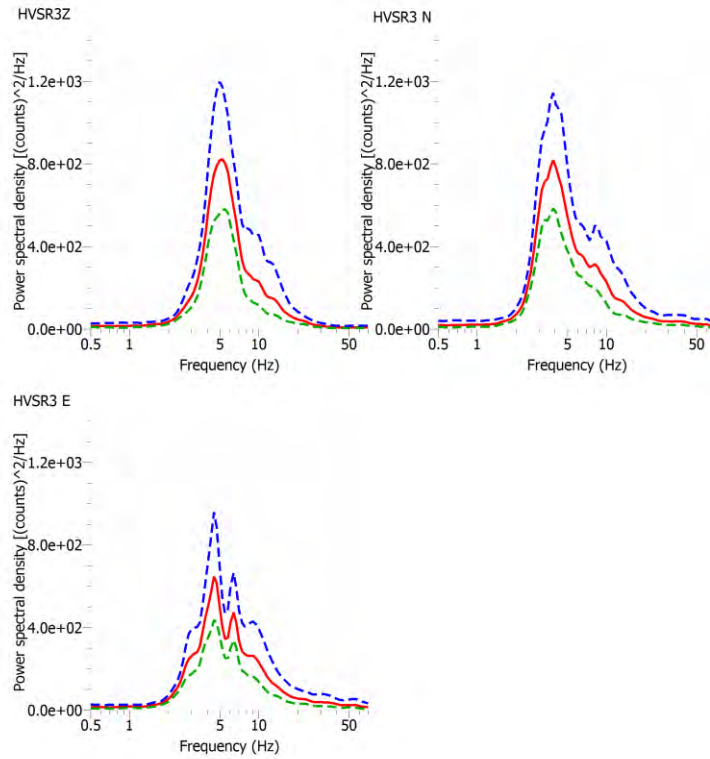
#### 3.2 FINESTRE SELEZIONATE



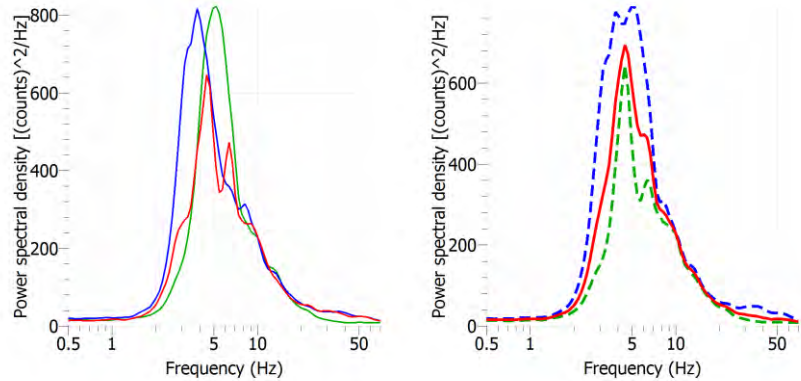
#### 3.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



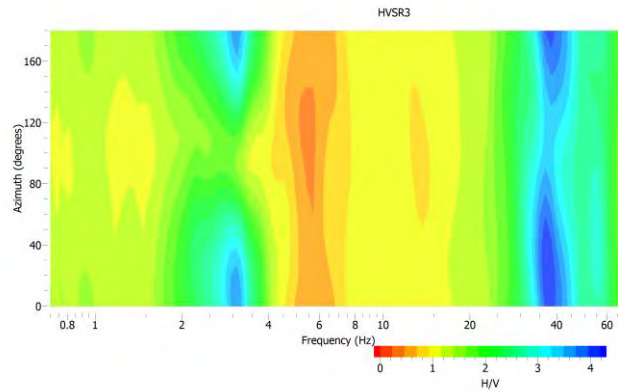
### 3.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



