

# Studio di Geologia

*dott. geol. Nicola Labbrozzi*

Geologia Ambientale, Geofisica, Geotecnica, Idrogeologia  
Via Fabio Filzi, 2 - 66034 - Lanciano (CH) Tel. e fax 0872-42570

Email [info@studiolabbrozzi.it](mailto:info@studiolabbrozzi.it) PEC [nicola.labbrozzi@epap.sicurezzapostale.it](mailto:nicola.labbrozzi@epap.sicurezzapostale.it)

COMUNE DI TORINO DI SANGRO  
(Provincia di Chieti)

Ditta: PRIORI BENIAMINO

## PROGETTO:

**“AMPLIAMENTO DI AREA DI DEPOSITO CON CAMBIO DI DESTINAZIONE D'USO PUNTUALE AL PIANO REGOLATORE ESECUTIVO VIGENTE AI SENSI DELL'ART. 8 DEL D.P.R. 160/2010 DI UN TERRENO DA ZONA AGRICOLA SPECIALE (E2) A ZONA COMMERCIALE (D4)”**

## RELAZIONI SPECIALISTICHE

RELAZIONE GEOLOGICA

RELAZIONE SULLE INDAGINI E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO



Il geologo  
*Dott. Nicola Labbrozzi*

Lanciano li, 14/07/2021

# INDICE

1 INTRODUZIONE.....	3
2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	6
3 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE.....	10
4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	12
5 VERIFICA COMPATIBILITA' P.A.I.....	13
6 PIANO DELLE INDAGINI.....	15
6.1 Prova penetrometrica .....	15
6.1.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE .....	15
6.1.2 Correlazioni geotecniche terreni incoerenti <b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>	
7 MODELLO GEOTECNICO.....	15
8 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO .....	16
8.1 Finalità e metodologie di studio.....	16
8.2 – Sismicità storica dell'area .....	16
8.3 – Classificazione sismica .....	18
8.4 – La Risposta Simica Locale.....	19
8.4.1 Pericolosità sismica di base .....	19
8.5 INDAGINE SISMICA MASW .....	31
8.5.1 Analisi dei dati.....	34
8.5.2 Riepilogo dei dati.....	37
8.6 Definizione della $V_{S30}$ e classificazione del suolo .....	38
8.7 Condizioni topografiche.....	38
9 MICROZONAZIONE SISMICA ED EFFETTI SISMOINDOTTI .....	39
10 CONCLUSIONI.....	42

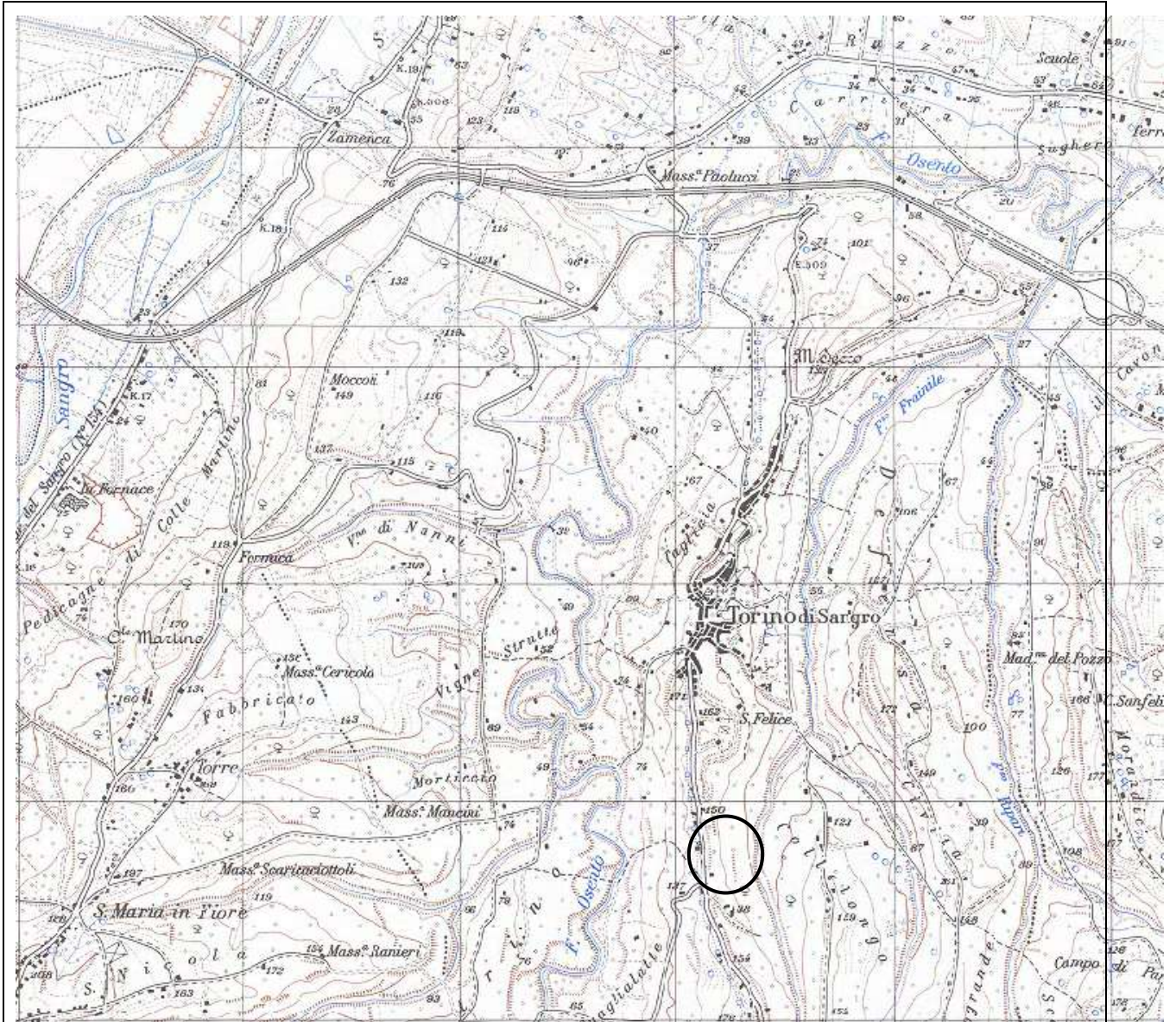


Nella presente relazione è stata posta particolare attenzione al riconoscimento delle unità litotecniche presenti, alle caratteristiche geomorfologiche e storico-cronologiche delle forme e dei processi di dissesto in atto o potenziali, e alla caratterizzazione sismica dell'area, secondo quanto previsto nel D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20-2-2018) e art. 13 legge 64 del 74.

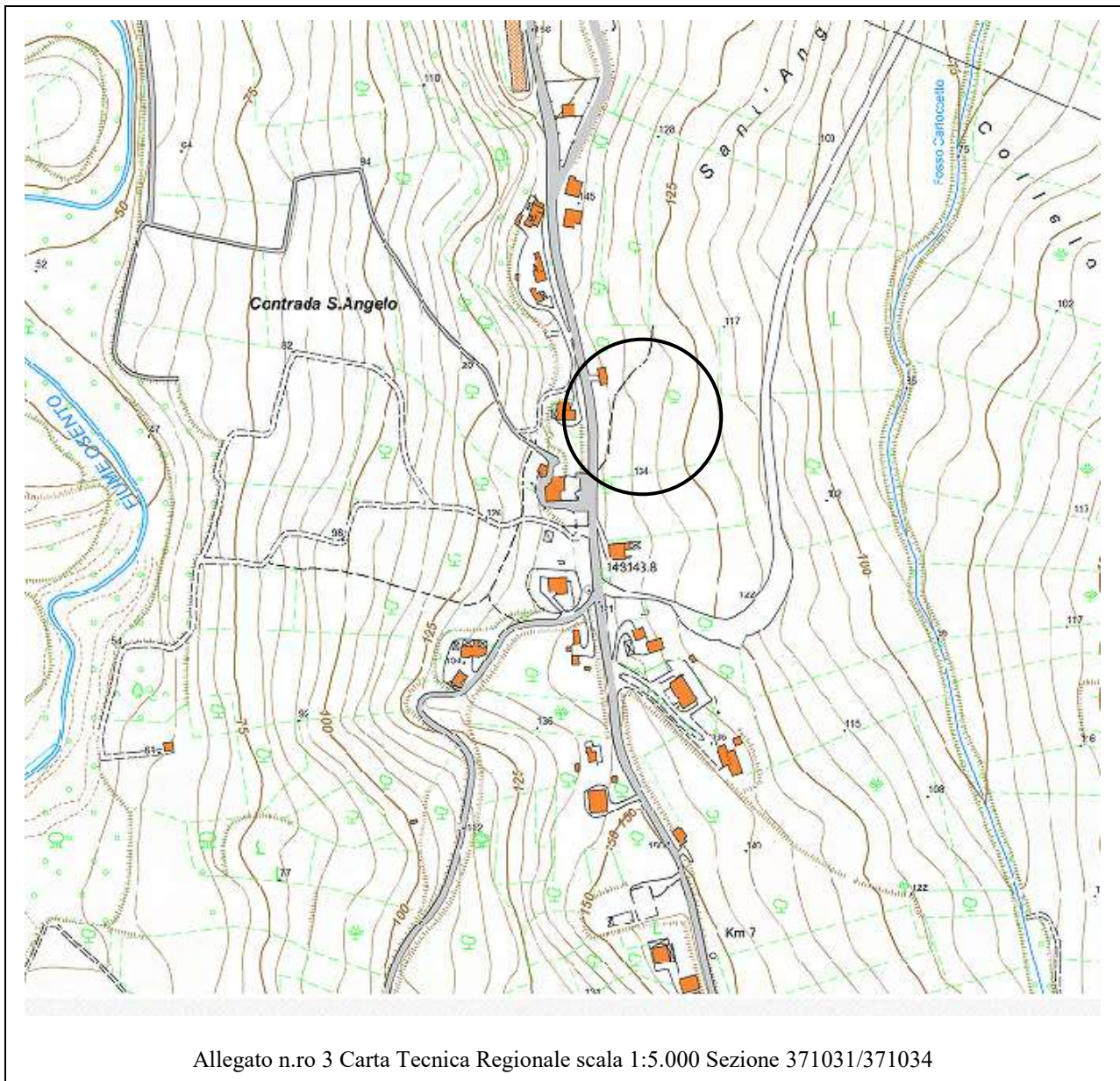
La definizione puntuale di quanto in precedenza detto e della successione litostratigrafica dei terreni presenti nell'area è stata eseguita sulla base di un rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, dell'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica e di una indagine sismica HVSR.

Infine, l'area è stata inquadrata nel contesto del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi (PAI) della Regione Abruzzo.

L'area è inquadrata topograficamente nel foglio 371 E della carta topografica regionale di seguito riportata in stralcio.



Allegato n.ro 2 Carta topografica regionale scala 1:25.000 Foglio 371 E



## 2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Il Comune di Torino di Sangro, nel quale è localizzata l'area della nostra indagine, si colloca tra i termini dell'avanfossa pliocenica quaternaria che caratterizza tutta l'area collinare abruzzese compresa tra i rilievi appenninici e la linea di costa.

L'area è ubicata geologicamente nella fascia litoranea, al margine esterno della dorsale Appenninica.

In questa fascia affiorano in larga prevalenza depositi marini di età compresa tra il Messiniano ed il Pliocene inf., sormontati nelle zone più prossime al mare, da depositi continentali, terreni

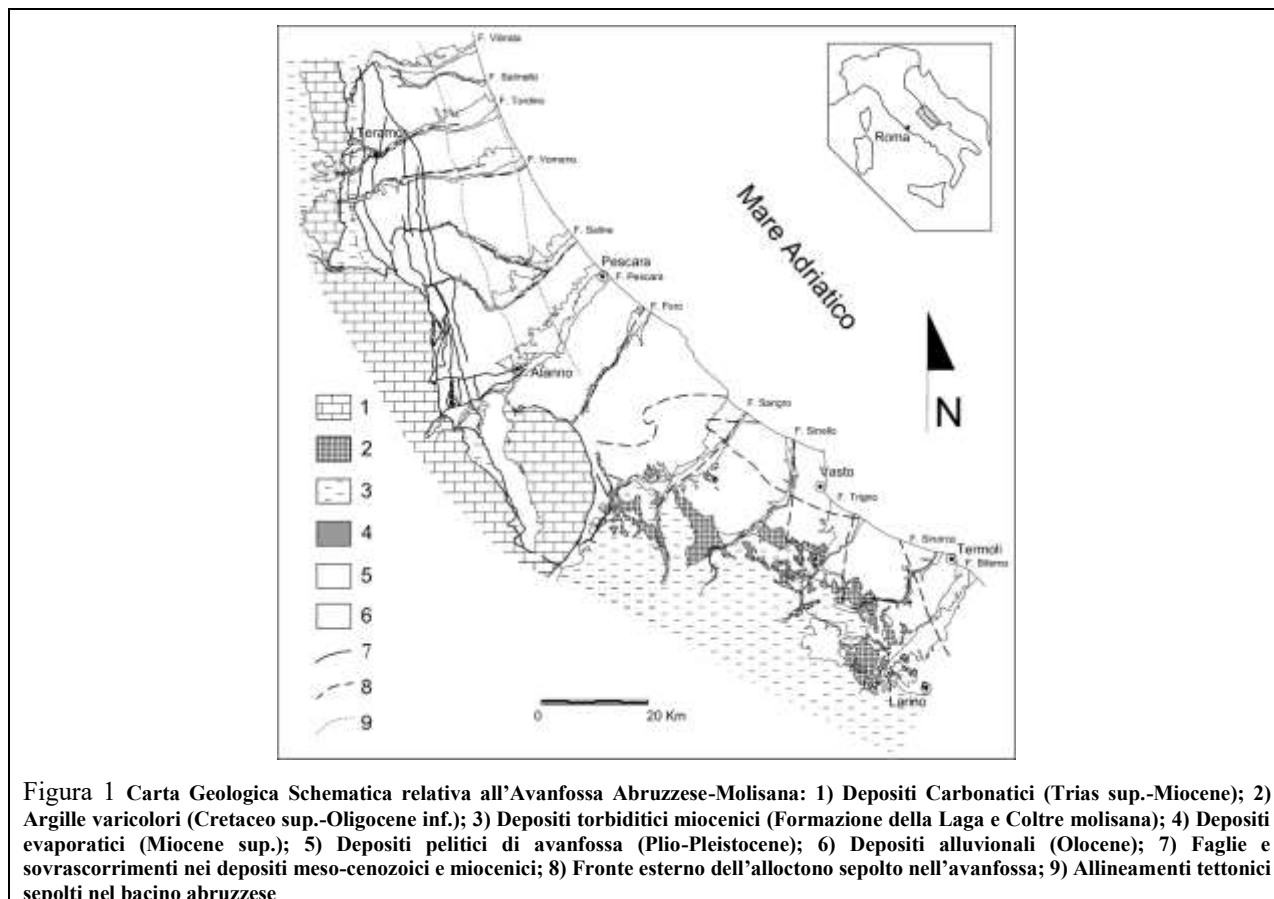
sabbioso - conglomeratici, del Pleistocene medio-Olocene.

