

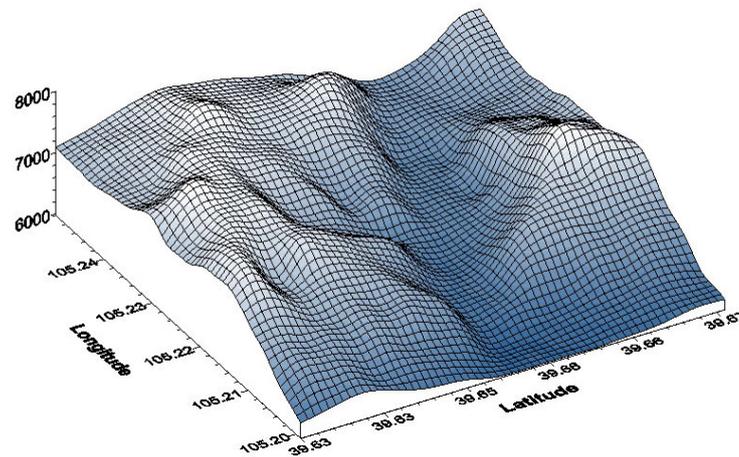
Dott. Geol. Giovanni Barone  
Via Piane, 34 66010 Giuliano Teatino (CH)  
Tel-fax. 0871.718613 mob. 338.7404669  
E-mail: giovannibarone74@yahoo.it

**COMUNE DI FRANCAVILLA AL MARE  
PROVINCIA DI CHIETI**

**COMMITTENTE:  
AGENZIA FUNEBRE BAROBONE SRL  
Via Nazionale Adriatica Nord n. 36  
66023 Francavilla al Mare (CH)**

***LAVORI DI COMPLETAMENTO E CAMBIO DI DESTINAZIONE D'USO PER REALIZZAZIONE DI  
CASA FUNERARIA E DEL COMMIATO DEL FABBRICATO SITO ALLA VIA ADRIATICA NORD***

**(I 1) RELAZIONE GEOLOGICA  
(I 2) RELAZIONE SULLE INDAGINI E MODELLAZIONE SISMICA**



Dott. Geol. Giovanni Barone

## Sommario

<b>1.0</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.0</b>	<b>UBICAZIONE E ACCESSIBILITA' DEL SITO.....</b>	<b>4</b>
<b>3.0</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>5</b>
<b>4.0</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>8</b>
4.1	ANALISI CARTOGRAFICA PIANO DI BACINO (P.A.I.), PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI (P.S.D.A.) 10	
4.2	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	12
<b>5.0</b>	<b>RISULTATI DELLE INDAGINI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEL SITO.....</b>	<b>13</b>
5.1	PROVE PENETROMETRICHE .....	14
5.2	PROVA SISMICA ATTIVA TIPO MASW-ReMi .....	18
5.3	MICROZONAZIONE SISMICA .....	24
<b>6.0</b>	<b>SISMICITA'.....</b>	<b>25</b>
6.1	ZONAZIONE E CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	27
6.2	SISMO-TETTONICA E LINEAMENTI SISMICI ATTIVI.....	38
6.3	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	40
6.4	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO.....	43
<b>7.0</b>	<b>PROFILO STRATIGRAFICO E INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI SITO.....</b>	<b>45</b>
7.1	VERIFICA ALIQUFEAZIONE DEI TERRENI .....	49
<b>8.0</b>	<b>SINTESI DEI DATI E RACCOMANDAZIONI.....</b>	<b>61</b>

## Allegati

1. Elaborati delle indagini condotte

## 1.0 PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Giovanni Barone, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Abruzzo con il n. 356, ha ricevuto incarico dalla ditta AGENZIA FUNEBRE BAROBONE SRL CF - P.IVA 0267970696, di redigere una relazione geologica, sismica e sulle indagini a corredo dei "LAVORI DI COMPLETAMENTO E CAMBIO DI DESTINAZIONE D'USO PER REALIZZAZIONE DI CASA FUNERARIA E DEL COMMiato DEL FABBRICATO SITO ALLA VIA ADRIATICA NORD", nel territorio comunale di Francavilla al Mare (CH).

Lo studio è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute: nella 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 sismiche*);

- nella Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 2 febbraio 2009, n. 617 (*Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008*);
- nel Decreto Ministeriale delle Infrastrutture 17 gennaio 2018 (*Norme Tecniche per le Costruzioni*);
- nell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 (*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*);
- nell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*).

Esso si propone di fornire indicazioni sulla caratterizzazione e la modellazione geologica e sismica del sito nonché di evidenziare la presenza di eventuali elementi di pericolosità geologica all'interno dello stesso.

Al fine di definire le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area di intervento, e caratterizzare dal punto di vista stratigrafico e sismico i terreni ivi presenti, è stata adottata la seguente metodologia di indagine:

1. acquisizione di dati bibliografici e notizie inerenti i terreni dell'area in esame;
2. rilievo geologico-geomorfologico di superficie ed interpretazione degli indizi geomorfici ivi presenti;
3. realizzazione di n. 1 prova penetrometrica dinamica (DPSH) e n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT), realizzate con penetrometro statico-dinamico modello Pagani TG 63-200 kN;
4. realizzazione di n. 1 indagine sismica congiunta tipo MASW-Re.Mi al fine di valutare il parametro  $V_s$  equivalente;
5. elaborazione ed interpretazione dei dati ottenuti e scrittura della presente relazione

## 2.0 UBICAZIONE E ACCESSIBILITA' DEL SITO

L'area oggetto d'indagine ricade nel settore Orientale della Regione Abruzzo all'interno del territorio comunale di Francavilla al Mare (CH).

Il sito d'interesse si ubica ad una latitudine di  $42.426123^\circ$  N e longitudine di  $14.274145^\circ$  E, in Via Adriatica Nord, a Ovest del Porticciolo sito sul lungomare all'altezza della foce del Fiume Alento.

Cartograficamente risulta compreso all'interno della Tavoletta 351 Tavola Est della Carta Topografica dell'I.G.M. alla scala 1:25.000 (Fig. 2.1), ed identificato in catasto dalla particella n° 5047 – Foglio di Mappa n. 9 del Comune di Francavilla al Mare.

L'area di studio è riportata nella foto aerea di figura 2.2.

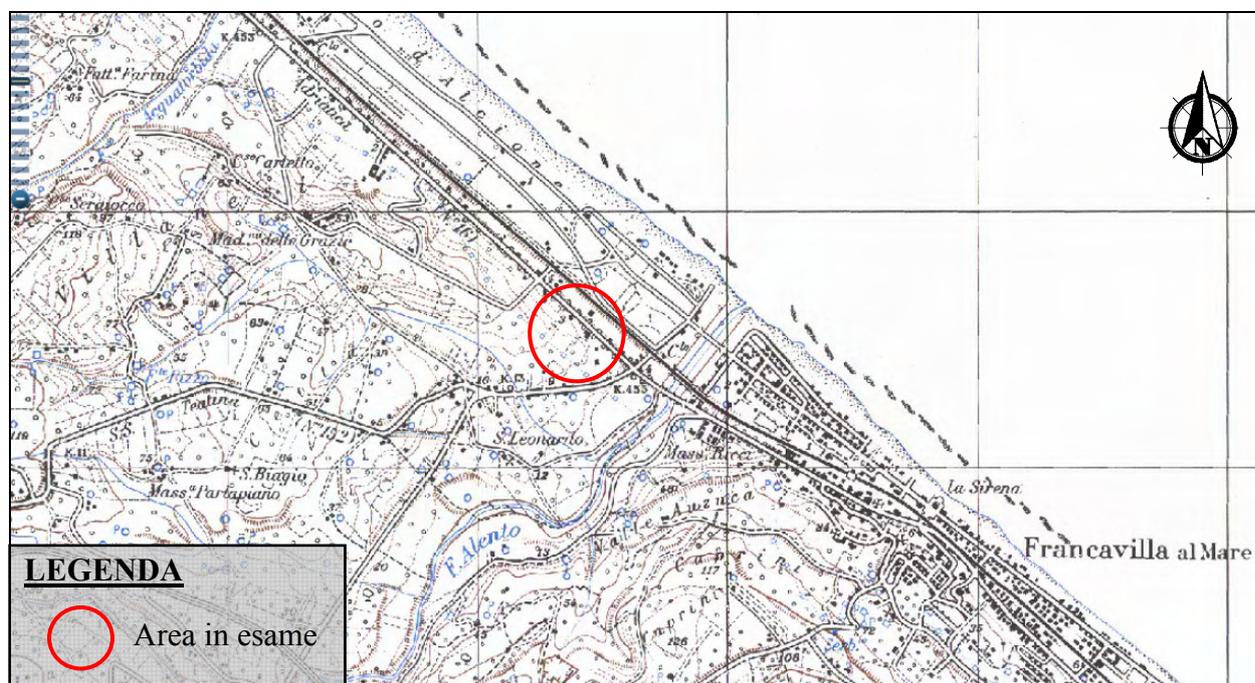


Figura 2.1: – Stralcio della Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000 con ubicazione dell'area di studio cerchiata in rosso - (Mappa non in scala)