### 3.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



### 3.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



### 3.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 2.92 e 37.88 Hz.

#### **Criteri di affidabilità della curva H/V**

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

#### **Criteri di affidabilità di picco**

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

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

### 3.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

#### **La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.**

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

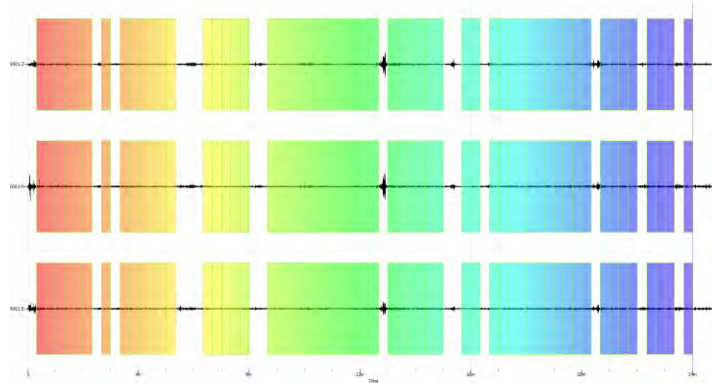
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

## 4. HVSRI.

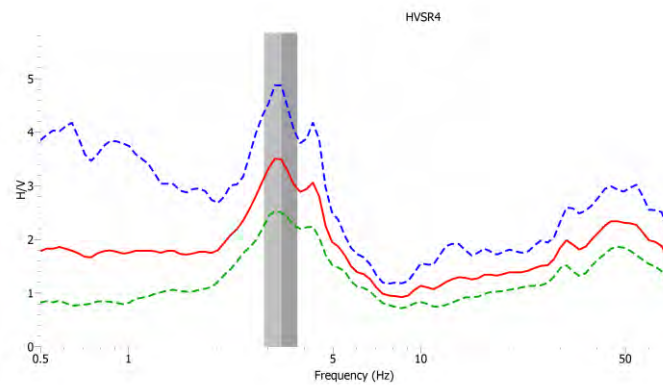
### 4.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