Le unità dell'avanfossa risultano costituiti da terreni a grana fine; limi argillosi e/o sabbiosi e argille più o meno siltose di colore grigio-azzurro, ben stratificati. Gli interstrati sono talora marcati da sottili intercalazioni di sabbia a grana fina o finissima.

Al tetto dei sedimenti marini argillosi e marnosi plio-pleistocenici si rilevano su aree piuttosto estese, depositi sabbioso-arenacei-conglomeratici di ambiente di sedimentazione marino o continentale. Questi sedimenti a granulometria grossolana testimoniano il progressivo ritiro del mare dalla zona tra la fine del Pliocene e l'inizio del Quaternario (regressione marina plio-pleistocenica).

Il sito è localizzato su un'ampia superficie pianeggiante, l'area è compresa tra le Unità terrigene alloctone della facies molisana e i depositi marini plio-pleistocenici dell'avanfossa abruzzese e molisana, e si estende in un settore in cui si collocano le unità tettoniche più avanzate dell'Appennino Centrale.

In particolare, l'area è compresa tra le Unità della Piattaforma Carbonatica Apulo-Adriatica, ossia le Unità della Maiella, di Casoli e di Bomba, le Unità Molisane e le Unità Sicilidi, sovrascorse con elevato rigetto verso la zona esterna e localizzate ad oriente dell'allineamento tettonico della Linea Volturno-Sangro, e i depositi marini plio-pleistocenici dell'Avanfossa Abruzzese e Molisana, e infine le Argille Grigio Azzurre plioceniche e quelle siltose pleistoceniche, formanti una successione monoclinale, interessata da pieghe blande ad asse N-S ed immergente, con una inclinazione di circa 15-20°, verso oriente (Fig.1).



Sotto il profilo morfologico questi sedimenti grossolani formano delle "piastre sommitali" pianeggianti, debolmente inclinate verso il mare e incise, in alcuni casi molto profondamente, da corsi d'acqua secondari. Esse sono delimitate dalle valli fluviali dei corsi d'acqua principali, all'interno delle quali affiorano i sedimenti prevalentemente argillosi più antichi.

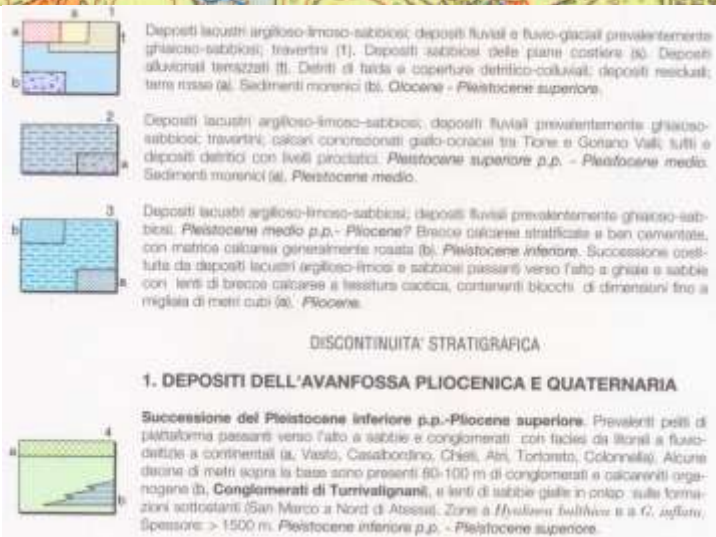
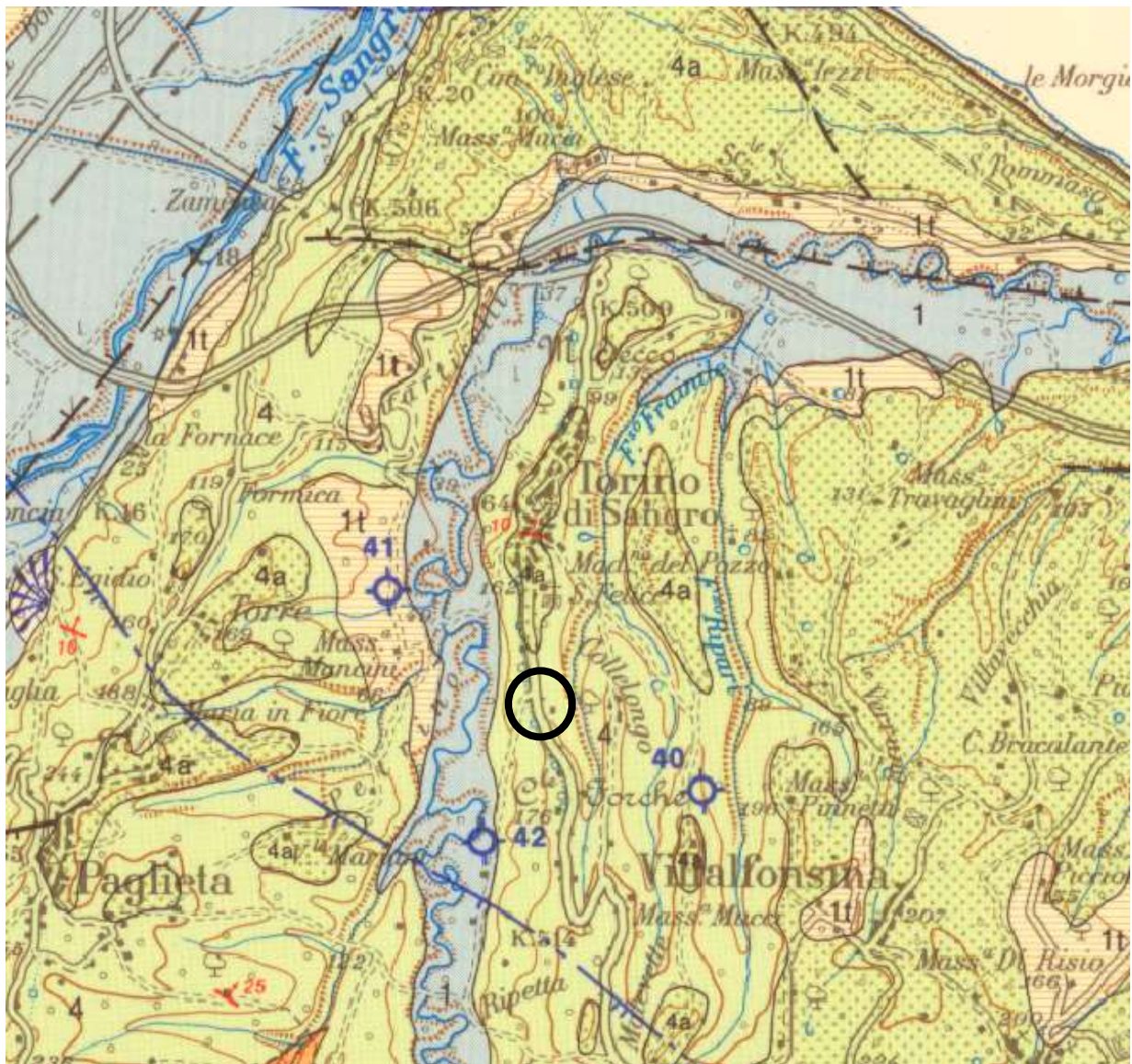
Nel tratto più vicino all'attuale linea di costa le piastre sommitali si raccordano con la piana costiera con dei versanti a varie pendenze, a tratti quasi verticali.

Le formazioni presenti sono ascrivibili alla Formazione 4 della carta geologica d'Abruzzo di L. Vezzani e F. Ghisetti (1998).

Lungo i versanti le formazioni limose e argillose sono ricoperte da spessori variabili di materiali eluviali e colluviali.

Dall'analisi di indagini effettuate in precedenza si può dedurre che nel sito in esame siano presenti terreni di natura eluvio-colluviale che ricoprono la formazione di base delle argille siltose.





Allegato n.ro 4 Stralcio carta geologica scala 1:50.000 da (L.Vezzani e F. Ghisetti 1998)

### **3 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE**

La morfologia dell'area è in stretta relazione con la natura dei terreni presenti: nei luoghi in cui affiorano le litologie sabbioso-ghiaiose si hanno i rilievi più alti, costituiti da superfici pianeggianti delimitate da scarpate, mentre nella zona dove è presente la litologia argillosa, si riscontra una diminuzione della pendenza ed un andamento morfologico più dolce.

L'area di nostro interesse, è situata morfologicamente all'interno di un'ampia superficie pianeggiante corrispondente alla piana alluvionale del Fiume Osento, alla base del versante che sale verso il centro abitato, in tale area affiorano litologie limoso-argillose e sabbiose che hanno spessori valutabili in 5-10 metri. Al di sotto di tali materiali, in successione stratigrafica, si passa a limi argillosi di colore avana con livelli sabbiosi e gradualmente a argille siltose di colore grigio-azzurro con livelli sabbiosi, che rappresentano la formazione di base.

La prima formazione, i limi sabbiosi, sono stati depositati in ambiente continentale. I limi argillosi avana rappresentano la parte superficiale della formazione delle argille grigio azzurre e sono di ambiente marino. Le argille siltose sono di chiara origine marina, depositatesi in ambiente profondo.

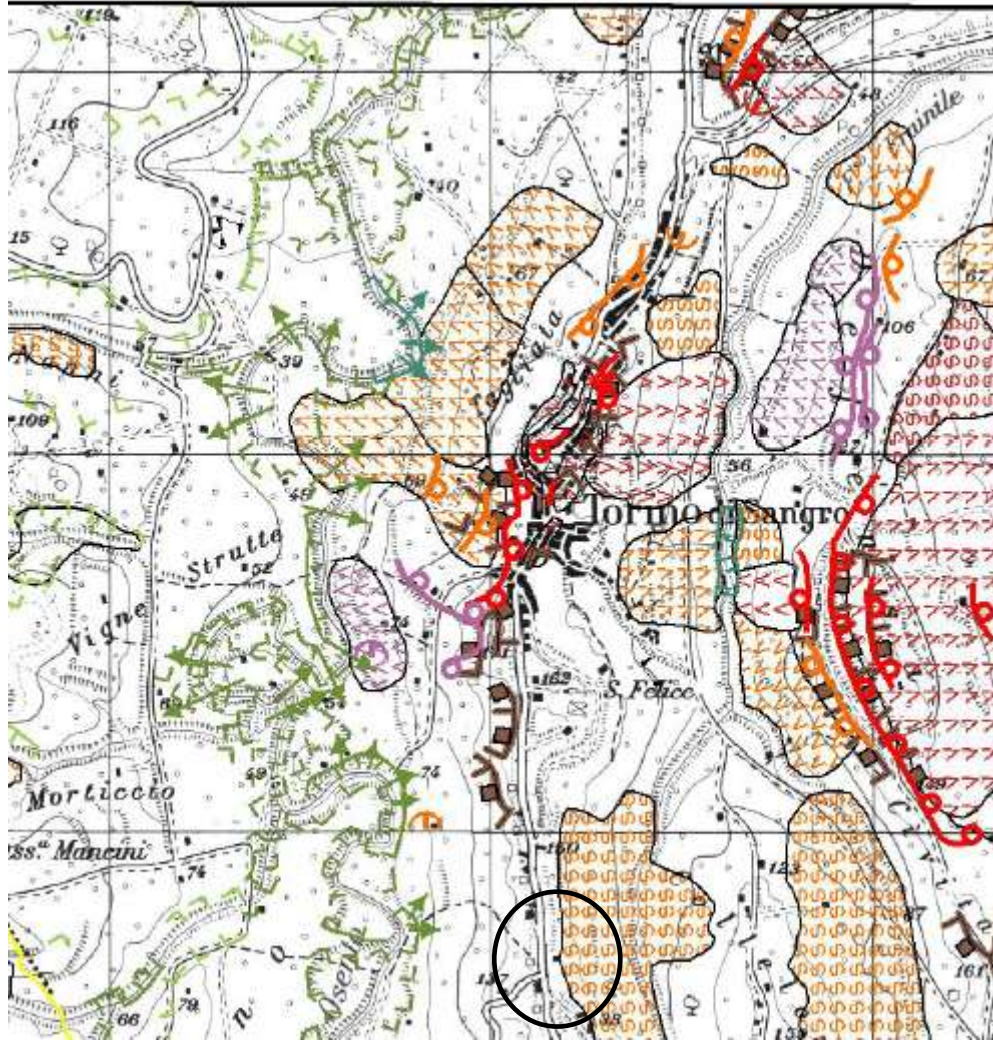
La zona pianeggiante non è interessata da dissesti mentre il versante è interessato dalla presenza di un movimento franoso classificato come Frana di tipo rotazionale con stato di attività quiescente.

Esaminando la Carta Geomorfologica relativa al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo i fenomeni gravitativi e dissesti sono limitati alla zona di versante.