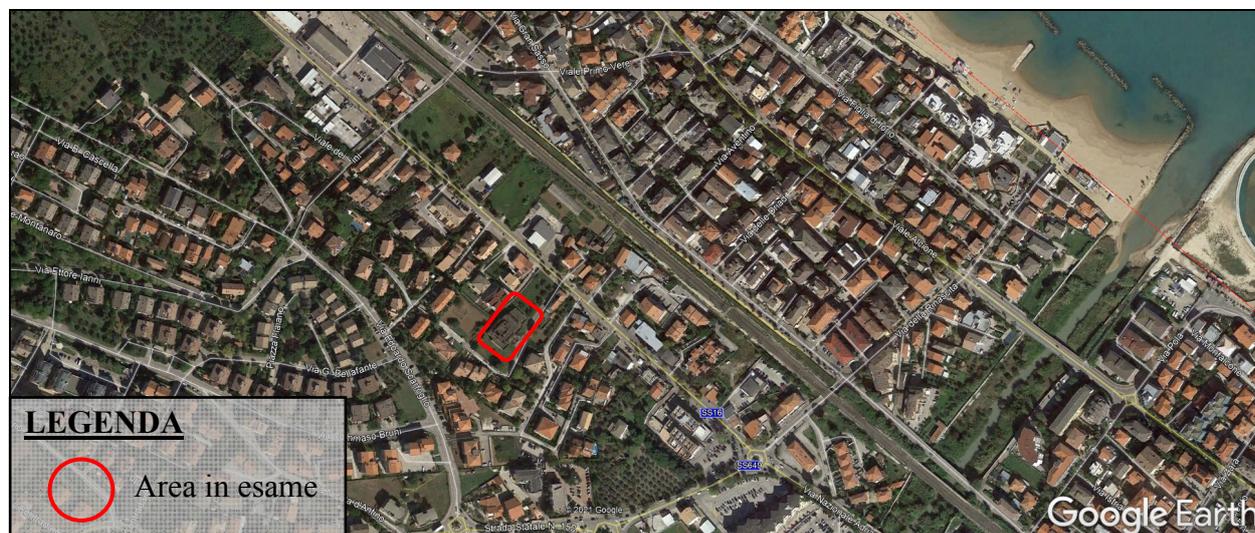


Figura 2.2: – Stralcio di foto aerea non in scala con ubicazione dell'area di studio cerchiata in rosso - (Mappa non in scala)

### 3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Francavilla al Mare risulta compreso all'interno del Foglio Geologico 351 "Pescara" redatta nell'ambito del progetto CARG, restituito alla scala 1:50.000 (figura 3.1).

Il territorio su cui sorge il Comune oggetto della presente ricade geologicamente all'interno del *Dominio di Avanfossa pliocenico – quaternaria*; la successione del Pliocene medio-superiore (3.5 – 1.7 milioni di anni) è costituita da argille più o meno siltose e da episodi sabbiosi costituiti da bancate di sabbia con intercalazioni di piccoli livelli argilloso-siltosi. Tale trend deposizionale prosegue in maniera quasi del tutto identica alla sottostante successione tardo pliocenica, anche nel Pleistocene inferiore (1.7 milioni di anni), con prevalenza di argille grigio-azzurre ed episodi sabbiosi e conglomeratici, con spessori che aumentano procedendo verso le zone più meridionali del bacino (CRESCENTI *et alii* 1980). A partire dalla fine del Pleistocene inferiore (700.000 anni), l'intero bacino periadriatico ha subito gli effetti di un rapido sollevamento generalizzato che ha causato l'interruzione definitiva della sedimentazione marina e la conseguente completa emersione del bacino, producendo inoltre l'attuale assetto monoclinale Est immergente (BIGI *et alii* 1995).

Nello specifico il territorio comunale si caratterizza per la presenza di depositi pleistocenici con una struttura monoclinale, debolmente inclinata verso la costa, che sono costituite, dal basso verso l'alto, da argille limose grigio-azzurre, sabbie e lembi di conglomerati. Il passaggio fra le unità risulta sempre graduale. Le argille sono comunque affioranti solo in piccoli lembi perché sovente ricoperte dai depositi di accumulo delle numerose frane e dal detrito di versante. Più in particolare la successione tipo può essere così schematizzata: le argille grigio-azzurre sono seguite, in continuità stratigrafica, da sabbie gialle a granulometria medio-fine, più raramente grossolana, in strati da decimetrici a metrici. Le sabbie contengono, a più livelli stratigrafici, intercalazioni di lenti di ghiaie e conglomerati con ciottoli di medie e grandi dimensioni, prevalentemente di natura calcarea, con presenza di una scarsa matrice arenacea. Lo spessore delle sabbie è dell'ordine della decina di metri. La successione si chiude, verso l'alto, con depositi ghiaiosi e conglomeratici, con caratteristiche simili ai corpi lenticolari posti più in basso nella serie stratigrafica. All'interno delle ghiaie si rinvengono strati, a geometria lenticolare, di sabbie gialle a granulometria medio-fine e arenarie. La successione mostra un trend *shoaling upward* e si è depositata in ambiente marino e di transizione marino-continentale; infatti, i sedimenti argillosi, posti alla base della successione, rappresentano la sedimentazione di piattaforma e della fascia di transizione verso la spiaggia sommersa, mentre le sabbie gialle si sono deposte in ambiente di spiaggia sommersa e di battigia. I depositi ghiaiosi sono invece indicatori di un ambiente fluvio-deltizio, probabilmente connesso ai sistemi canalizzati presenti

nell'entroterra ortonese fino alle falde della Montagna della Majella, e costituiscono la chiusura della successione, come tipico delle successioni plio-pleistoceniche del versante adriatico marchigiano-abruzzese. Nelle aree poste a ridosso del fondovalle, l'alternanza di cicli di deposizione ed erosione dei depositi alluvionali ha prodotto la formazione di terrazzi alluvionali, riconoscibili come cunei con superficie tabulare, suborizzontali e leggermente immergenti verso la costa, costituiti da terreni di genesi alluvionale rinvenibili sui versanti a diverse quote.

I terrazzi alluvionali più antichi di norma sono posti a quote superiori e a distanze maggiori dall'attuale asta fluviale e vengono classificati in Ordini, di numero decrescente con l'età.

La piana alluvionale posta nelle aree di fondovalle, si presenta a tratti asimmetrica e si rinvencono depositi di ambiente fluviale recenti.

Il sito oggetto di studio si colloca ad una quota topografica di circa 10 m s.m.l. ed in particolare la geologia dell'area risulta essere caratterizzata dall'affioramento di depositi appartenenti alla successione Olocenica marina, nota in letteratura con il nome di "Depositi di spiaggia (Olo b2)" costituita da coltri eluvio colluviali di natura limoso sabbioso, sabbioso limosa a vario tenore argilloso, con a luoghi abbondanti concrezioni di carbonato di calcio granulare, che poggiano sui sottostanti depositi appartenenti alla successione del Pliocene Superiore di origine marina nota in letteratura con il nome di "Formazione di Mutignano – Associazione pelitico-sabbiosa (FMTa)", contraddistinta da terreni argilloso-limosi di colore grigio e grigio-avana.

Le figure 3.1 e 3.2 di seguito riportate, mostrano uno stralcio del Foglio Geologico 361 "Chieti" redatta nell'ambito del progetto CARG e relativa legenda.