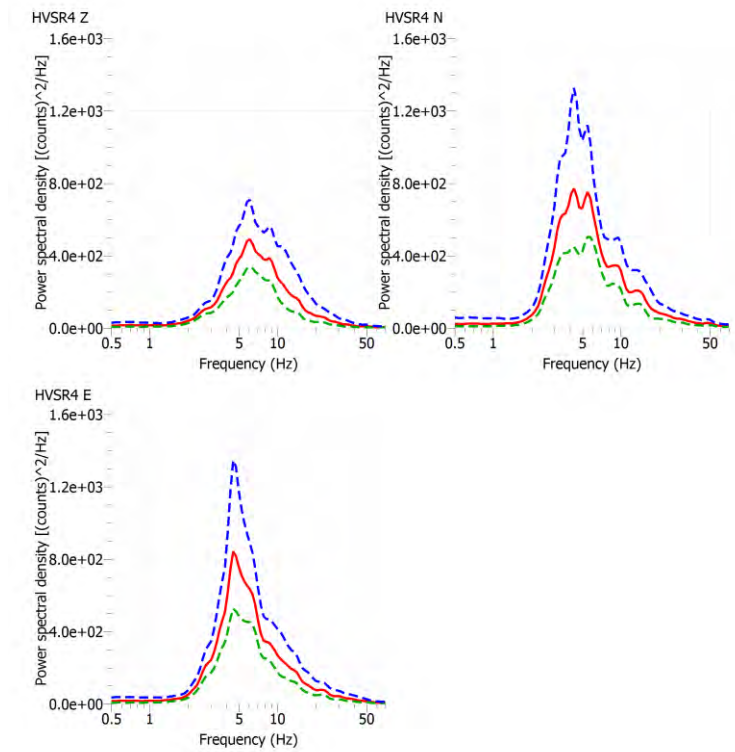
### 4.2 FINESTRE SELEZIONATE



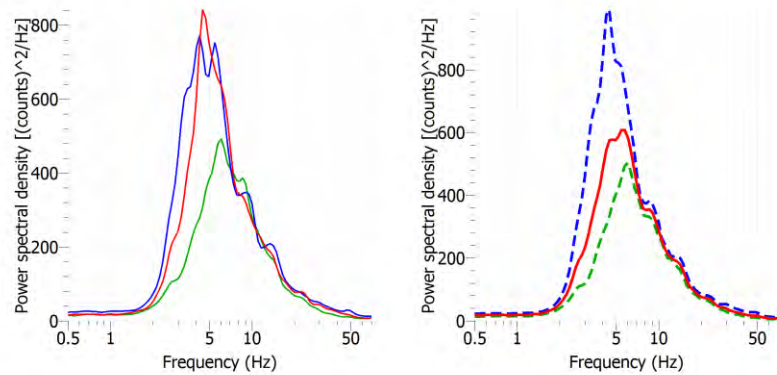
### 4.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



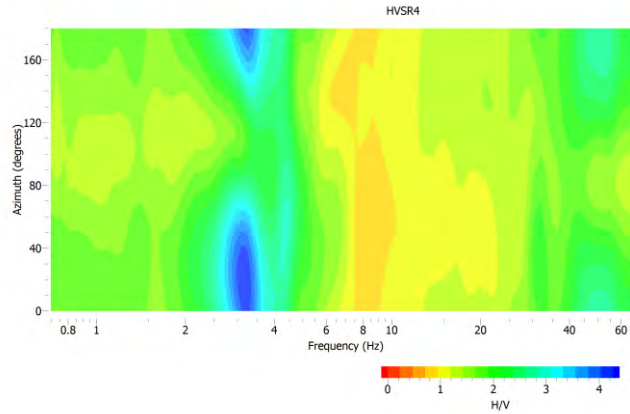
#### 4.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



#### 4.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



#### 4.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



#### 4.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 3.16 e 44.80 Hz.

##### **Criteri di affidabilità della curva H/V**

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

##### **Criteri di affidabilità di picco**

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

Ok

$$A_0 > 2$$

Ok

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

Ok

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok



#### 4.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

##### **La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.**

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

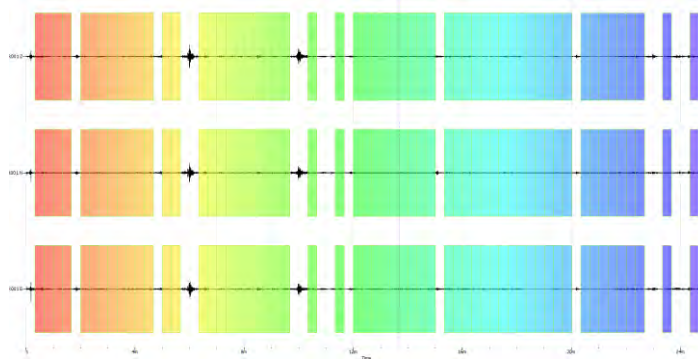
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

## 5. HVSRI.

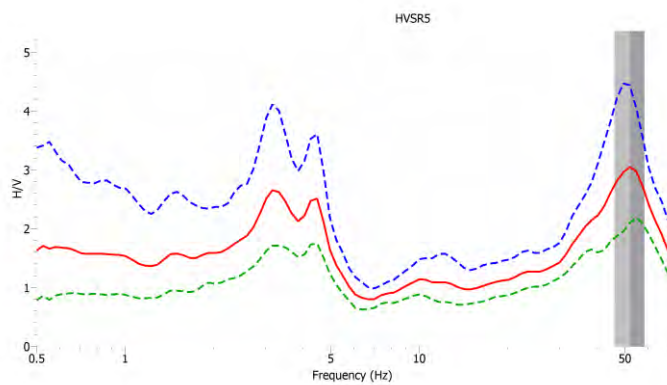
### 5.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