In conclusione, nella zona in esame, i fenomeni cartografati interessano parzialmente il lotto interessato dalla realizzazione del progetto, comunque non interessano le aree destinate alla realizzazione di opere.

**PIANO STRALCIO DI BACINO per l'ASSETTO IDROGEOLOGICO**

"Stralcio Carta Morfologica" – Foglio 371 E - Scala 1:25.000  
Comune di Torino di Sangro (CH)



		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
Forme strutturali	Oro di scarpata di faglia			
	Oro di scarpata con influenza strutturale			
	Oro di scarpata di linea di faglia			
	Oro di scarpata con influenza strutturale interrotta da calata di detriti			
Forme, processi e fenomeni associativi in versanti	Oro di scarpata di degradazione sfo di frane			
	Trincee o fessure			
	Fratture o fratture			
	Versante strutturalmente interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali/linee			
	Corpo di frane di colto e stabilimento			
	Corpo di frane di scorrimento sul fondale (di tipo)			
	Corpo di frane di colamento			
	Corpo di frane di genesi complessa (in situ o fenomeno di trasporto in massa)			
	Ricordo frane o gruppo di piccole frane non classificate			
	Caratteristica significativa nel corpo di frane			

#### 4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

I terreni costituenti la successione stratigrafica delle aree sono considerati relativamente alla loro permeabilità, in particolare per quanto concerne l'attitudine a favorire l'infiltrazione e la circolazione sotterranea delle acque di precipitazione meteorica e la formazione di falde acquifere.

Sono stati individuati esclusivamente terreni permeabili per porosità (permeabilità primaria). Vi fanno parte i terreni sabbioso-arenaceo-conglomeratici e il substrato geologico, i cui caratteri idrogeologici dipendono dall'assortimento granulometrico e dall'addensamento dei clasti.

I depositi sabbioso-arenaceo-conglomeratici sono caratterizzati, nel complesso, da un grado di permeabilità relativo medio-alto, che favorisce l'assorbimento delle acque di precipitazione meteorica e la formazione di una falda sotterranea.

I depositi argilloso-marnosi hanno un grado di permeabilità relativo basso e rappresentano l'acquicluda delle formazioni geologiche sovrastanti.

Nel sito in esame è presente un pozzo che ha una profondità di circa 10 metri, all'interno di tale pozzo non è stata rilevata la presenza di acqua.

## 5 VERIFICA COMPATIBILITA' P.A.I.

Il Piano Stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi", riferito al territorio della Regione Abruzzo compreso nell'ambito dei bacini di rilievo regionale ed al territorio ricompreso all'interno del bacino interregionale del fiume Sangro, è stato predisposto ai sensi della legge n.183 del 18-05-1989, relativa alle "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e del D.L. n. 180 del 11-06-1998.

In termini generali la normativa di attuazione del Piano è diretta a disciplinare le destinazioni d'uso del territorio, attraverso prescrizioni puntuali su ciò che è consentito e ciò che è vietato realizzare, in termini di interventi opere ed attività, nelle aree a pericolosità molto elevata (P3), elevata (P2) e moderata (P1).

La Carta della Pericolosità riporta la distribuzione geografica delle aree esposte a frane ed erosioni. Si tratta di una carta derivata, con determinazioni fatte in modo semiquantitativo tramite sovrapposizione dei layers di informazioni dei seguenti database: Carta dell'Acclività, Carta Geolitologica, Carta Geomorfologica e Carta Inventario dei Fenomeni Franosi ed Erosivi.

Sono state definite quattro classi di Pericolosità denominate P3, P2, P1 e Pscarpate:

P3: Pericolosità molto elevata - Le aree con Pericolosità Molto Elevata sono interessate dalla presenza di Dissesti in stato di attività o riattivati stagionalmente.

P2: Pericolosità elevata - Le aree con Pericolosità Elevata sono interessate dalla presenza di Dissesti allo stato quiescente o inattivo con alta probabilità di riattivazione.

P1: Pericolosità moderata - Le aree con Pericolosità Elevata sono interessate dalla presenza di Dissesti allo stato quiescente o inattivo con bassa probabilità di riattivazione.

Pscarpate: Pericolosità da scarpata - Nella Pericolosità Pscarpate sono comprese tutte le tipologie degli Orli di scarpata a prescindere dal loro Stato di Attività.

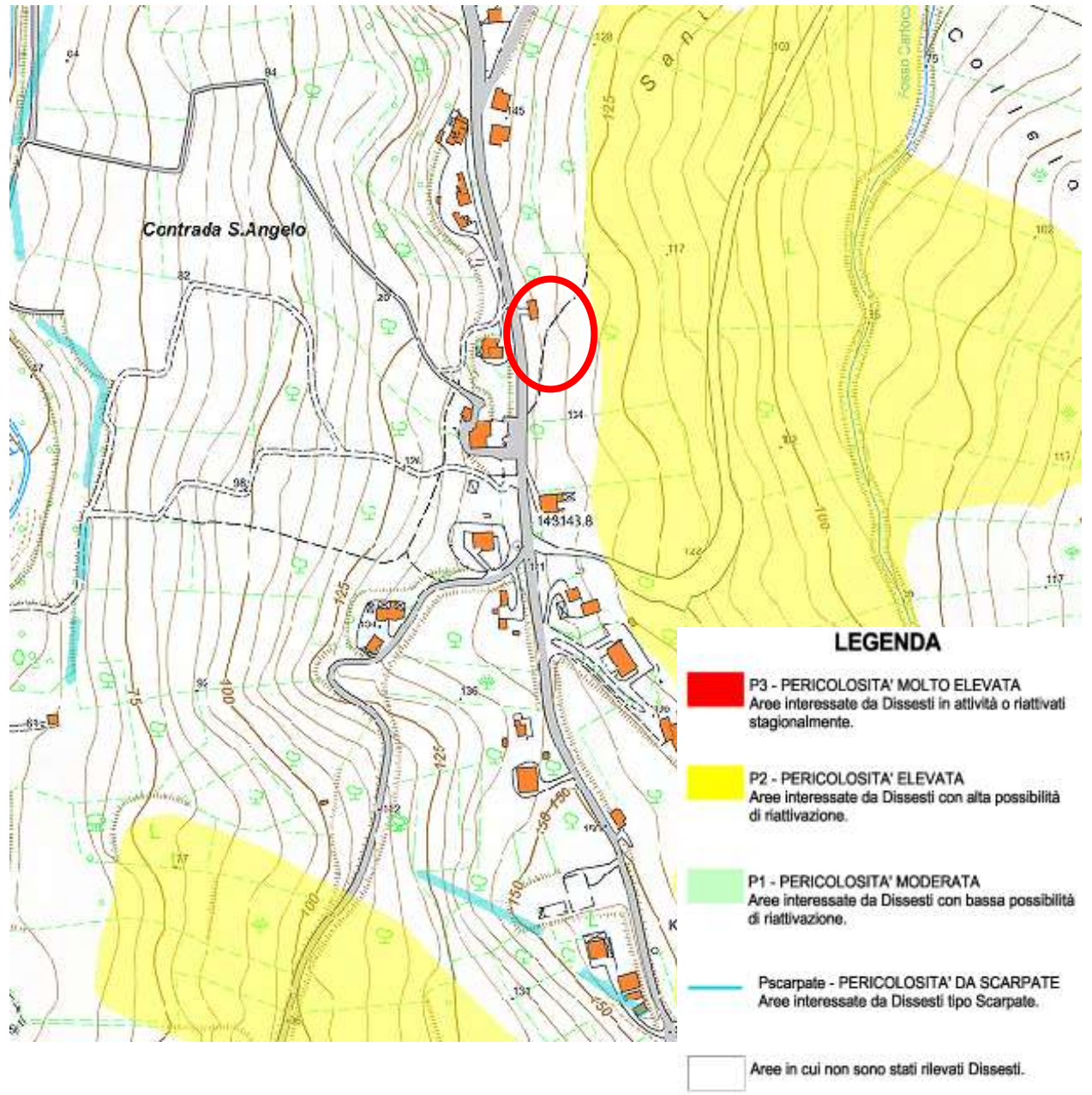
Dalla consultazione delle cartografie del Piano di Assetto Idrogeologico si evince che il sito in esame **non ricade** all'interno delle aree classificate a pericolosità moderata, elevata o molto elevata e non è interessato dalle aree con pericolosità da scarpata.

Dalla Carta Morfologica ha origine la cartografia con riportate le aree a pericolosità molto elevata, elevata, moderata e pericolosità da scarpata.

Come sopra accennato, dalla carta morfologica ha origine la carta della pericolosità che viene riportata nell'allegato 5, nella scala 1:25.000 in cui è stata realizzata.

**PIANO STRALCIO DI BACINO per l'ASSETTO IDROGEOLOGICO**

“ *Carta della Pericolosità* ” – Stralcio dalla TAVOLA P Foglio 371 E- Scala 1:25.000  
Comune di Torino di Sangro (CH)



## 6 PIANO DELLE INDAGINI

Per la ricostruzione della successione geologica locale e per la valutazione dei parametri geotecnici sono state utilizzate le seguenti metodologie di indagine:

1) *Prova penetrometrica dinamica*

### 6.1 Prova penetrometrica

Al fine di definire la stratigrafia ed i parametri geotecnici di riferimento, è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica SUPER PESANTE DPSH.

#### 6.1.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Nel sito in esame è presente un orizzonte di terreno di riporto della profondità di circa 3 metri, al di sotto di tale orizzonte il sottosuolo è costituito da terreno superficiale alterato dello spessore massimo di circa 0,8 metri, da limi-argillosi fino alla profondità investigata.

## 7 MODELLO GEOTECNICO

Gli Orizzonti geologici descritti in precedenza sono ovviamente da considerare come orizzonti geotecnici dalle caratteristiche ben distinte:

- **ORIZZONTE A** Terreno di riporto
- **ORIZZONTE B** Terreno superficiale alterato.
- **ORIZZONTE C** Limo sabbioso-argilloso.

Nella tabella seguente è riportata la stratigrafia del sito in esame e sono riassunti i principali parametri geotecnici degli orizzonti litologici ricavati direttamente dalle prove in sito e correlati ai dati disponibili in letteratura.

	Profondità	Descrizione	Par.Geotecnici Tensioni totali	Par.Geotecnici Tensioni efficaci
Orizzonte B	0,80 m	Terreno superficiale alterato	$\gamma = 1,80 \text{ T/mc}$ $\phi = 23^\circ - 24^\circ$ $Cu = 0,3 \text{ kg/cmq}$ $E = 20 \text{ kg/cmq}$	$\gamma = 1,80 \text{ T/mc}$ $\phi = 23^\circ - 24^\circ$ $Dr = 24 \%$ $E' = 35 \text{ kg/cmq}$
Orizzonte C	> 0,8 m	Limo sabbioso argilloso	$\gamma = 1,90 \text{ T/mc}$ $\phi = 26^\circ - 28^\circ$ $Cu = 0,6 \text{ kg/cmq}$ $E = 40 \text{ kg/cmq}$	$\gamma = 1,90 \text{ T/mc}$ $\phi' = 26^\circ - 28^\circ$ $Dr = 50 \%$ $E' = 40 \text{ kg/cmq}$

## 8 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

### 8.1 Finalità e metodologie di studio

Lo studio sismico dell'area in oggetto è stato eseguito con tre fasi:

- Determinazione della sismicità dell'area (sismicità storica);
- Determinazione della pericolosità sismica di base;
- Determinazione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato;

### 8.2 – Sismicità storica dell'area

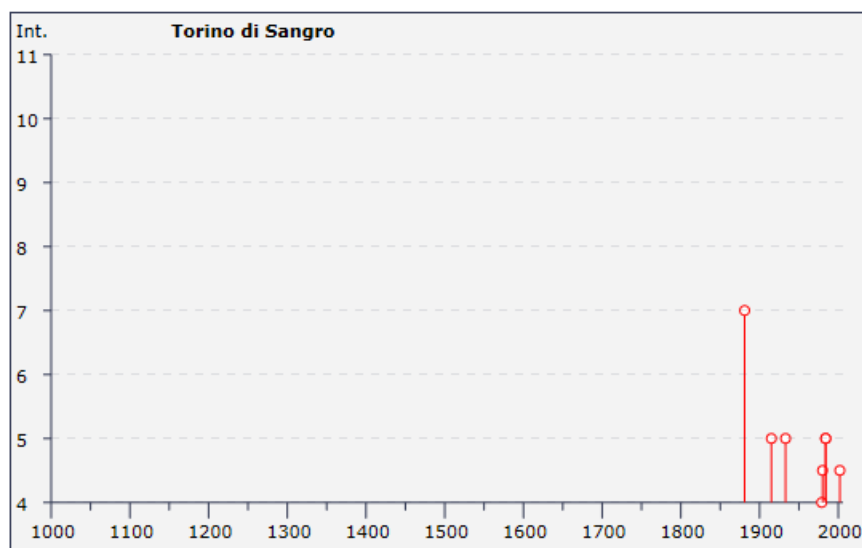
La storia dei forti terremoti registrati nel Comune di Torino di Sangro è mostrata nella seguente Tabella 1, ed è stata estratta dal data-base del sito internet dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia).