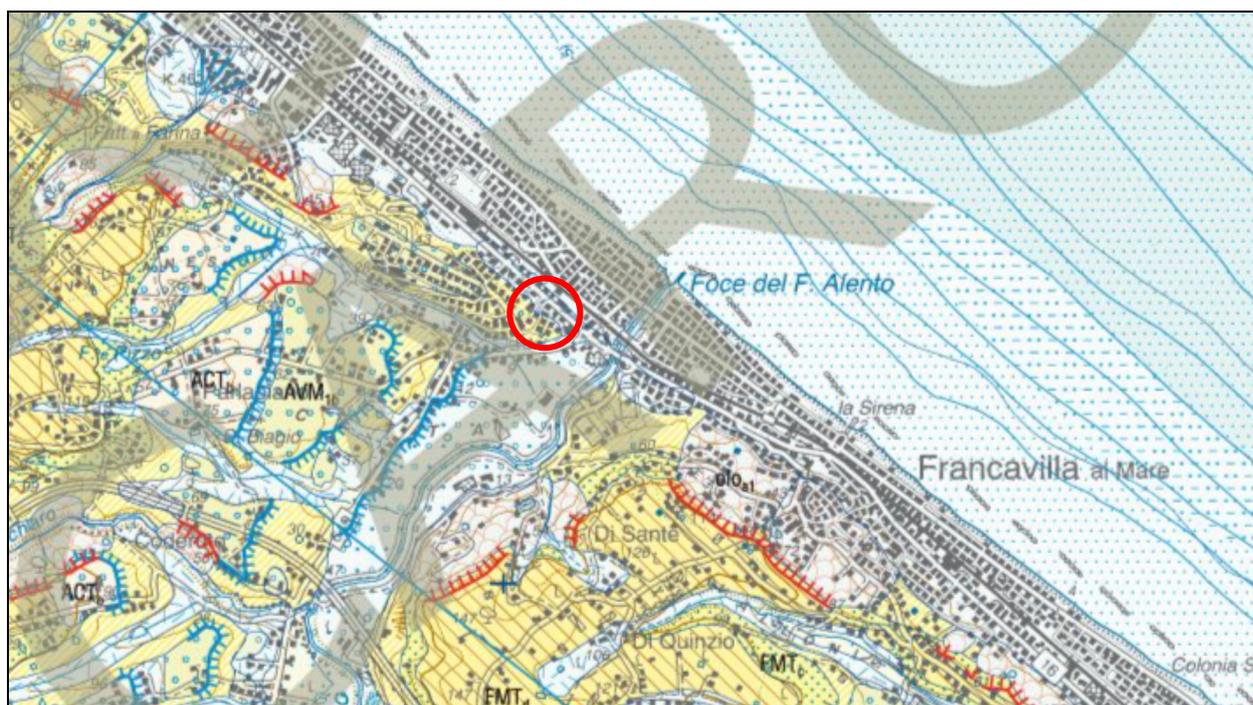


Figura 3.1: – Stralcio della Carta Geologica dell'area non in scala con ubicazione dell'area di studio cerchiata in rosso (mappa non in scala)

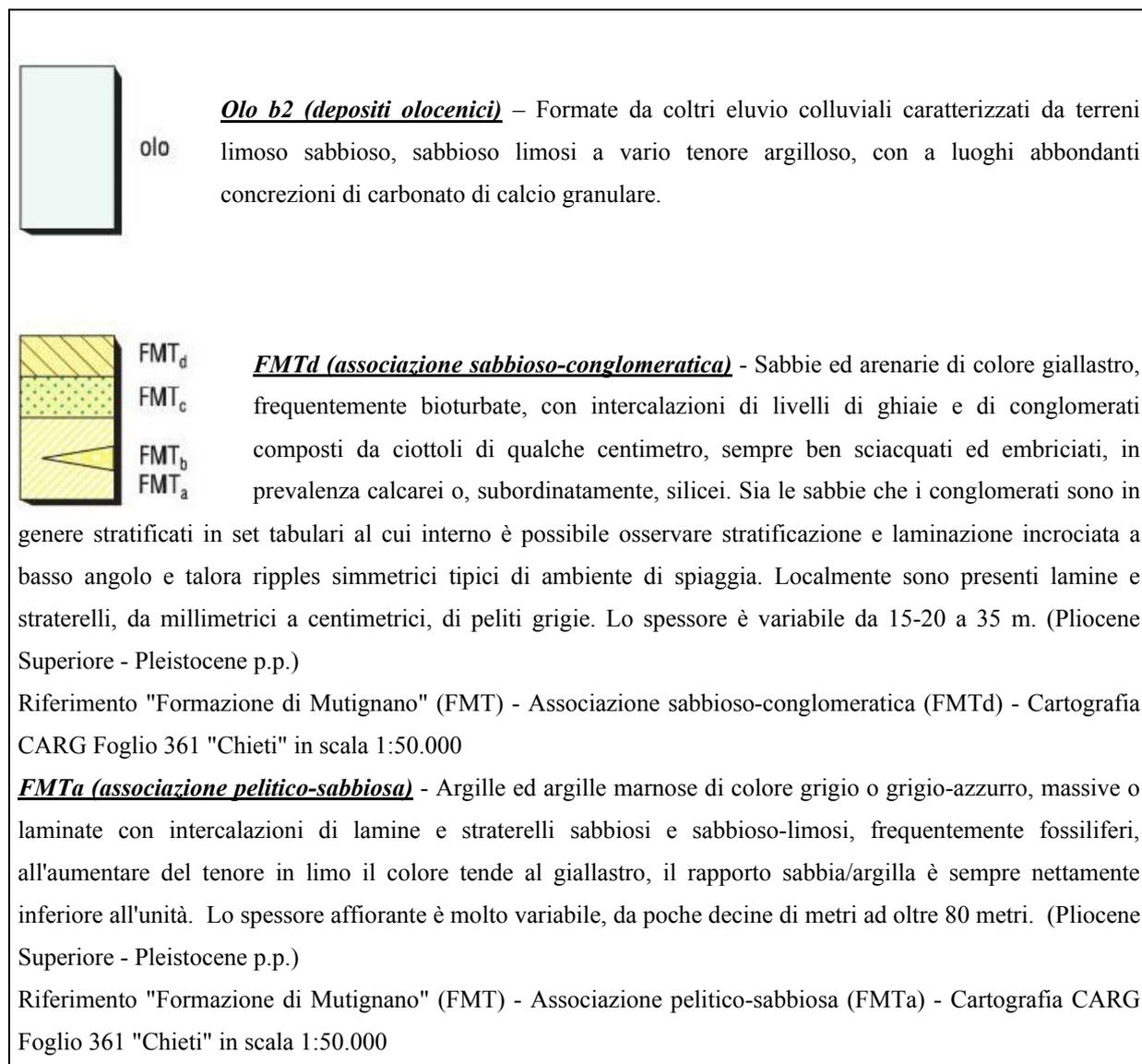


Figura 3.2: – Legenda della Carta Geologica dell'area

#### 4.0 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche geomorfiche locali si rifanno a quelle più generali presenti su gran parte della fascia costiera Abruzzese, in quanto la struttura oggetto della presente si colloca in un'area urbanizzata a ridosso dell'area di spiaggia del Comune di Francavilla al Mare

L'area oggetto di intervento risulta inserita in sinistra idrografica del Fiume Alento, ad una quota topografica di circa 10 metri s.l., ed è caratterizzata da un piano campagna pianeggiante debolmente rialzato rispetto al piano stradale,

La successione litostratigrafica di sito, risulta essere caratterizzata in affioramento da litotipi limoso argillosi a vario tenore sabbioso, che passano in profondità a litotipi argilloso e argilloso-sabbiosi.

Il sito di intervento risulta privo di elementi morfologici degni di rilievo che possano avere, dunque, implicazioni nella stabilità globale del territorio.

Ciò trova conferma nella lettura della Carta Geomorfologica del P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" (L. 18.05.1989 n. 183, art. 17, comma 6 ter) della Regione Abruzzo, Foglio 351 Tavola Est, scala 1:25.000), all'interno della quale l'area è ricompresa tra quelle in cui "non sono stati rilevati dissesti" (Fig. 4.1).

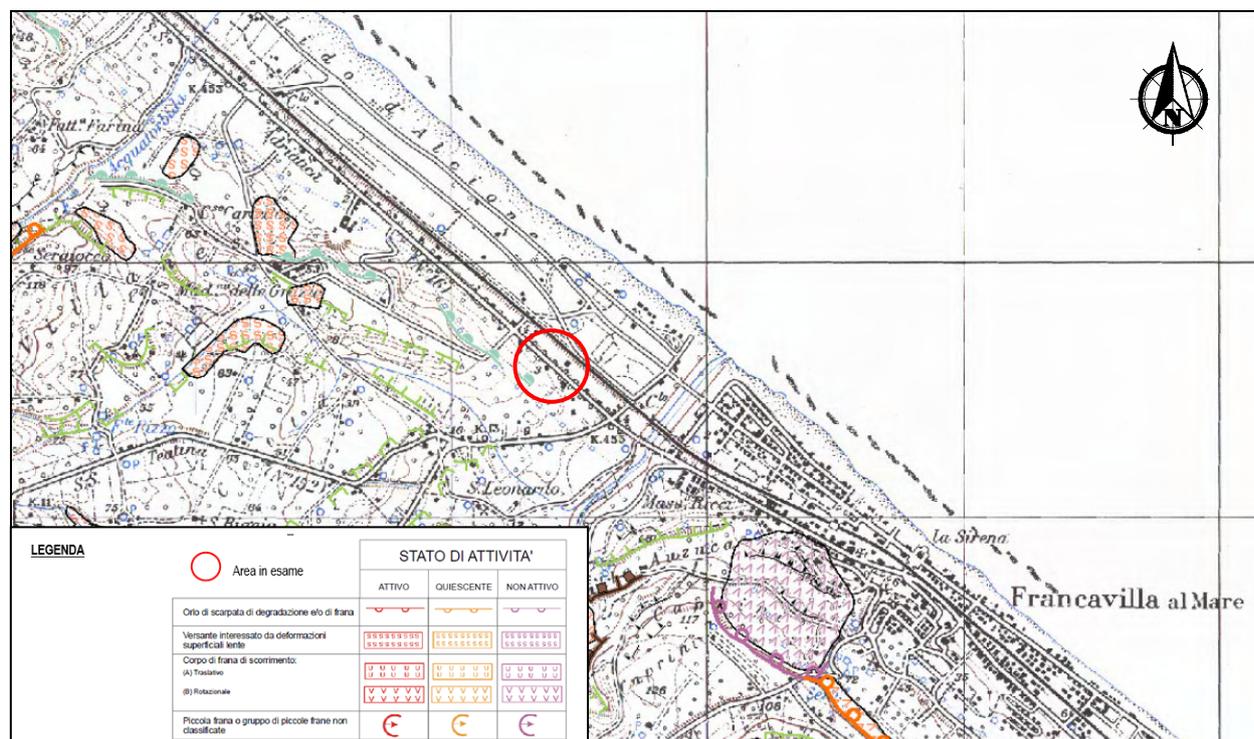


Fig. 4.1 – Stralcio della Carta Geomorfologica del “Piano di Assetto Idrogeologico” (P.A.I.) della Regione Abruzzo, edita scala 1:25.000 - (mappa non in scala)

La conformazione dell'idrografia e dell'idrogeologia del territorio sono molto mutevoli in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e strutturali delle principali unità sedimentologiche affioranti.