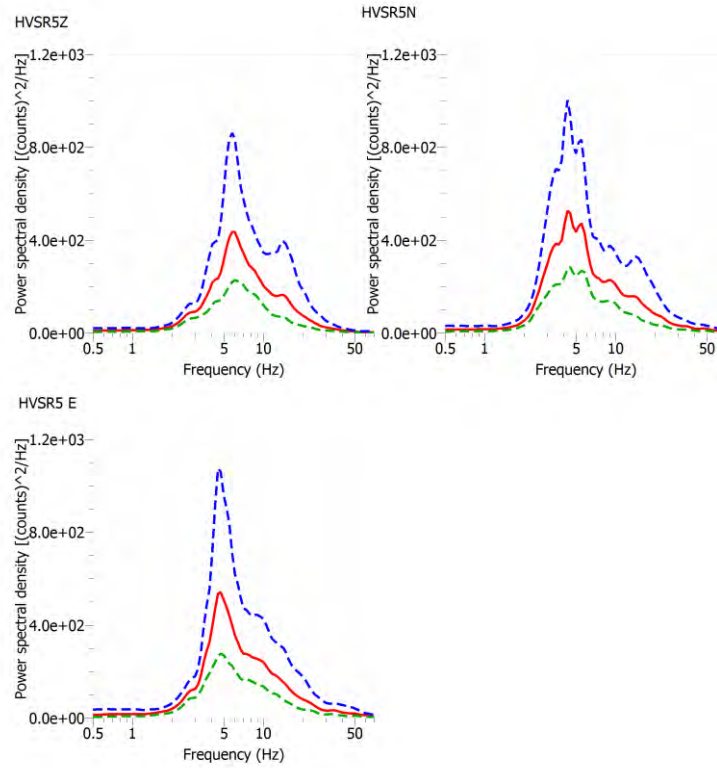
### 5.2 FINESTRE SELEZIONATE



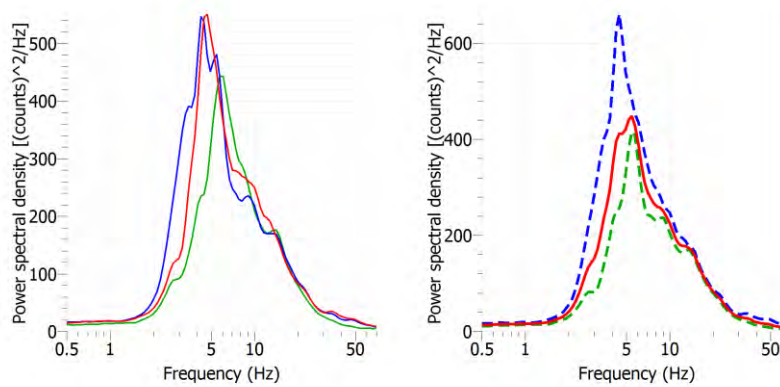
### 5.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



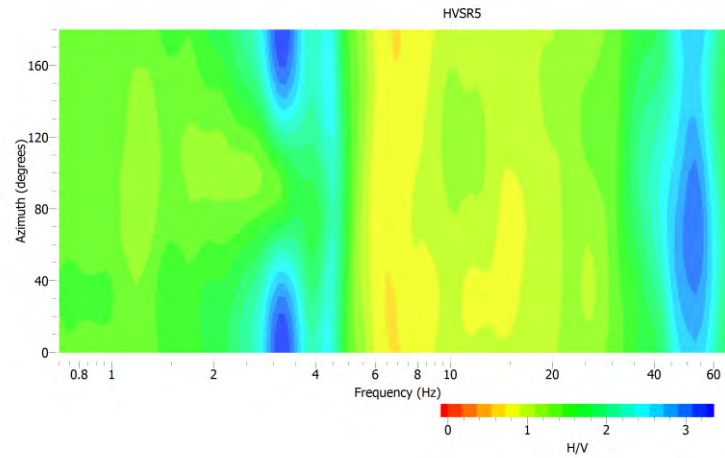
#### 5.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



#### 5.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



## 5.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



## 5.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 3.16 e 52.11 Hz.

### **Criteri di affidabilità della curva H/V**

$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ .	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$ .	Ok

### **Criteri di affidabilità di picco**

$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	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