Tabella 1: principali terremoti risentiti nel Comune di Torino di Sangro

**Storia sismica di Torino di Sangro [42.187, 14.541]** Numero di eventi: 12

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
3	<a href="#">1841 06 10</a>	Valle dell'Aventino	11	7	4.95 ±0.56
7	<a href="#">1881 09 10 07:00</a>	Abruzzo meridionale	29	8	5.59 ±0.32
5	<a href="#">1915 01 13 06:52</a>	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
5	<a href="#">1933 09 26 03:33</a>	Maiella	326	9	5.95 ±0.09
4	<a href="#">1979 09 19 21:35</a>	Valnerina	694	8-9	5.86 ±0.09
4-5	<a href="#">1980 11 23 18:34</a>	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
5	<a href="#">1984 05 07 17:49</a>	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09
5	<a href="#">1984 05 11 10:41</a>	Appennino abruzzese	342		5.50 ±0.09
NF	<a href="#">1990 05 05 07:21</a>	Potentino	1374		5.80 ±0.09
4-5	<a href="#">2002 11 01 15:09</a>	Subapp. Dauno	645		5.72 ±0.09
NF	<a href="#">2003 06 01 15:45</a>	Molise	516	5	4.50 ±0.09
NF	<a href="#">2006 05 29 02:20</a>	Promontorio del Gargano	384	5-6	4.63 ±0.09





La Tabella 1 contiene i principali terremoti risentiti nel Comune di Torino di Sangro ed è tratta da: M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, 1 versione 2011 del Database Macrosismico Italiano, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

Nella successiva Figura 2 sono mostrati gli effetti macrosismici dell'evento sismico più significativo del Comune di Torino di Sangro (terremoto Abruzzo meridionale 1881).

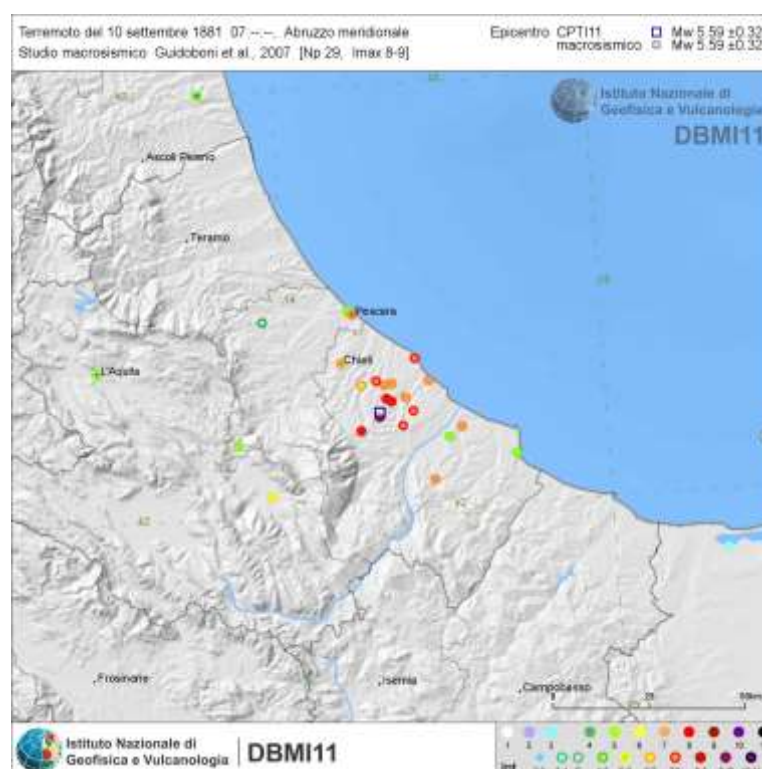


Figura 2: carta degli effetti macrosismici relativa al terremoto Abruzzo meridionale 1881.

### **8.3 – Classificazione sismica**

Secondo l’Ordinanza n.° 3274 del 20 marzo 2003 relativa a “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8.05.2003, sono state definite le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

Ai fini dell’applicazione di queste stesse norme, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (definito al punto 3.1 dell’Ordinanza).

I valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell’accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 2: zone sismiche e valori di  $a_g$

ZONA	VALORI di $a_g$
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

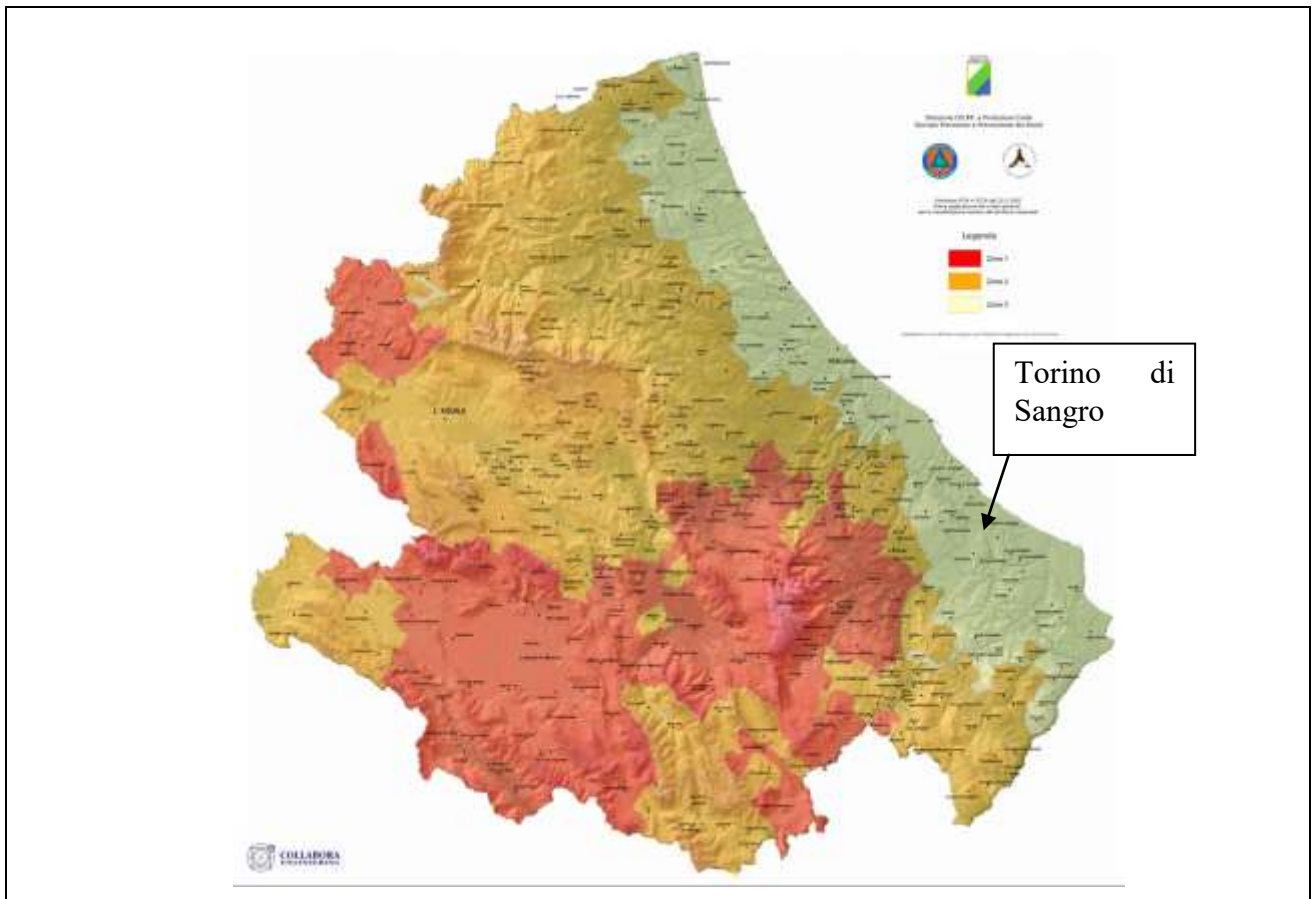


Figura 3 – Zonazione sismica Regione Abruzzo.

In base alla stessa Ordinanza il territorio comunale di Torino di Sangro (CH) risulta classificato come Zona 3.

#### ***8.4 – La Risposta Sismica Locale***

Le nuove norme stabiliscono che le azioni sismiche di progetto derivino da un'analisi della Risposta Sismica Locale, definita come la “*modificazione del segnale sismico proveniente dal substrato ad opera delle condizioni geologiche locali*”.

La valutazione della Risposta Sismica Locale viene effettuata attraverso la valutazione della:

- a) pericolosità sismica di base;
- b) pericolosità sismica locale.

##### *8.4.1 Pericolosità sismica di base*

La “pericolosità sismica di base” è la componente della pericolosità sismica che dipende dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti.

La “pericolosità sismica di base”, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione dell’azione sismica di sito che, in riferimento alle Norme Tecniche, è definita sulla base delle sue coordinate di latitudine e longitudine.

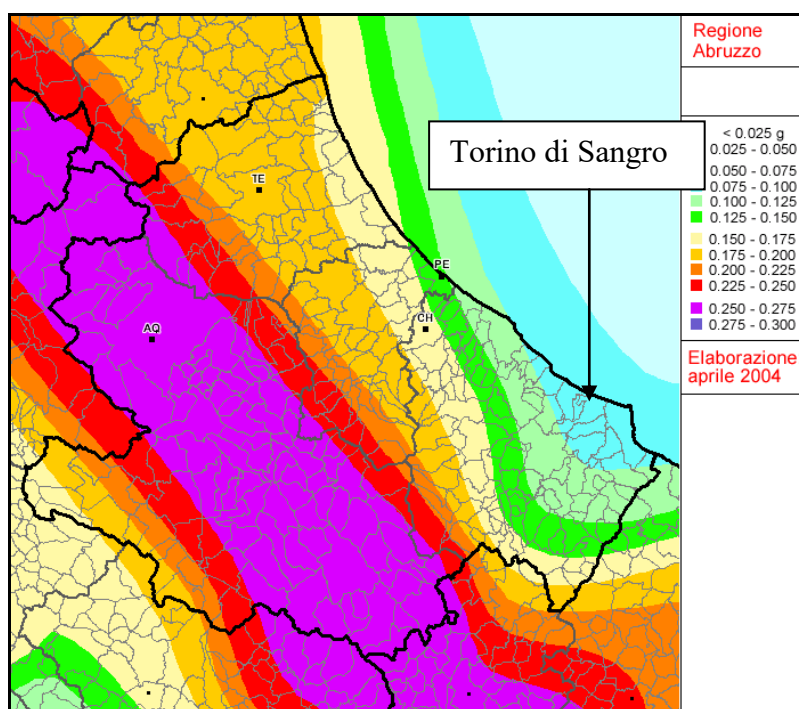


Figura 4– Mappa zone sismiche INGV – “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale”, relativa all’Abruzzo.

Nella figura seguente è riportata un particolare della mappa di pericolosità sismica della figura precedente, in cui si conferma che, per il territorio di Torino di Sangro, si prevede una “g” compresa tra 0,075 e 0,100.

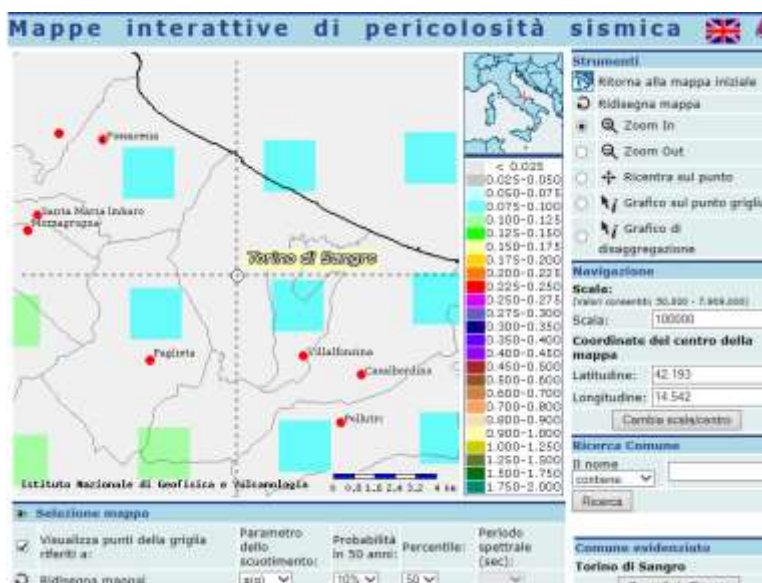
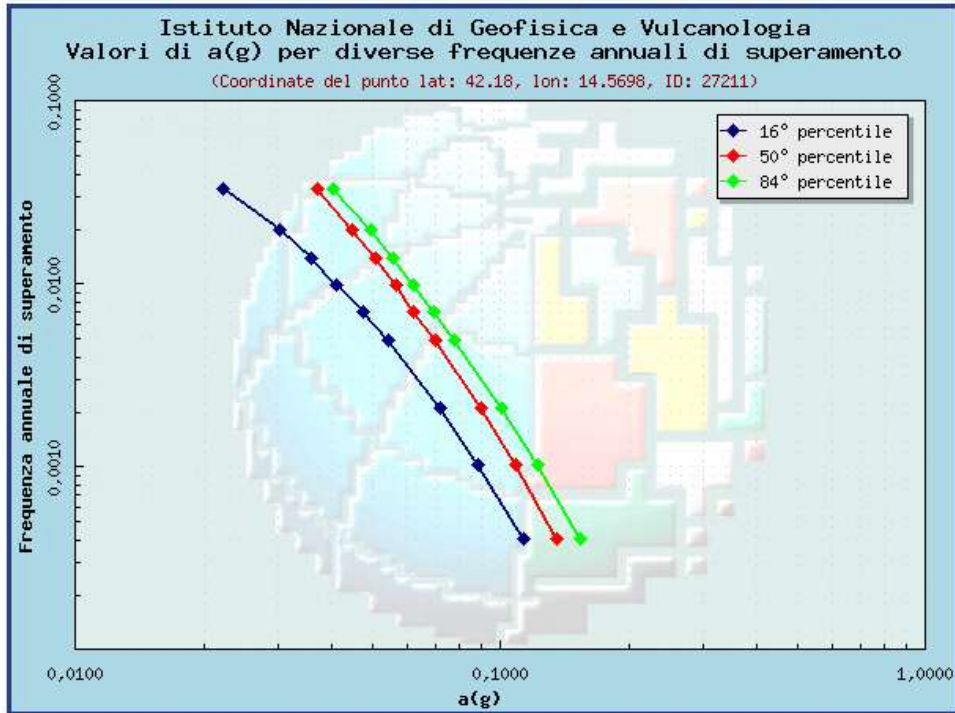


Figura 5: Particolare della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale riportata nella pagina precedente,