L'insieme dei dati litostratigrafici ricavati nel corso delle indagini effettuate in loco, unitamente alle conoscenze di geologia generale ed alle ricostruzioni paleoambientali delle facies deposizionali presenti all'interno del bacino preso in esame, permettono di elaborare un modello idrogeologico dell'area nella quale le argille possono considerarsi come il limite di permeabilità inferiore della successione, che fa da "letto" alle acque di infiltrazione circolanti nelle unità stratigrafiche sovrastanti dotate di un grado di permeabilità relativo "medio-alto".

Nelle aree sommitali, l'infiltrazione e quindi la circolazione idrica sotterranea, è buona vista la natura sabbioso-ciottolosa dei terreni; lungo i versanti, si ha un'infiltrazione limitata in genere alla "coltre" di alterazione ed il "letto" argilloso ne regola la circolazione.

Lo spartiacque profondo coincide a grandi linee con quello superficiale, infatti le acque freatiche sommitali sono rappresentate da falde collocate all'interno dei livelli sabbiosi e isolate dalle argille di base.

#### 4.1 ANALISI CARTOGRAFICA PIANO DI BACINO (P.A.I.), PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI (P.S.D.A.)

La consultazione della Carta della Pericolosità da Frana del P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" - L. 18.05.1989 n. 183, art. 17, comma 6 ter, della Regione Abruzzo, Foglio 351 Tavola Est, scala 1:25.000) mostra come l'area in esame non sia perimetrata tra quelle definite pericolose (Fig. 4.2).

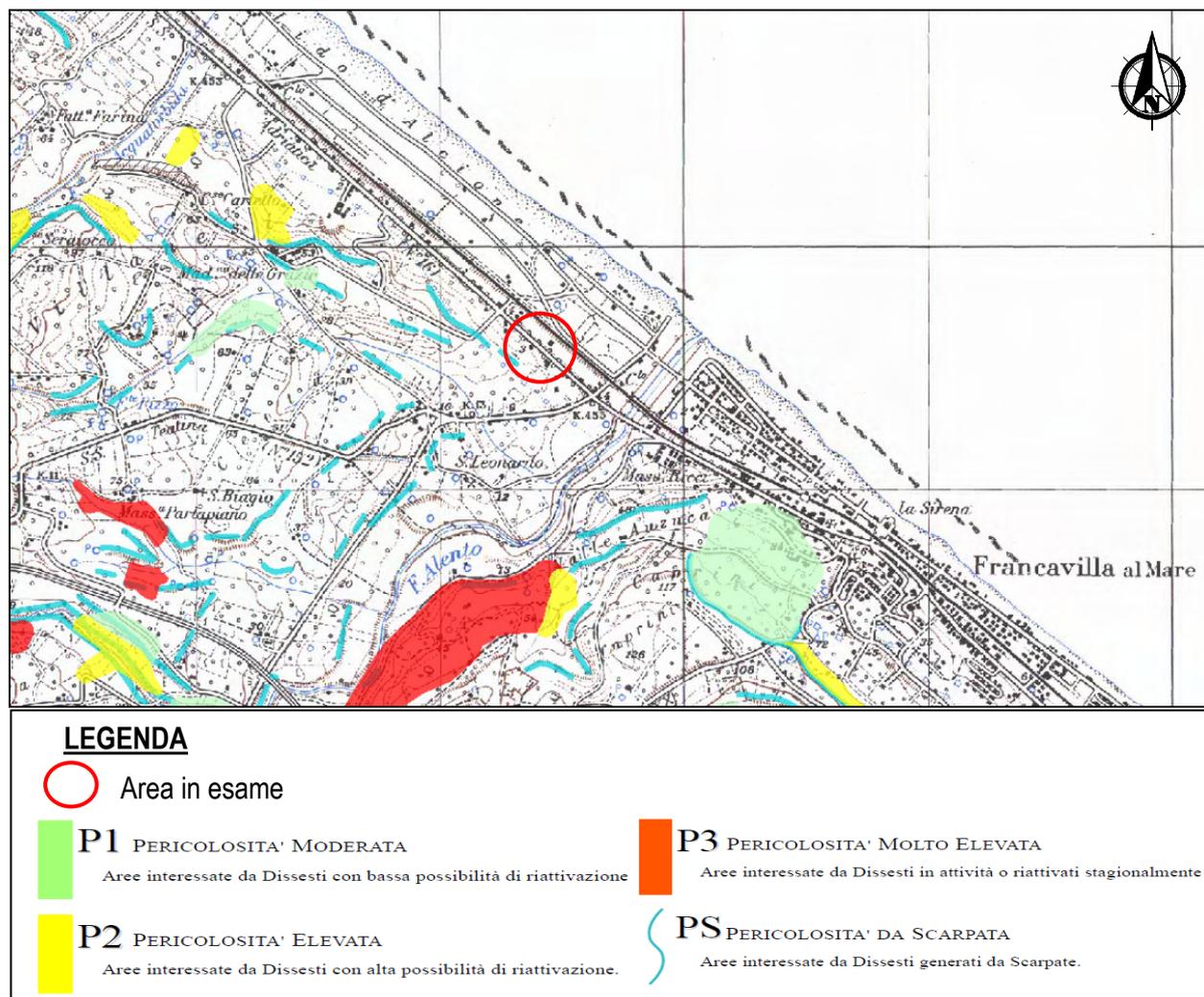


Fig. 4.2 – Stralcio della Carta della Pericolosità da Frana del “Piano di assetto idrogeologico” (P.A.I.) della Regione Abruzzo, redatto alla scala 1:25.000 – (mappa non in scala).

La suddetta cartografia evidenzia come l'area di studio, si collochi al di fuori della fascia di rispetto di un lineamento morfologico che identifica una “pericolosità da scarpata” (Aree interessate da Dissesti tipo Scarpate).

Per quanto riguarda la pericolosità da inondazione, la lettura della Carta della Pericolosità Idraulica del Piano Stralcio Difesa Alluvioni (Bacino del Sagittario, Fiume Alento e Pescara – reperita da Geoportale Regione Abruzzo, Servizio per l’Informazione Territoriale e la Telematica - Regione Abruzzo) non evidenzia, allo stesso modo, pericolosità alcuna (Fig. 4.4).