## 5.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

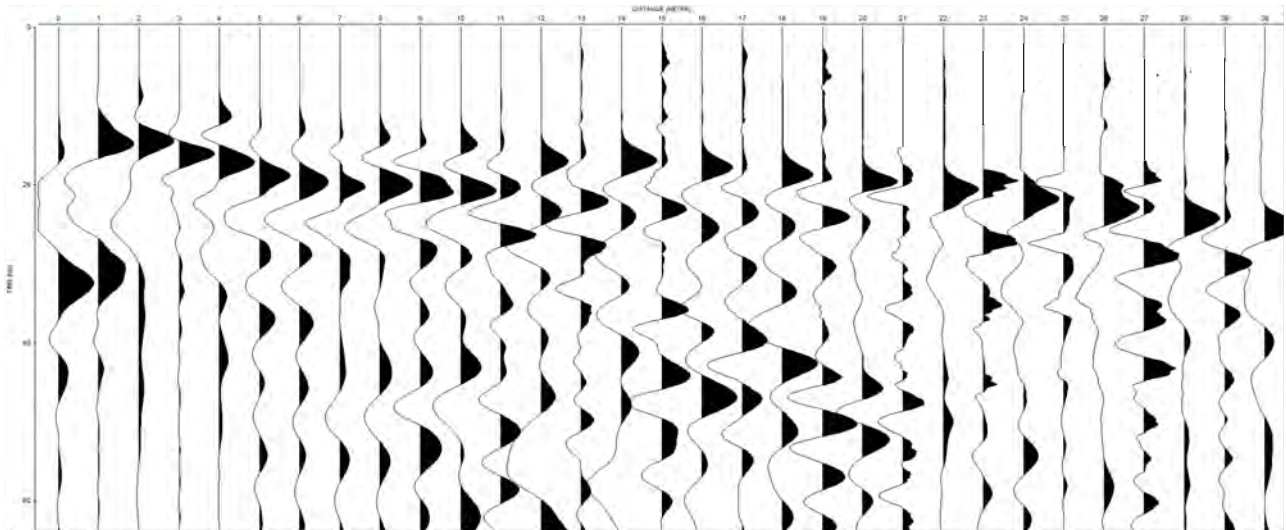
### **La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.**

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

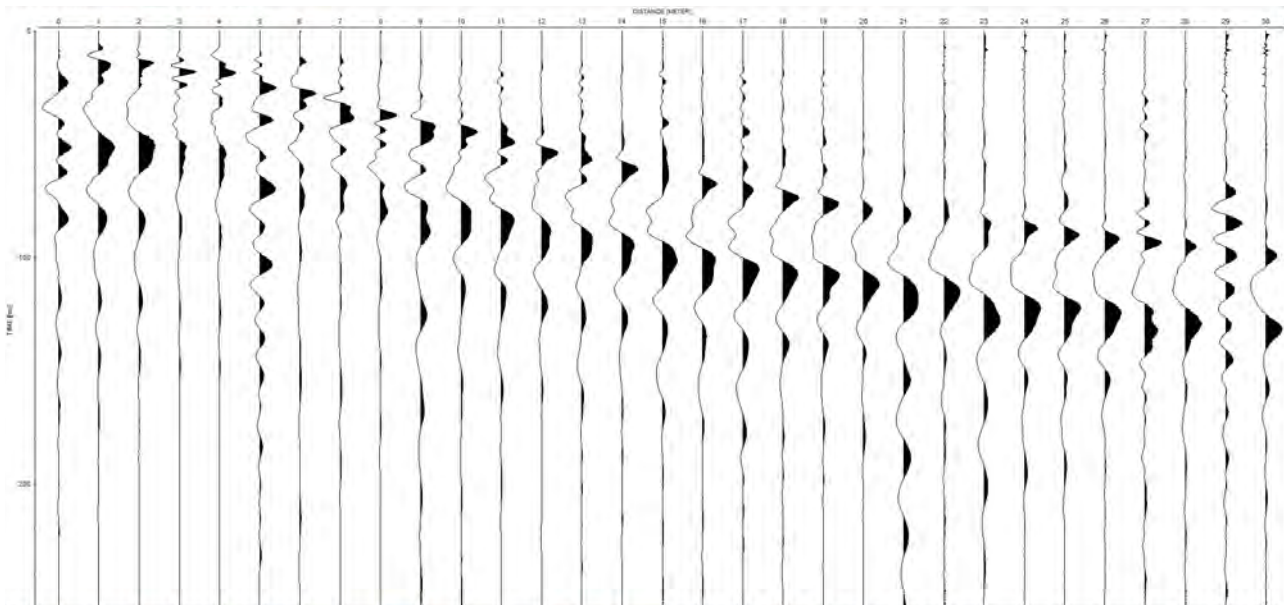
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica).
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