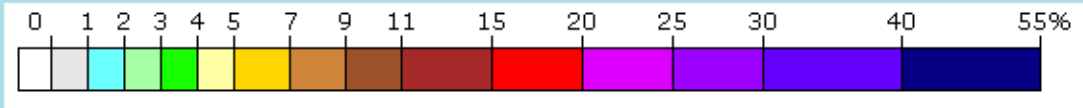
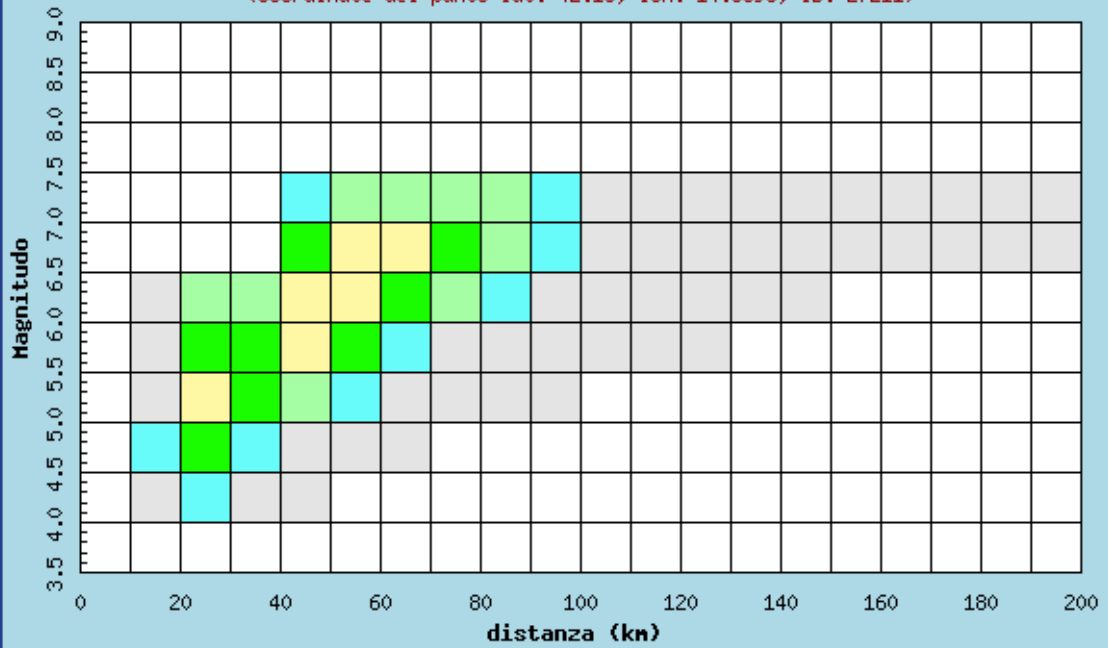
tratta da <http://esse1-gis.mi.ingv.it>



Frequenza annuale di superamento	$a(g)$ (Coordinate del punto lat: 42.18, lon: 14.5698, ID: 27211)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1129	0.1356	0.1533
0.0010	0.0886	0.1084	0.1218
0.0021	0.0719	0.0897	0.1003
0.0050	0.0542	0.0702	0.0778
0.0071	0.0475	0.0626	0.0697
0.0099	0.0411	0.0565	0.0623
0.0139	0.0356	0.0508	0.0558
0.0200	0.0301	0.0447	0.0494
0.0333	0.0223	0.0371	0.0403

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
 Disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilita' di eccedenza  
 del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 42.18, lon: 14.5698, ID: 27211)



Contributo percentuale alla pericolosita'

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.18, lon: 14.5698, ID: 27211)										
	Magnitudo										
	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.398	1.080	0.987	0.723	0.368	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.210	3.930	4.450	3.940	2.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.348	1.920	3.040	3.430	2.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.005	0.622	2.570	4.130	4.440	3.050	1.370	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.046	1.240	3.210	4.370	4.230	2.290	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.001	0.307	1.950	3.460	4.200	2.790	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.035	0.939	2.380	3.440	2.620	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.004	0.336	1.510	2.620	2.270	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.798	1.670	1.590	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.294	0.798	0.808	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.124	0.502	0.498	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.048	0.330	0.329	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.217	0.226	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.134	0.155	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.074	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.042	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.028	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.019	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.130	54.800	1.580

Nelle tabelle precedenti sono riportati i dati di disaggregazione relativi al quadrante più rappresentativo del sito in esame.

La “pericolosità sismica di base”, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione dell’ azione sismica di sito che, in riferimento alle Norme Tecniche, è definita sulla base delle sue coordinate di latitudine e longitudine.

Nelle pagine seguenti vengono evidenziati i parametri sismici di riferimento calcolati per il sito in esame utilizzando il software PS della Geostru.



Figura 6 Maglia di riferimento per la definizione della pericolosità sismica di base

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42,1773300 [°]  
 Longitudine (WGS84): 14,5409288 [°]  
 Latitudine (ED50): 42,1782990 [°]  
 Longitudine (ED50): 14,5418119 [°]



Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	27210	42,180580	14,502330	3263,23
2	27211	42,179980	14,569770	2311,33
3	27433	42,129980	14,568950	5819,85
4	27432	42,130590	14,501520	6258,88

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,039	2,527	0,286
SLD	50	0,047	2,519	0,325
	72	0,054	2,574	0,342
	101	0,060	2,629	0,357
	140	0,067	2,621	0,375
	201	0,075	2,614	0,415
SLV	475	0,097	2,694	0,450
SLC	975	0,119	2,731	0,506
	2475	0,153	2,817	0,525

### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,037	2,524	0,285
SLD	50	0,045	2,527	0,326
	72	0,051	2,575	0,346
	101	0,057	2,628	0,363
	140	0,063	2,610	0,401
	201	0,070	2,640	0,424
SLV	475	0,090	2,736	0,462
SLC	975	0,108	2,806	0,522
	2475	0,136	2,930	0,547

### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,038	2,525	0,287
SLD	50	0,046	2,531	0,327
	72	0,052	2,587	0,346
	101	0,058	2,639	0,363
	140	0,065	2,601	0,404

	201	0,073	2,638	0,424
SLV	475	0,093	2,732	0,461
SLC	975	0,113	2,797	0,522
	2475	0,145	2,853	0,546

#### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,529	0,288
SLD	50	0,049	2,523	0,325
	72	0,055	2,581	0,341
	101	0,062	2,624	0,357
	140	0,069	2,622	0,374
	201	0,078	2,619	0,414
SLV	475	0,101	2,692	0,450
SLC	975	0,124	2,723	0,507
	2475	0,158	2,815	0,528

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,038	2,526	0,286
SLD	50	0,046	2,525	0,326
SLV	475	0,094	2,717	0,457
SLC	975	0,115	2,771	0,515

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1,000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

#### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,025	0,041
kv	0,005	0,006	0,013	0,021
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,561	0,682	1,385	1,685
Beta	0,180	0,180	0,180	0,240

#### Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

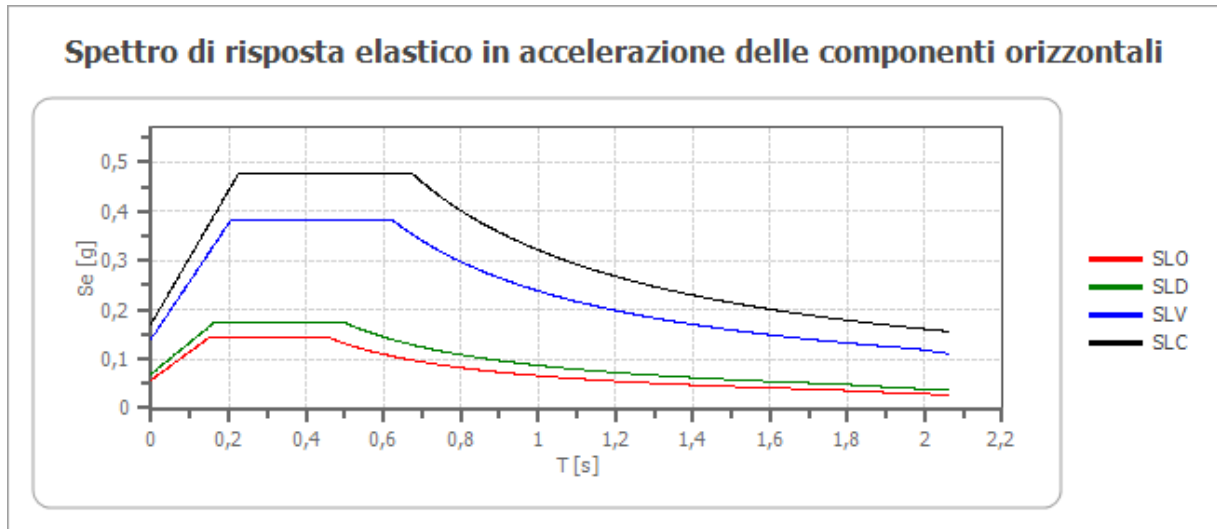
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,037	0,045	0,092	0,112
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,561	0,682	1,385	1,685

Beta	0,650	0,650	0,650	0,650
------	-------	-------	-------	-------

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,028	0,041
kv	0,006	0,007	0,014	0,021
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,561	0,682	1,385	1,685
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

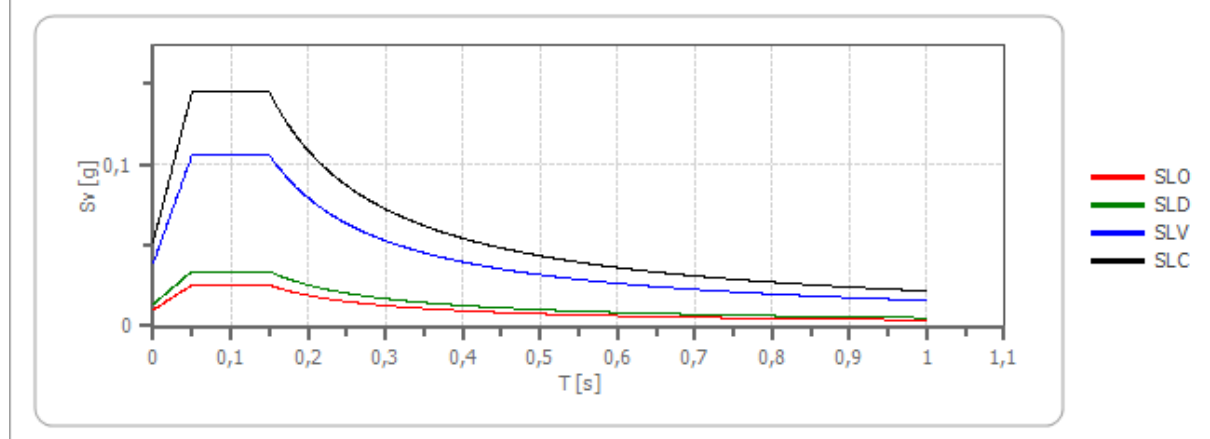


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,038	2,526	0,286	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,152	0,455	1,753	0,057	0,144
SLD	1,0	0,046	2,525	0,326	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,165	0,495	1,785	0,070	0,176
SLV	1,0	0,094	2,717	0,457	1,500	1,360	1,000	1,500	1,000	0,207	0,621	1,976	0,141	0,384
SLC	1,0	0,115	2,771	0,515	1,500	1,310	1,000	1,500	1,000	0,225	0,675	2,058	0,172	0,476

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



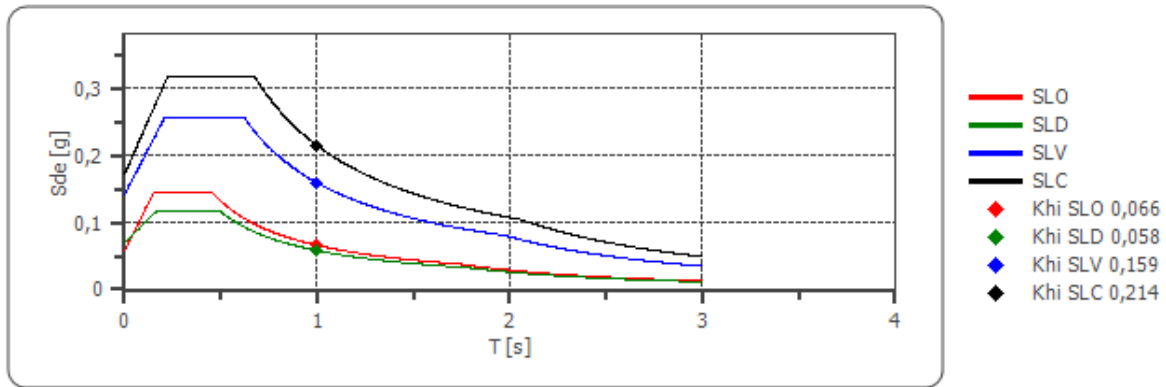
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,038	2,526	0,286	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,025
SLD	1,0	0,046	2,525	0,326	1	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,034
SLV	1,0	0,094	2,717	0,457	1	1,360	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,039	0,106
SLC	1,0	0,115	2,771	0,515	1	1,310	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,052	0,145