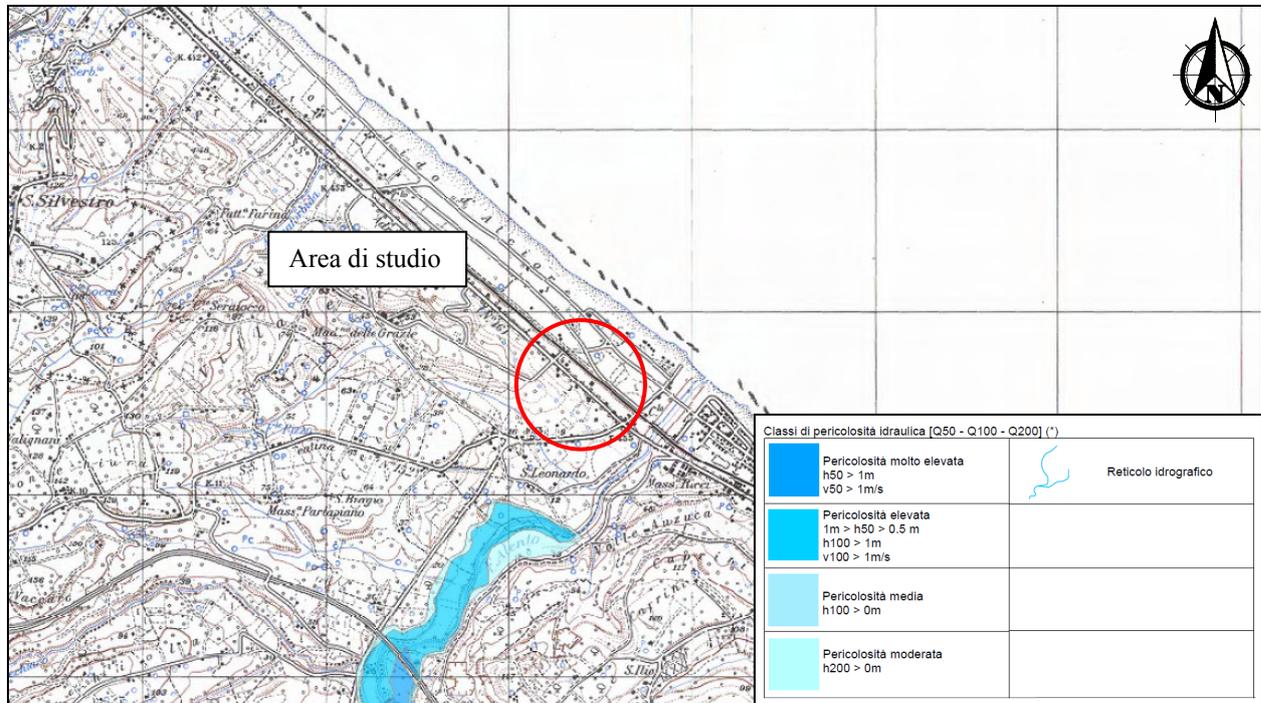


Fig. 4.4 – Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica “del Bacino del Fiume Alento” del Piano Stralcio Difesa Alluvioni (P.S.D.A.). Base cartografica 1:25.000 – (mappa non in scala).

#### 4.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categ.	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Le supposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 mt.

Nello specifico l'area di studio ricade alla base di un rilievo collinare riferibile ad una categoria topografica T1, che rientra nella dicitura di tab. 3.2.1.IV della Normativa di riferimento - *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ ”*.

## 5.0 RISULTATI DELLE INDAGINI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEL SITO

Il piano di indagine adottato nel presente studio, è stato definito in accordo con il progettista ed attuato sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area oggetto di studio.

Di fatti, vista la natura dei terreni da investigare, al fine di valutare l'assetto geologico e caratterizzare dal punto di vista sismico l'area sulla quale insiste la struttura oggetto di intervento si è optato per la realizzazione delle seguenti indagini in sito:

- ✓ n. 1 prova penetrometrica dinamica continua tipo DPSH;
- ✓ n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica tipo CPT;
- ✓ n. 1 indagine sismica congiunta tipo MASW-Re.Mi al fine di valutare il parametro  $V_s$  equivalente;

Le indagini condotte, unitamente all'acquisizione di dati di carattere bibliografico inerenti l'area di studio, hanno permesso di ottenere indicazioni per la caratterizzazione e la modellazione geologica del sottosuolo.

La corretta ubicazione delle indagini realizzate è visionabile nell'immagine di figura 5.1.

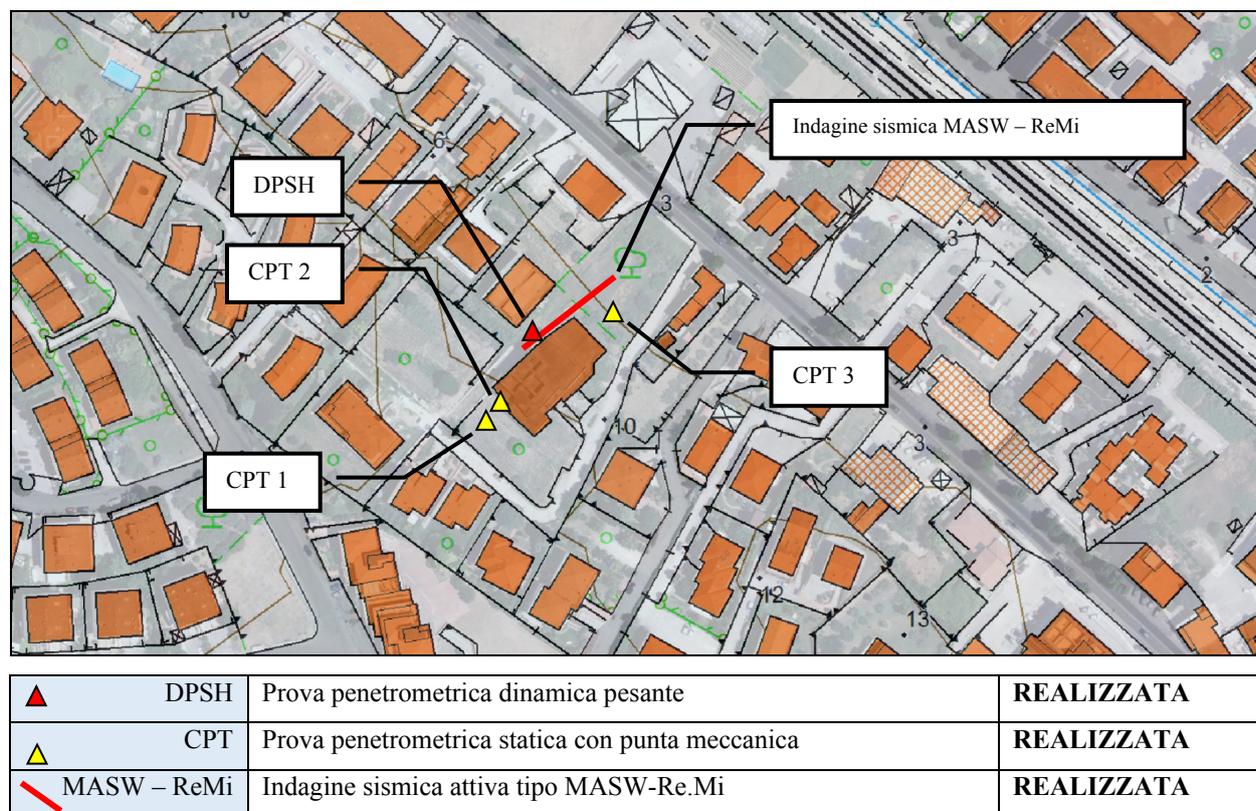


Fig. 5.1 – Stralcio della Carta della Carta tecnica Regionale redatta scala 1:5.000 con ubicazione delle indagini acquisite (scala 1:1.000) – (Mappa non in scala)

## 5.1 PROVE PENETROMETRICHE

Al fine di acquisire informazioni puntuali sulla natura litostratigrafica dei terreni presenti in sito, ed ottenere indicazioni per la caratterizzazione e la modellazione geologica del sottosuolo, sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica e n. 1 prova penetrometrica dinamica (figura 5.2).

La seguente tabella mostra la profondità investigata nella verticale di indagine, e alcune note utili in fase di progettazione.

<i>Tipo di prova penetrometrica</i>	<i>Profondità in metri dal piano di campagna</i>	<i>Note</i>	<i>Quota dal piano di campagna</i>
<b>DPSH</b>	9,00 metri	--	10,00
<b>CPT 1</b>	10,00 metri	--	13,40
<b>CPT 2</b>	3,80 metri	--	13,00
<b>CPT 3</b>	8,00 metri	--	8,50

Le prove penetrometriche realizzate in sito, sulla scorta delle indicazioni fornite dal progettista, sono state ubicate all'interno ed in adiacenza dell'area di sedime delle opere da realizzare.

Nelle immediate vicinanze dell'area di intervento è stata rinvenuta la presenza di un pozzo ad uso domestico, da cui è stato possibile misurare la profondità della falda acquifera.

Le letture condotte sono riportate nella seguente tabella:

<b>Pozzo</b>	<b>Data di misurazione della falda</b>	<b>Profondità falda da p.c.</b>
	24-05-2021	-3,40
	27-05-2020	-3,40

### **Prova penetrometrica statica (CPT)**

Di seguito si riportano alcune indicazioni sulla strumentazione utilizzata nell'indagine e le metodiche di elaborazione della stessa.

Le caratteristiche tecniche strumentali del penetrometro, e le metodologie di analisi utilizzate per la prova CPT sono di seguito riassunte:

<p>Rif. Norme ASTM D3441-86</p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Diametro punta conica meccanica <math>\varnothing = 35.7</math> mm</li><li>· Angolo di apertura punta <math>\alpha = 60^\circ</math></li><li>· Area punta <math>A_p = 10</math> cm<sup>2</sup></li><li>· Manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" (h 133 mm – sup. lat. Am. 150 cm<sup>2</sup>)</li><li>· Velocità di avanzamento costante <math>V = 2</math> cm / sec (<math>\pm 0,5</math> cm / sec)</li><li>· Costante di trasformazione <math>C_t = 10</math></li><li>· Anello Allargatore</li><li>· Cella di carico</li><li>· Sistema di misura idraulico</li><li>· Sistema di acquisizione automatico</li><li>· Passo del penetrometro (intervallo entro cui effettua la lettura) = 20 cm.</li></ul>
---

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2$  cm / sec  $\pm 0,5$  cm / sec).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di una cella di carico o manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta / manicotto tipo "**Begemann**". Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste facilitandone l'infissione.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

**qc (RP) = (LP x Ct) / 10 cmq. Resistenza alla punta**

**ql (RL) ( fs) = [(LT – LP) x Ct] / 150cmq. Resistenza laterale**

qc (RP) = Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / Superficie Punta Ap

ql (RL) ( fs) = Lettura laterale LT- Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / Am area del manicotto di frizione

### ***Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)***

Di seguito si riportano alcune indicazioni sulla strumentazione utilizzata nelle indagini e le metodiche di elaborazione delle stesse.