**APPENDICE**

## Sismogrammi DHS4



Onde p



Onde SH



### Down-Hole S4

MODULI ELASTICI DINAMICI								
Int.	densità geofisica (Kg/m <sup>3</sup> )	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Vp/Vs	Young (N/m <sup>2</sup> )	Modulo di taglio (N/m <sup>2</sup> )	Poisson	Modulo di Bulk (N/m <sup>2</sup> )
<i>0,00-4,50</i>	1710	585	310	1.89	4.288E+08	1.643E+08	0.3048	3.66E+08
<i>4,50-9,50</i>	2015	1380	210	6.57	2.645E+08	8.886E+07	0.4881	3.72E+09
<i>9,50-12,50</i>	2000	1350	235	5.74	3.279E+08	1.105E+08	0.4844	3.50E+09
<i>12,50-16,00</i>	2170	2050	290	7.07	5.438E+08	1.825E+08	0.4898	8.88E+09
<i>16,00-20,00</i>	2160	2000	320	6.25	6.577E+08	2.212E+08	0.4869	8.35E+09
<i>20,00-30,00</i>	2130	1850	460	4.02	1.322E+09	4.507E+08	0.4670	6.69E+09





<b>Tempi arrivo eventi sismici</b>				
<b>DOWN-HOLE S4</b>		distanza shot - bocca foro: 3 m		
m dal p.c.	ONDE P		ONDE SH	
	tempi obliqui	tempi verticali	tempi obliqui	tempi verticali
	(msec)	(msec)	(msec)	(msec)
<b>0</b>	7.89	0.00	17.53	0.00
<b>1</b>	6.85	2.17	13.15	4.16
<b>2</b>	6.30	3.49	12.55	6.96
<b>3</b>	7.89	5.58	13.75	9.72
<b>4</b>	8.53	6.82	16.14	12.91
<b>5</b>	10.12	8.68	20.32	17.42
<b>6</b>	10.68	9.55	25.31	22.64
<b>7</b>	11.24	10.33	29.29	26.92
<b>8</b>	11.62	10.88	33.67	31.53
<b>9</b>	12.23	11.60	37.66	35.73
<b>10</b>	12.59	12.06	40.45	38.74
<b>11</b>	13.23	12.76	45.23	43.64
<b>12</b>	13.95	13.53	49.02	47.56
<b>13</b>	14.43	14.06	53.00	51.64
<b>14</b>	14.67	14.34	56.59	55.33
<b>15</b>	14.90	14.61	59.98	58.82
<b>16</b>	15.54	15.27	62.57	61.50
<b>17</b>	16.02	15.78	66.15	65.14
<b>18</b>	16.34	16.12	69.14	68.20
<b>19</b>	16.98	16.77	72.33	71.44
<b>20</b>	17.45	17.26	74.92	74.09
<b>21</b>	18.01	17.83	77.51	76.73
<b>22</b>	18.70	18.53	79.10	78.37
<b>23</b>	19.17	19.01	81.49	80.81
<b>24</b>	19.69	19.54	83.89	83.24
<b>25</b>	20.33	20.19	86.48	85.86
<b>26</b>	21.04	20.90	88.27	87.69
<b>27</b>	21.60	21.47	89.86	89.31
<b>28</b>	21.92	21.80	91.86	91.34
<b>29</b>	22.56	22.44	94.05	93.55
<b>30</b>	22.79	22.68	96.24	95.76