### Spettro di progetto

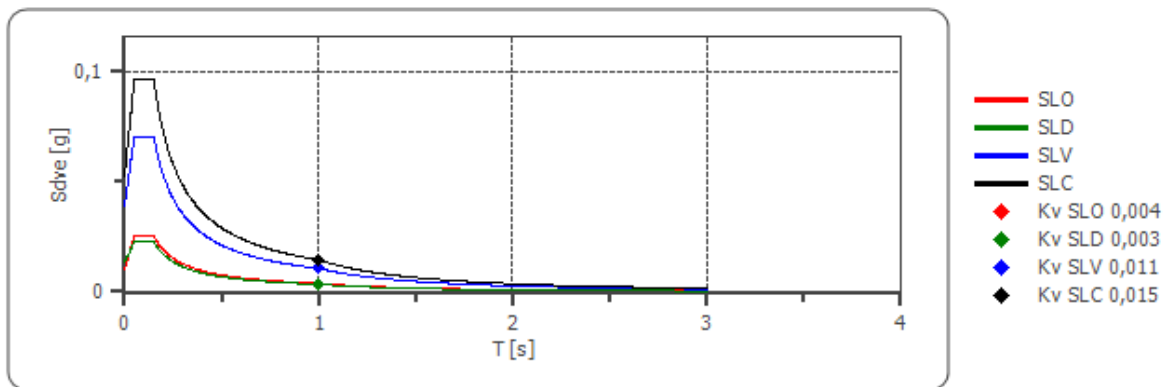
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1,50  
 Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1,50  
 Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
k <sub>hi</sub> = S <sub>de</sub> (T) Orizzontale [g]	0,066	0,058	0,159	0,214
k <sub>kv</sub> = S <sub>dve</sub> (T) Verticale [g]	0,004	0,003	0,011	0,015

### Spettro di progetto delle componenti orizzontali



### Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,038	2,526	0,286	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,152	0,455	1,753	0,057	0,144
SLO verticale	1,0	0,038	2,526	0,286	1,500	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,025
SLD orizzontale	1,0	0,046	2,525	0,326	1,500	1,520	1,000	1,500	1,500	0,165	0,495	1,785	0,070	0,117
SLD verticale	1,0	0,046	2,525	0,326	1,500	1,520	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,013	0,023
SLV orizzontale	1,0	0,094	2,717	0,457	1,500	1,360	1,000	1,500	1,500	0,207	0,621	1,976	0,141	0,256
SLV verticale	1,0	0,094	2,717	0,457	1,500	1,360	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,039	0,071
SLC orizzontale	1,0	0,115	2,771	0,515	1,500	1,310	1,000	1,500	1,500	0,225	0,675	2,058	0,172	0,317
SLC verticale	1,0	0,115	2,771	0,515	1,500	1,310	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,052	0,097

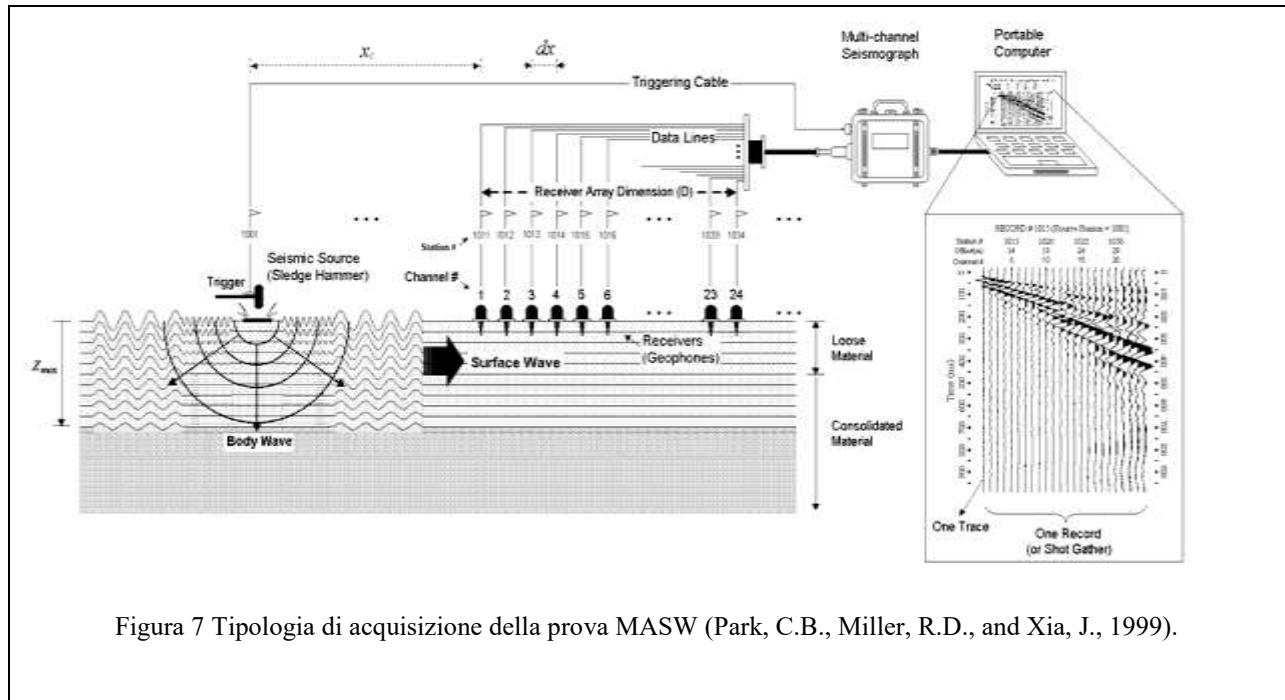
Al fine della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per tale definizione si può procedere in modo semplificato individuando le categorie di sottosuolo di riferimento (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni), la classificazione proposta dalla normativa di riferimento è riportato di seguito:

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

Nelle definizioni precedenti la classificazione si effettua in base alla velocità equivalente  $V_{S30}$  di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

## 8.5 INDAGINE SISMICA MASW

Ai fini della caratterizzazione sismica del suolo, è stata effettuata una prospezione sismica con metodologia MASW.



Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW *attivo* che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità. Il metodo passivo è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi.

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area, è stata eseguita una prospezione sismica MASW, con uno stendimento geofonico di 50 m.

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo del sismografo a 24 canali DOREMI della ditta SARA, strumento progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor) - M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) - S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

## Acquisitore DOREMI Sara electronics

### Caratteristiche tecniche

#### Architettura

Classe strumentale:	sismografo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete:	1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta:	255
Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo):	80x55x18 mm
Peso:	250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo:	4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

#### Campionamento

Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria:	ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

#### Dinamica del sistema

Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB

#### Alimentazione

Tensione di alimentazione:	10-15VdC
Consumo:	
Unità di testa:	20mA
Per Canale:	40mA
Consumo totale 12 canali:	510mA

#### Convertitore A/D

Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB

#### Preamplificatore

Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Diafonia (crosstalk):	non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

Figura 8 Caratteristiche dell'acquisitore usato per la campagna di acquisizione del segnale

La gestione dell'apparecchiatura è integrata nell'interfaccia grafica con un computer, che gestisce le operazioni.

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 8 kg che



batte su una piastra circolare in alluminio posta in prossimità del primo geofono dello stendimento alla distanza di 6 m.

Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (4.5Hz), posizionati lungo il profilo di indagine con interdistanza di 2.0 m.

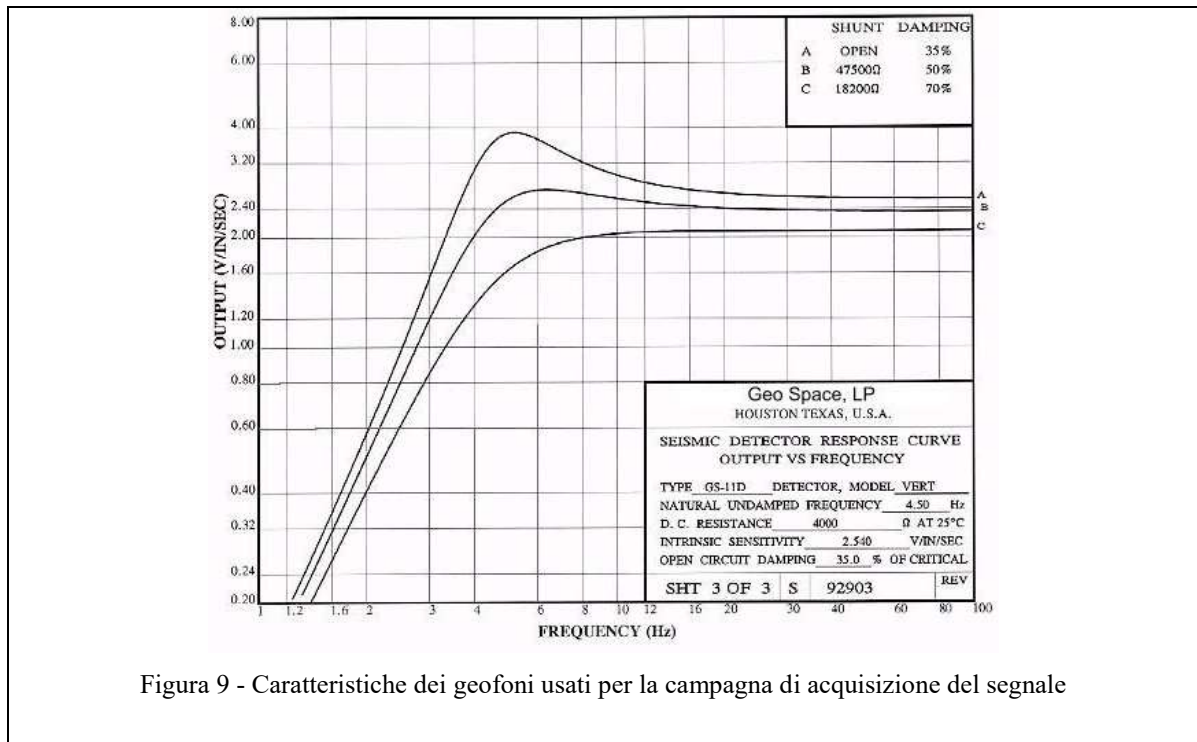


Figura 9 - Caratteristiche dei geofoni usati per la campagna di acquisizione del segnale

La lunghezza complessiva dello stendimento è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni di sedime fino alla profondità di circa 30 m dal p.c.

Le acquisizioni dei segnali sono state effettuate con frequenza di campionamento 2000HZ.

Con una lunghezza di 2 secondi e un periodo di 500μs (passo di campionamento).



Foto n. 1 - Stendimento MASW

#### 8.5.1 *Analisi dei dati*

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma EASYMASW della GEOSTRU che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione.

Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono di seguito riportati.