Le caratteristiche tecniche strumentali del penetrometro, e le metodologie di analisi utilizzate per la prova DPSH sono di seguito riassunte:

<b>Rif. Norme</b>	DIN 4094	<b>Peso aste a metro</b>	6.31 Kg/m
<b>Peso Massa battente</b>	63.5 Kg	<b>Profondità giunzione prima asta</b>	0,40 m
<b>Altezza di caduta libera</b>	0.75 m	<b>Avanzamento punta</b>	0,20 m
<b>Peso sistema di battuta</b>	0.63 Kg	<b>Numero colpi per punta</b>	N(20)
<b>Diametro punta conica</b>	51.00 mm	<b>Coeff. Correlazione</b>	1.48
<b>Area di base punta</b>	20.43 cm <sup>2</sup>	<b>Rivestimento/fanghi</b>	No
<b>Lunghezza delle aste</b>	1 m	<b>Angolo di apertura punta</b>	90°

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

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.

#### *Metodologia di elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche (DPSH)*

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 diversi autori.

- **Correlazione prove DPSH 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:

$$N_{spt} = \delta_t N$$

dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> 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;

δ = passo di avanzamento.

Di seguito, la figura 5.2, riporta le immagini delle indagini condotte in sito



Figura 5.2: – Ubicazione delle prove penetrometriche DPSH (immagine di sinistra) e CPT (immagine di destra)

L'allegato n. 1 alla presente riporta i dati di campagna delle indagini realizzate e i relativi grafici ottenuti dall'elaborazione delle stesse.

## 5.2 PROVA SISMICA ATTIVA TIPO MASW-ReMi

La valutazione del rischio sismico dell'area in esame è finalizzata ad assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 "D.M. del 17/01/2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»".

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella 5.1, si può fare riferimento a un 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 dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

<b>A</b> - 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>B</b> - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b> - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b> - 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.
<b>E</b> - 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.

**Tab. 5.1: Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

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

con:

**hi**: spessore dell'i-esimo strato;

**Vs,i**: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

**N**: numero di strati;

**H**: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS snon inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s\text{ equivalente}}$  è definita dal para-metro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso oggetto di studio, per la valutazione del parametro  $V_{s\text{ equivalente}}$  è stata realizzata sull'area oggetto di intervento una indagine sismica congiunta tipo MASW e Re.Mi, la cui ubicazione in sito, è riportata nell'immagine visionabile alla figura 5.3.



**Figura 5.3 – Ubicazione dell'indagine sismica MASW e Re.Mi**

Tali tecniche di indagine si basano sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato e riguarda la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali dei terreni interessati.

I metodi MASW e Re. Mi sono delle tecniche di indagine non invasive che consentono la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ . La metodologia MASW è una

prova sismica di tipo “attivo”, difatti per la registrazione del segnale da elaborare vi è bisogno di energizzare il terreno. Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d’onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

La metodologia Re.Mi, è una tecnica di sismica “passiva” si basa cioè sulla misura dei rumori ambientali che caratterizzano il sito in oggetto, ed è stata utilizzata al fine di delineare al meglio la curva sperimentale ottenuta alle basse frequenze.

Per la realizzazione delle prospezioni sismiche M.A.S.W. e Re.Mi è stata utilizzata una strumentazione le cui caratteristiche principali sono riportate nella tabella seguente:

N°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	Sismografo PASI “GEA 24” a 24 bit
12-24	Geofoni verticali	$f_0 = 4.5 \text{ Hz}$
1	Cavo sismico	$L = 60 \text{ mt (max)}$
1	Sorgente	Massa battente (10kg) su piattello metallico

L’acquisizione è stata condotta mediante uno stendimento lineare di geofoni superficiali.

Dopo aver posizionato i geofoni sul terreno e dopo il collegamento di questi ultimi ai cavi elettrici, tramite appositi morsetti bipolari, per l’acquisizione sono state realizzate alcune energizzazioni di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo e taratura delle amplificazioni dei singoli canali di registrazione. Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione sismica M.A.S.W. in modo tale che, dopo ogni energizzazione (o somma di energizzazioni) su ciascun punto d’impatto prestabilito, si è acquisito e registrato il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. L’istante di tempo zero, ovvero il segnale d’inizio registrazione, è stato inviato allo strumento da uno shock-sensor (trigger) posto direttamente sul terreno.

Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). L’acquisizione dei dati ReMi è stata condotta mediante allineamento di geofoni superficiali posizionati sul terreno, e successivamente collegati a cavi elettrici tramite

morsetti bipolari si è proceduto alla misura di più finestre temporali dei rumori ambientali che caratterizzano il sito in esame.

Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni posizionati sulla superficie topografica sono stati registrati dal sismografo tramite il quale, dopo una conversione analogico-digitale sono stati trasferiti nell'*hard disk* del computer esterno al sismografo stesso.

La geometria dell'indagine condotta è riassunta nella seguente tabella.

<b>Denominazione Linea</b>	<b>Passo geofonico (mt)</b>	<b>Numero geofoni</b>	<b>Lunghezza (mt)</b>	<b>Frequenza di acquisiz. (ms)</b>
MASW	3,00	12	33,00	0,2 – 0,1
Re.Mi	3,00	12	33,00	0,4

L'interpretazione di seguito riportata, dell'indagine sismica MASW e Re.Mi, è stata realizzata mediante l'utilizzo del software di elaborazione dedicato, winMASW Professional.

## Dati sperimentali e interpretazione

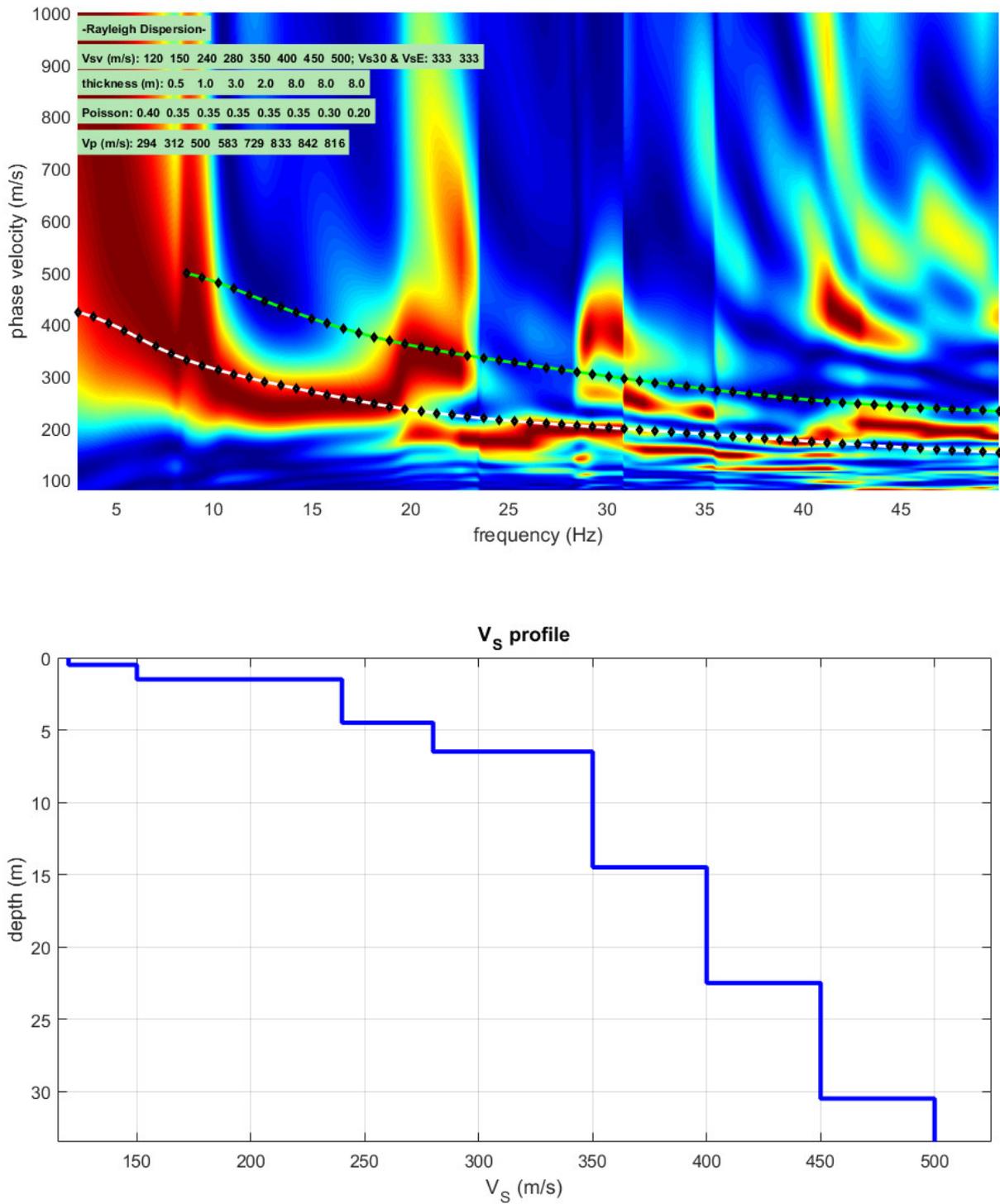


Figura 5.4: Profilo delle Vs equivalente in forma grafica e curva di dispersione indagine congiunta MASW e Re.Mi