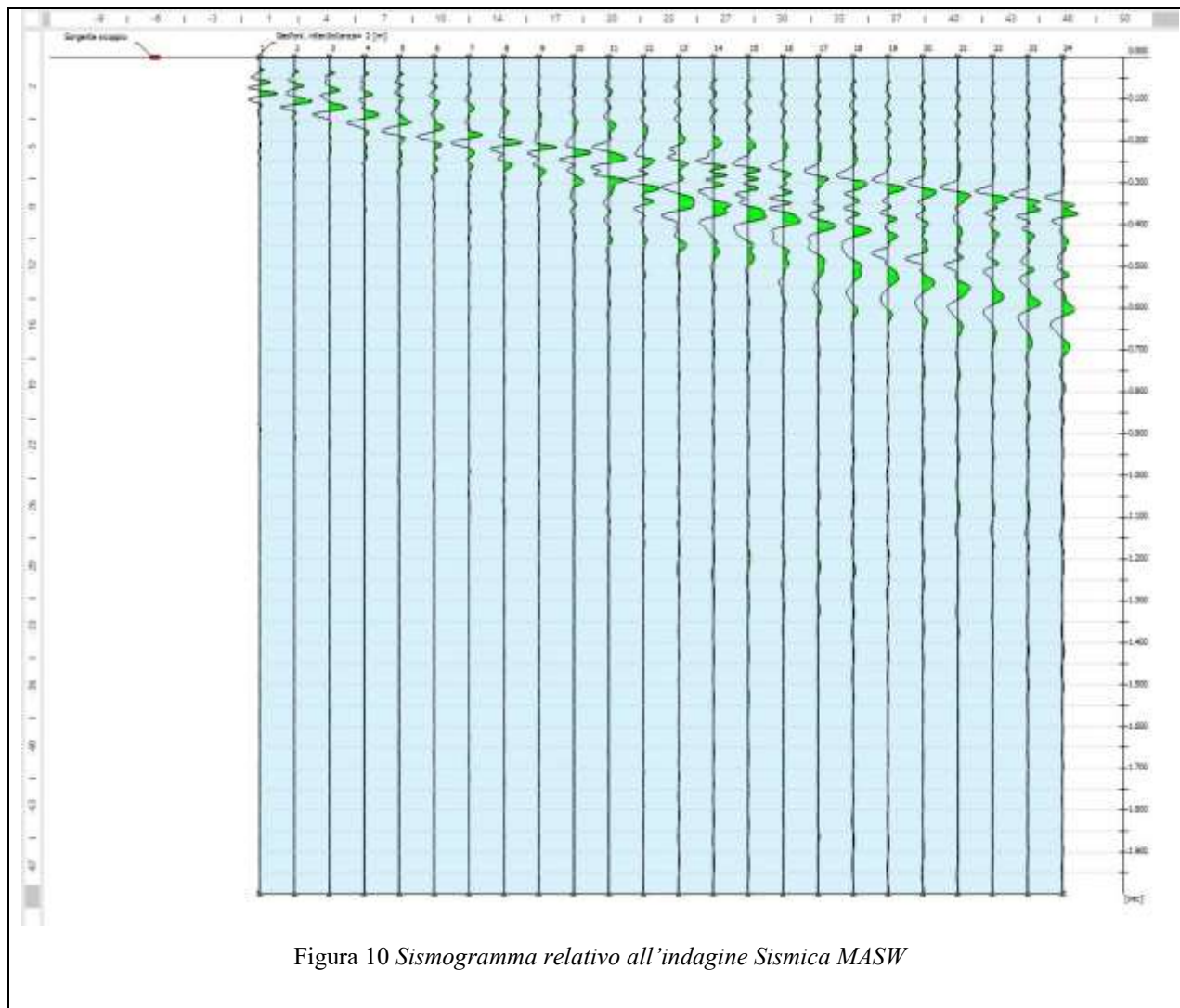


Figura 10 Sismogramma relativo all'indagine Sismica MASW

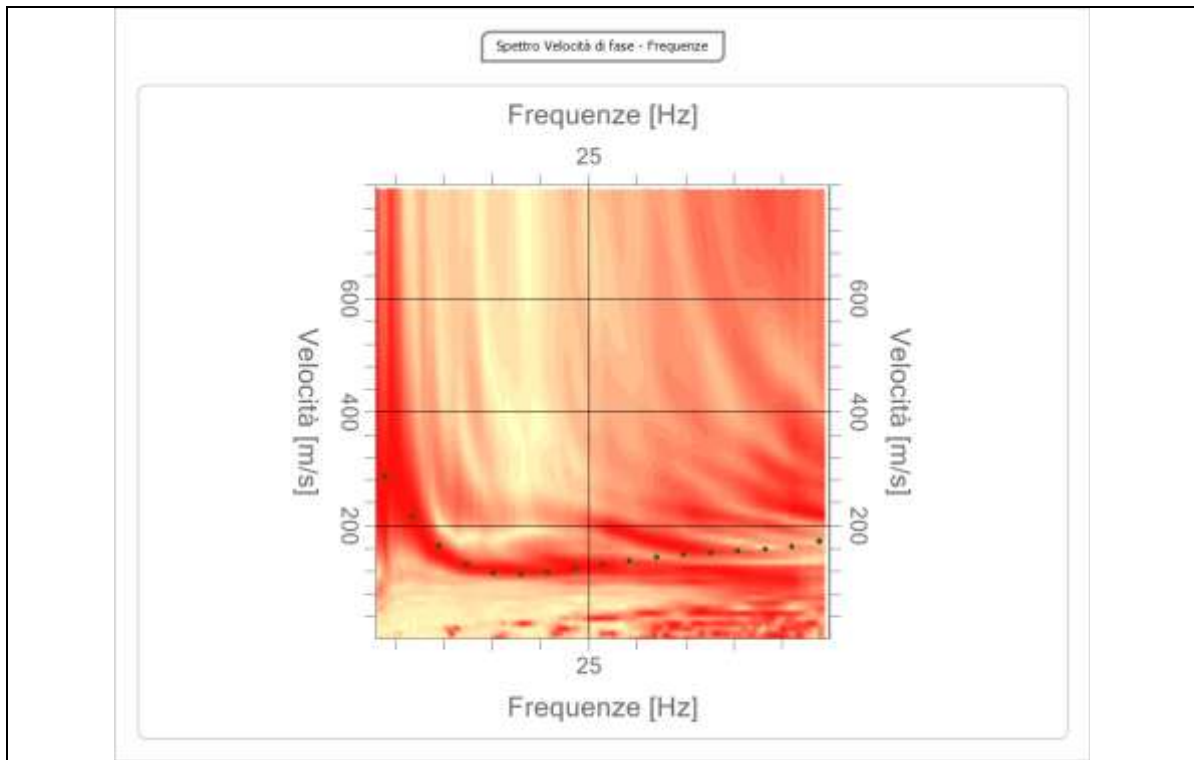


Figura 11 *Spettro f-k 2D*

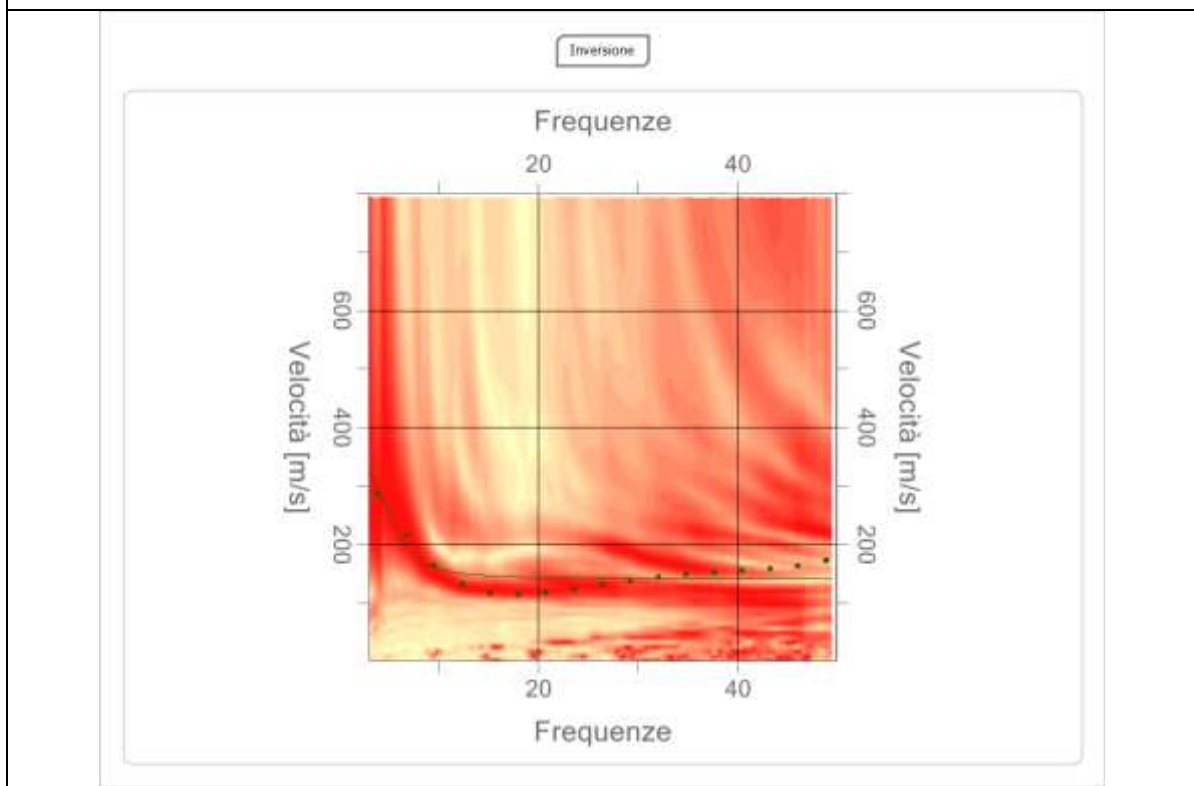
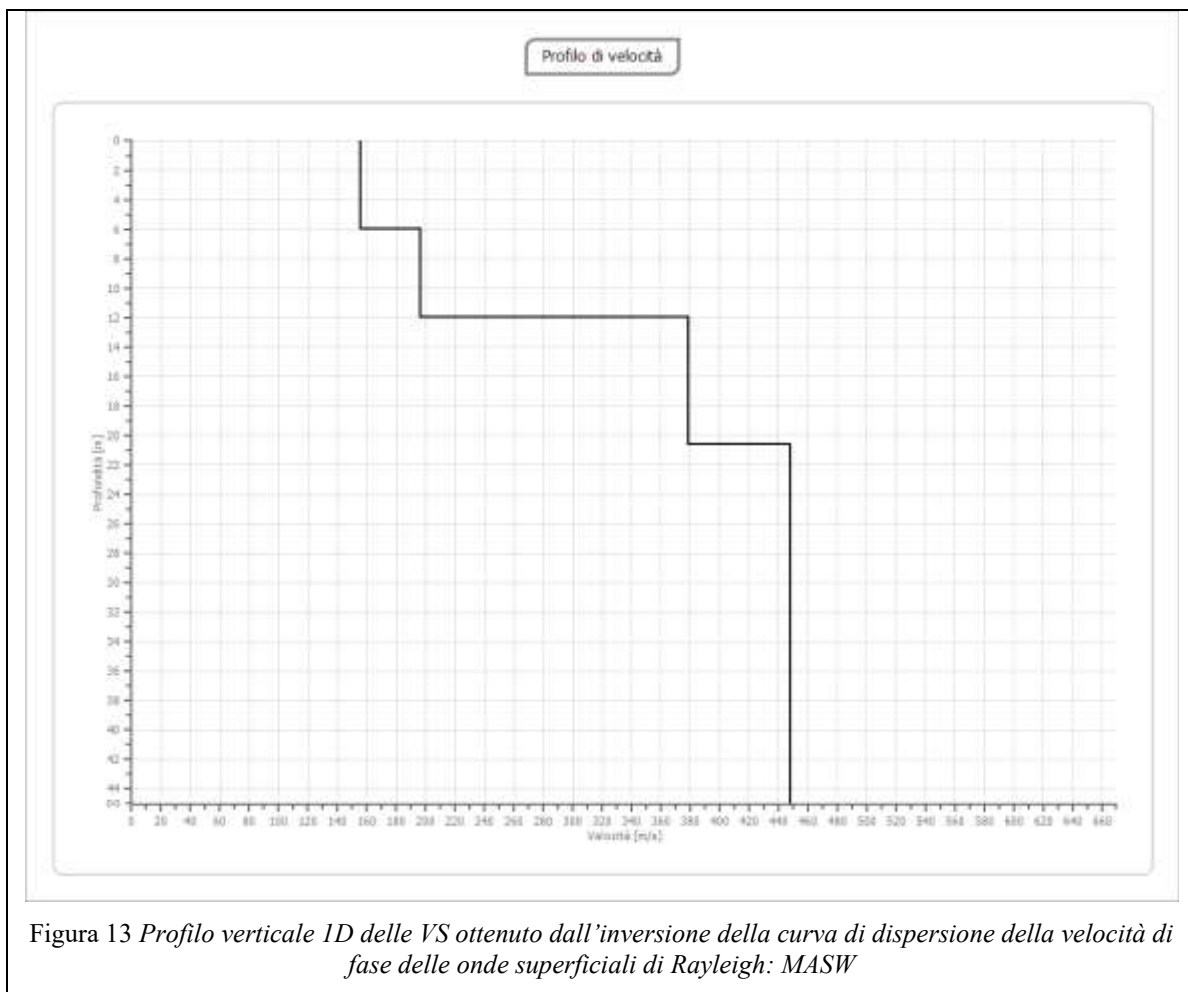


Figura 12 *Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh da prospezione MASW*



Dal profilo della figura di cui sopra è possibile osservare che i valori medi delle Vs possono oscillare lungo il profilo come è evidenziato dalla sismo stratigrafia.

### 8.5.2 Riepilogo dei dati

Offset scoppio (m) : 6  
 Numero di canali : 24  
 Interdistanza (m) : 2.0  
 Passo di campionamento: 500  $\mu$ s  
 Finestra di frequenza min (Hz) : 3  
 Finestra di frequenza max (Hz) : 50  
 Profondità iniziale di calcolo (m): 0  
 Profondità finale di calcolo (m) : 30

## 8.6 Definizione della $V_{s30}$ e classificazione del suolo

Dalla elaborazione dei dati ricavati dalle prove eseguite si ottiene il valore  $V_{s30}$  da cui è possibile ricavare LA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	6	6	1800.0	0.20	No	253.7	155.4
2	12	6	1800.0	0.20	No	321.0	196.6
3	20.59	8.59	1800.0	0.20	No	617.7	378.3
4	oo	oo	1800.0	0.20	No	731.8	448.1

Percentuale di errore 3.451 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.175

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo  
 $V_i$  = Velocità dell'onda di taglio i-esima  
 $N$  = Numero di strati

$$V_{s30} = 265 \text{ m/s}$$

In base alle indagini effettuate, per quanto riguarda il terreno di fondazione si può considerare che nel sito sia di **categoria C**: “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360*”.

## 8.7 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il sito di nostro interesse può essere classificato come categoria **T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .**

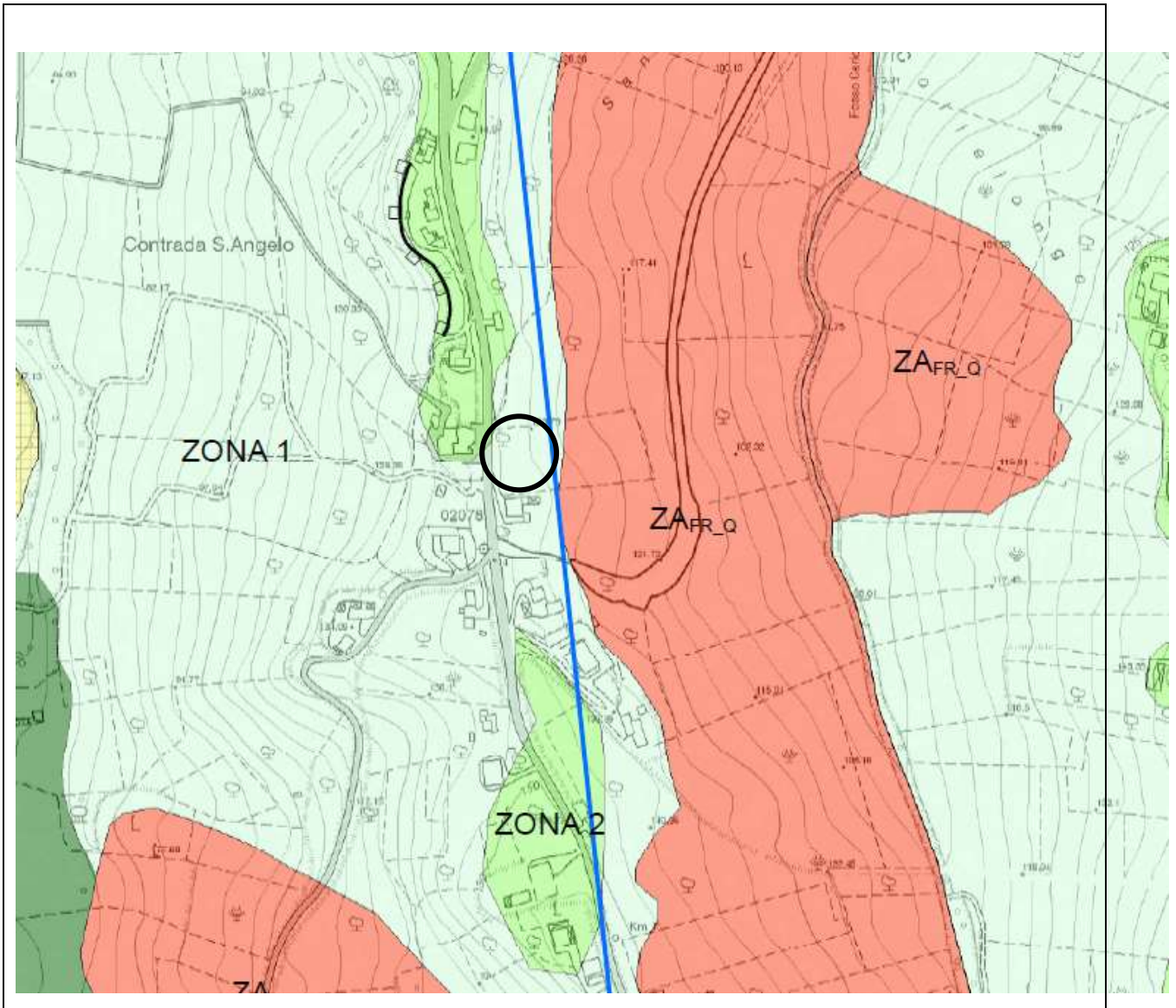
## 9 MICROZONAZIONE SISMICA ED EFFETTI SISMOINDOTTI

Le NTC 2008 prevedono, in caso di zona sismica, di valutare gli effetti sismoindotti dall'evento sismico. Tali eventi possono essere: la riattivazione di movimenti franosi a seguito dello scuotimento o l'innescio di fenomeni di liquefazioni in caso di presenza di terreni sabbiosi saturi entro 20 metri di profondità e con falda posta a profondità inferiore a 15 metri dal piano campagna.

Tale verifica non è stata condotta in quanto non siamo in presenza di aree interessate da frane e, anche se presente una falda alla profondità di circa 4 metri, i terreni presenti hanno una importante frazione limosa tale da escludere fenomeni di liquefazione.

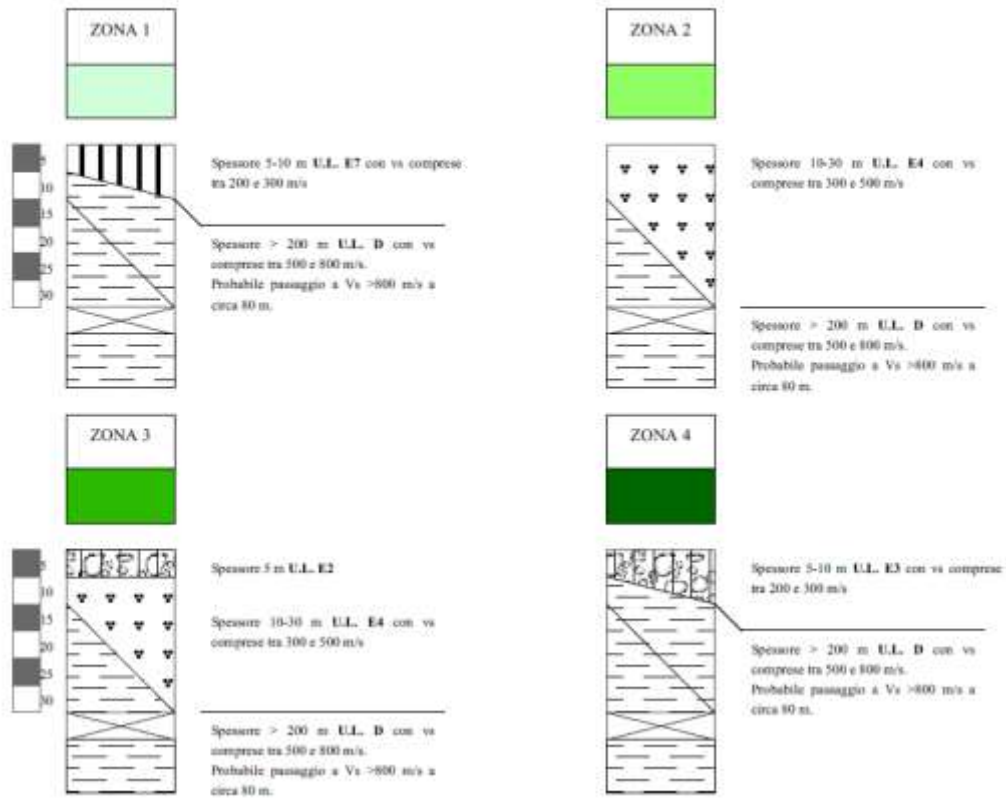
Il regolamento attuativo della legge regionale n. 28/2011, all'art. 3 c. 2 lett. h prevede bisogna tenere in considerazione le indicazioni contenute nella carta delle MOPS degli studi di microzonazione Sismica, ove presenti.

Lo studio di MZS del comune di Torino di Sangro, validato dalla Regione Abruzzo è riportato in stralcio alla figura seguente.

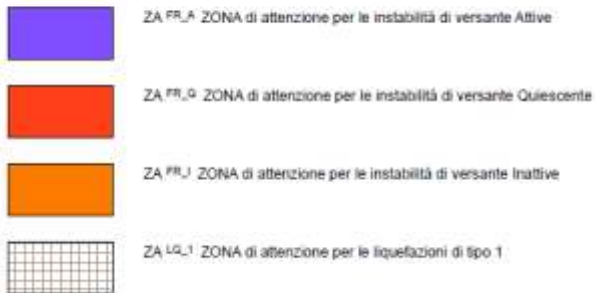




## ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



## ZONE DI ATTENZIONE



Allegato 1 Stralcio Carta delle MOPS dello studio MZS di I livello del comune di Torino di Sangro

L'esame delle tavole delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica mostra che il sito è ubicato all'interno di una zona stabile, suscettibile di amplificazione per stratigrafia, classificata come zona 1.

## 10 CONCLUSIONI

Il rilevamento geologico, e l'esame delle indagini effettuate hanno permesso di ricostruire il modello geologico dell'area e in particolare del sito oggetto dell'intervento.

Il sottosuolo del sito, al di sotto del terreno di riporto, è caratterizzato, dalla presenza di 2 **ORIZZONTI GEOLOGICI**, ben distinti con caratteristiche geologiche tali da poter essere considerati omogenei.

Questi orizzonti sono i seguenti:

- **ORIZZONTE B: Terreno superficiale alterato.**
- **ORIZZONTE C: Limi argilloso-sabbiosi.**

Durante l'esecuzione delle prove non è stata rilevata la presenza di falda.

Dal punto di vista morfologico non è stata rilevata la presenza di fenomeni di dissesto antichi né in atto o potenziali, l'area non rientra nelle zone di pericolosità cartografate nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo.

L'area rientra in una zona sismica 3 secondo la classificazione adottata dalla Regione Abruzzo e in una zona con accelerazione massima al suolo compresa tra 0,075 e 0,100 g secondo la classificazione dell'INGV Gruppo di lavoro MPS 04.

Per la risposta sismica locale si è scelto di seguire la procedura semplificata definendo le categorie del suolo di fondazione secondo le velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri (VS30), tali velocità sono state definite mediante la realizzazione di indagini sismiche MASW. Le Vs30 calcolate sono pari a 261 m/s per cui il sottosuolo può essere classificato come Categoria C.

Nello studio di Microzonazione sismica l'area rientra in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (Zona 1).

**Le opere in progetto e la variazione dello strumento urbanistico sono compatibili con le caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio.**

Si resta a disposizione per qualsiasi chiarimento

Lanciano lì 14/07/2021



Dott. Geol. Nicola Labbrozzi

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: PRIORI BENIAMINO  
Descrizione: VARIANTE PRE  
Localita': C.DA SANT'ANGELO

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

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

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

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

### penetrometri in uso in Italia

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

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

### Correlazione con $N_{spt}$

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.

A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

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

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C <sub>s</sub>	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C <sub>d</sub>	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C <sub>r</sub>	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

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

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981). Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,

- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

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

#### **Media**

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

#### **Media minima**

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

#### **Massimo**

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

#### **Minimo**

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

#### **Scarto quadratico medio**

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

#### **Media deviata**

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

#### **Media (+ s)**

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

#### **Media (- s)**

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

#### **Distribuzione normale R.C.**

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

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

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

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

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

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

dove n è il numero di letture.

### Pressione ammissibile

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

### Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

#### Liquefazione

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

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

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

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

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

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

#### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .



- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

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

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

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

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

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

- Classificazione A.G.I. 1977

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

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

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

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

#### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

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

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

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

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

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

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

#### ***Modulo di reazione (K<sub>o</sub>)***

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

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q<sub>c</sub>)***

- Robertson (1983) - Q<sub>c</sub>

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### ***Coesione non drenata***

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

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

- Robertson (1983) -  $Q_c$

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

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

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

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

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

**Peso di Volume**

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

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**PROVA ...DPSH 1**

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 23-06-2021

Profondita' prova 11.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	5	0.855	44.90	52.54	2.24	2.63
0.40	8	0.851	71.51	84.06	3.58	4.20
0.60	5	0.847	40.84	48.22	2.04	2.41
0.80	5	0.843	40.66	48.22	2.03	2.41
1.00	3	0.840	24.29	28.93	1.21	1.45
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	4	0.833	32.13	38.57	1.61	1.93
1.60	4	0.830	29.57	35.64	1.48	1.78
1.80	3	0.826	22.09	26.73	1.10	1.34
2.00	4	0.823	29.34	35.64	1.47	1.78
2.20	5	0.820	36.54	44.55	1.83	2.23
2.40	4	0.817	29.13	35.64	1.46	1.78
2.60	2	0.814	13.49	16.56	0.67	0.83
2.80	3	0.811	20.16	24.85	1.01	1.24

3.00	4	0.809	26.79	33.13	1.34	1.66
3.20	4	0.806	26.70	33.13	1.34	1.66
3.40	3	0.803	19.96	24.85	1.00	1.24
3.60	3	0.801	18.59	23.21	0.93	1.16
3.80	4	0.798	24.70	30.94	1.24	1.55
4.00	4	0.796	24.63	30.94	1.23	1.55
4.20	4	0.794	24.56	30.94	1.23	1.55
4.40	4	0.791	24.49	30.94	1.22	1.55
4.60	3	0.789	17.18	21.77	0.86	1.09
4.80	3	0.787	17.14	21.77	0.86	1.09
5.00	3	0.785	17.09	21.77	0.85	1.09
5.20	5	0.783	28.41	36.28	1.42	1.81
5.40	5	0.781	28.34	36.28	1.42	1.81
5.60	5	0.779	26.62	34.17	1.33	1.71
5.80	4	0.777	21.25	27.34	1.06	1.37
6.00	5	0.775	26.50	34.17	1.32	1.71
6.20	5	0.774	26.44	34.17	1.32	1.71
6.40	5	0.772	26.38	34.17	1.32	1.71
6.60	5	0.770	24.87	32.29	1.24	1.61
6.80	5	0.769	24.82	32.29	1.24	1.61
7.00	5	0.767	24.77	32.29	1.24	1.61
7.20	5	0.766	24.72	32.29	1.24	1.61
7.40	5	0.764	24.67	32.29	1.23	1.61
7.60	5	0.763	23.34	30.60	1.17	1.53
7.80	5	0.761	23.30	30.60	1.16	1.53
8.00	5	0.760	23.26	30.60	1.16	1.53
8.20	5	0.759	23.22	30.60	1.16	1.53
8.40	5	0.757	23.18	30.60	1.16	1.53
8.60	6	0.756	26.39	34.90	1.32	1.75
8.80	5	0.755	21.95	29.09	1.10	1.45
9.00	4	0.753	17.53	23.27	0.88	1.16
9.20	4	0.752	17.51	23.27	0.88	1.16
9.40	5	0.751	21.85	29.09	1.09	1.45
9.60	4	0.750	16.63	22.17	0.83	1.11
9.80	4	0.749	16.60	22.17	0.83	1.11
10.00	4	0.748	16.58	22.17	0.83	1.11
10.20	5	0.747	20.69	27.71	1.03	1.39
10.40	6	0.746	24.79	33.25	1.24	1.66
10.60	5	0.744	19.70	26.46	0.98	1.32
10.80	5	0.743	19.67	26.46	0.98	1.32
11.00	6	0.742	23.57	31.75	1.18	1.59

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	5.75	58.26	Incoerente - coesivo	0	1.92	2.11	0.08	1.47	8.45	terreno vegetale
11	4.35	30.04	Incoerente - coesivo	0	1.83	1.89	1.09	1.47	6.39	limo

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1**

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann (1975)	SUN DA (1983) Bensas e Vanelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	0.57	1.06	0.00	0.34	0.83	1.75	0.75	1.07	0.42	1.40	1.06
[2] - limo	6.39	11.00	0.40	0.80	0.00	0.26	0.62	0.90	0.57	0.91	0.32	0.00	0.80

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	38.77	--	87.98	105.63
[2] - limo	6.39	11.00	29.32	--	66.97	79.88

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	76.78	84.50
[2] - limo	6.39	11.00	53.09	63.90

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - limo	6.39	11.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	Meyerhof	1.92
[2] - limo	6.39	11.00	Meyerhof	1.83

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	Meyerhof	2.11
[2] - limo	6.39	11.00	Meyerhof	1.89

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	35.92	69.26	93	29.46
[2] - limo	6.39	11.00	15.98	39.71	40.64	24.45

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	8.45	29.41	22.41	30.37	34.03	33.07	0	<30	26.26	29.53	26.8	28
[2] - limo	6.39	11.00	6.39	28.83	21.83	29.79	27.82	32.25	0	<30	24.79	28.92	21.9	26.3

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	8.45	---	67.60	100.41	---	---
[2] - limo	6.39	11.00	6.39	---	51.12	---	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	8.45	---	44.82	59.99	75.69
[2] - limo	6.39	11.00	6.39	---	40.59	45.37	66.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	8.45	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - limo	6.39	11.00	6.39	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO



## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	8.45	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[2] - limo	6.39	11.00	6.39	Terzaghi-Peck 1948	1.43

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	8.45	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[2] - limo	6.39	11.00	6.39	Terzaghi-Peck 1948	1.89

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - terreno vegetale	8.45	0.80	8.45	(A.G.I.)	0.34
[2] - limo	6.39	11.00	6.39	(A.G.I.)	0.34