## Subsurface Model

Vs (m/s): 120 150 240 280 350 400 450 500

Thickness (m): 0.5, 1.0, 3.0, 2.0, 8.0, 8.0, 8.0, 8.0

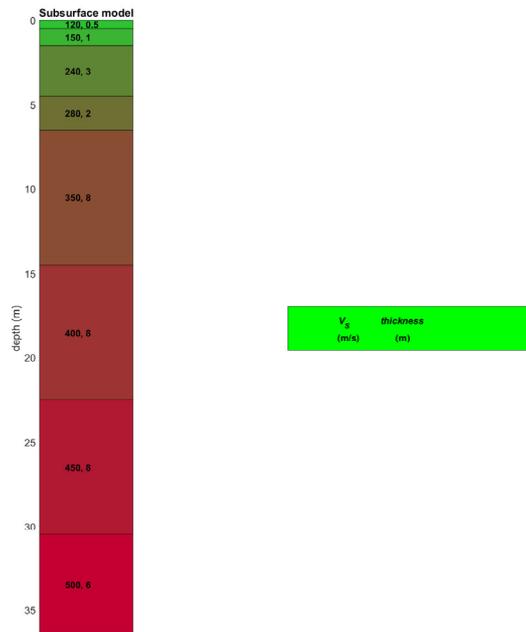


Fig. 5.5 – Modello del sottosuolo con in forma grafica e numerica

## Risultati finali

Classificazione della categoria di sottosuolo secondo quanto previsto nella tabella 3.2.II delle NTC: il sottosuolo, a partire dal livello del piano di posa delle fondazioni, può essere assimilato a **categoria 'C': con valore di Vs equivalente pari a 333,00 [m/s]**

*“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*



## 6.0 SISMICITA'

La Regione Abruzzo è stata storicamente interessata da numerosi e spesso intensi fenomeni sismici, interconnessi con l'assetto geologico e l'evoluzione geodinamica del sistema appenninico in distensione, e la fascia costiera adriatica in compressione sulla piattaforma apulo-adriatica. Pertanto, dal punto di vista sismico, la regione è caratterizzata da una serie di distretti sismogenetici distribuiti su più fasce parallele procedendo dai rilievi interni alla catena appenninica verso la costa adriatica. I più importanti sono rappresentati dall'Alta Valle del Fiume Aterno, dalla Piana del Fucino e dalla zona del Parco Nazionale d'Abruzzo, per il settore più interno; verso l'esterno invece emergono il fronte del Gran Sasso d'Italia, i Monti della Laga e la struttura della Maiella.

### *Sismicità storica*

I seguenti dati di sismicità storica per il territorio comunale di Francavilla al Mare (CH) sono stati desunti dal database dell'I.N.G.V. DBMI15 (*Database Macrosismico Italiano utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15*).

#### **Francavilla al Mare**

<i>PlaceID</i>	IT_57750
<i>Coordinate (lat, lon)</i>	42.412, 14.301
<i>Comune (ISTAT 2015)</i>	Francavilla al Mare
<i>Provincia</i>	Chieti
<i>Regione</i>	Abruzzo
<i>Numero di eventi riportati</i>	21

Sempre con riferimento al territorio comunale di Francavilla al Mare il successivo diagramma illustra le intensità documentate e/o ricostruite per gli eventi sismici di maggior rilievo dall'anno 1000 all'anno 2000.

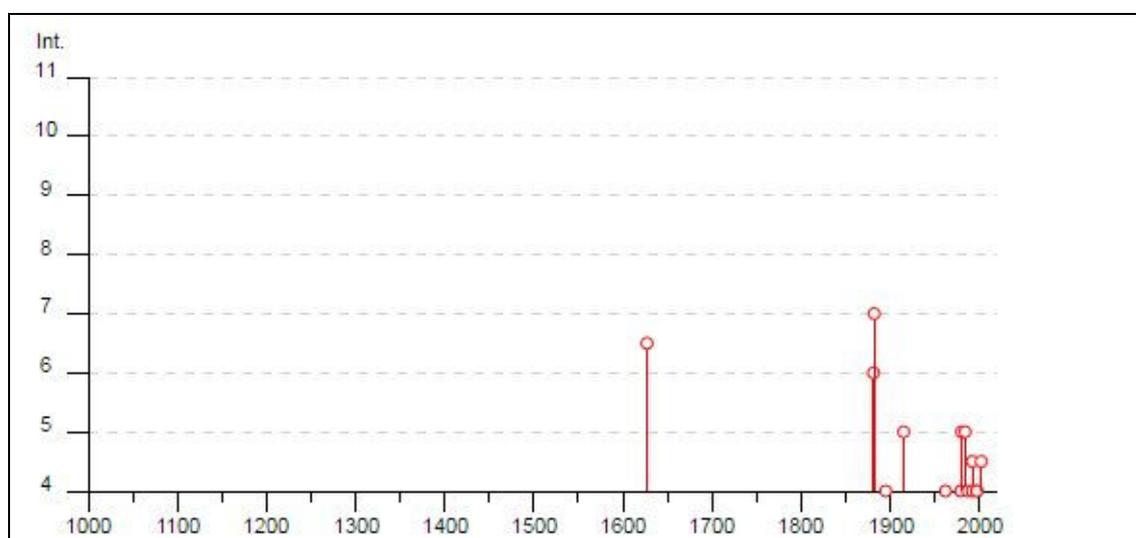


Fig. 6.1 – Massime intensità sismiche del Comune di Francavilla al Mare

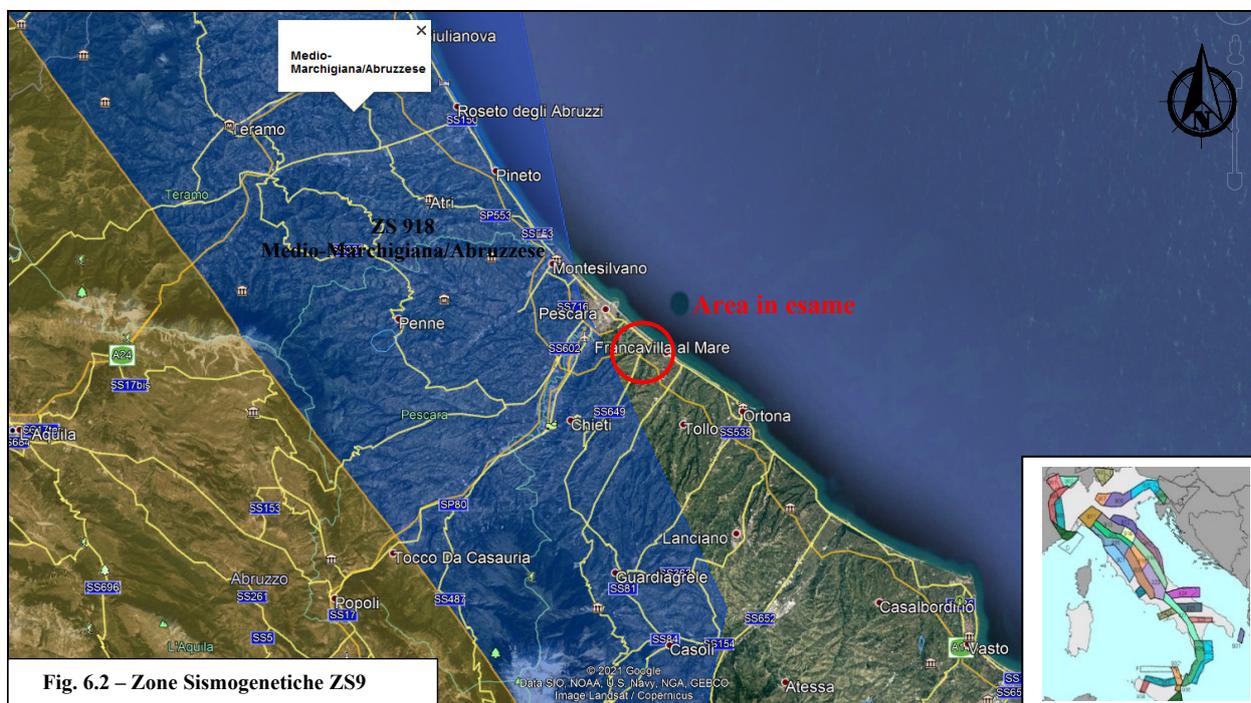
La tabella di seguito indicata, mostra la storia sismica del sito:

<i>Effetti</i>	<i>In occasione del terremoto del</i>				
<i>Int.</i>	<i>Anno Me Gi Ho Mi Se</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>NMDP</i>	<i>Io</i>	<i>Mw</i>
6-7	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
6	1881 09 10 07	Chietino	43	7-8	5.41
7	1882 02 12	Chietino	8	7	5.26
4	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	103	6	5.11
5	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
4	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
4	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
5	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
4	1987 07 03 10 21 5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
NF	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
4	1992 02 18 03 30 0	Chietino	73	5-6	4.11
4-5	1992 07 16 05 38 5	Chietino	107	5-6	4.22
3	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
4-5	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7	5.72
3-4	2003 03 29 17 42 1	Adriatico centrale	68		5.43
3	2003 06 01 15 45 1	Molise	501	5	4.44
NF	2004 11 25 06 21 1	Adriatico centrale	13		5.25
NF	2004 12 09 02 44 2	Teramano	213	5	4.09

Ai sismi sopraelencati deve essere aggiunta la sequenza sismica aquilana dell'Aprile 2009, consistente in tre eventi di  $M > 5$  avvenute il 6 Aprile ( $MI=5.8$ ), il 7 Aprile ( $MI=5.3$ ) e il 9 Aprile ( $MI=5.1$ ).

## 6.1 ZONAZIONE E CLASSIFICAZIONE SISMICA

La definizione della pericolosità sismica di base del territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche denominata ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004), nella quale sono individuate 36 zone caratterizzate da diversi valori della Magnitudo momento massima ( $Mw_{max}$ ).



La zonazione è stata effettuata tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno portato alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la Carta Nazionale delle Zone Sismogenetiche.

L'area del territorio comunale di Francavilla al Mare, oggetto di studio, si colloca all'esterno della Zona Sismogenetica 918 "Medio-Marchigiana/Abruzzese" alla quale viene attribuita una Magnitudo momento massima  $Mw = 6,37$  (Fig. 6.2).

Sulla base del modello suddetto è stata elaborata la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, recepita dall' Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 (*Criteria generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*) in cui, il territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone ciascuna individuata in base ai valori dell'accelerazione massima del suolo ( $ag$ ) con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $Vs30 > 800$  m/sec, secondo la tabella seguente:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [ag]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag]
1	$0,25 < ag \leq 0,35g$	0,35 g
2	$0,15 < ag \leq 0,25g$	0,25 g
3	$0,05 < ag \leq 0,15g$	0,15 g
4	$\leq 0,05g$	0,05 g

Le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $ag$  intermedi rispetto a quelli riportati in tabella e intervallati da valori non minori di 0,025 g.

Nello specifico, il Comune di Francavilla al Mare (CH) ricade in zona 3, anche in base all'ultimo aggiornamento del 2015.

La permanenza nella suddetta categoria è riepilogata nella tabella seguente.

Codice ISTAT 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi dell'OPCM 3274 (2003)	Classificazione sismica comuni italiani (2015)
13069035	Francavilla al Mare	4	3	3	3

Per definire la pericolosità sismica di base dell'area oggetto del presente studio, sono stati consultati i dati forniti e pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it/>).

Il sito ubicato nel territorio del Comune di Francavilla al Mare, si trova in una fascia di transizione, e presenta valori di accelerazioni di picco orizzontali del suolo compreso tra  $0,100 < ag < 0,150$  come mostrato nella Fig. 6.3

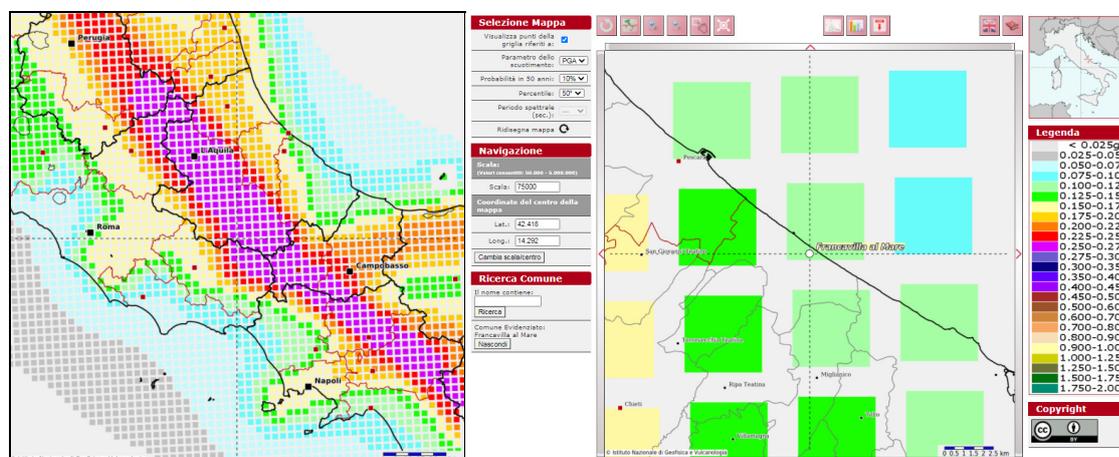


Figura 6.3: Mappa del modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A,  $V_{s30} > 800$  m/s) e pianeggiante.

Di seguito, si riportano i dati di disaggregazione dei contributi alla pericolosità sismica per intervalli di magnitudo ( $M_w$ ) e distanza epicentrale ( $R$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti ai nodi della griglia più prossimi al sito d'interesse (Fig. 6.4 e 6.5).

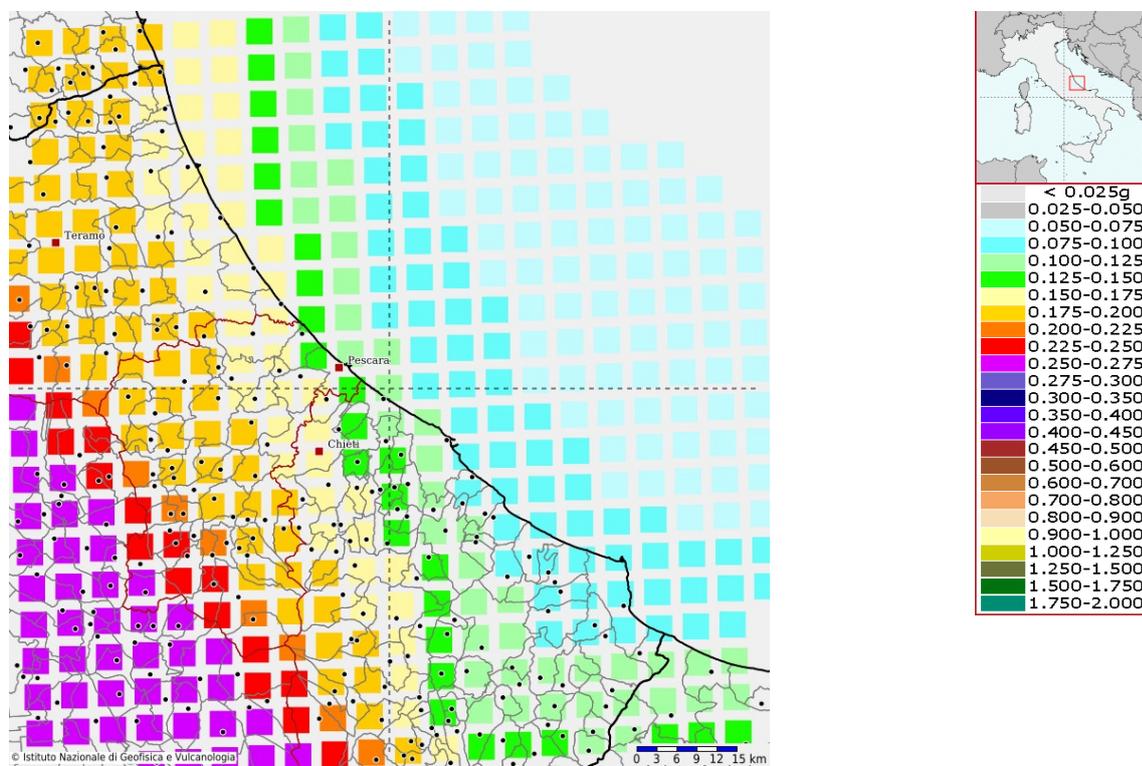


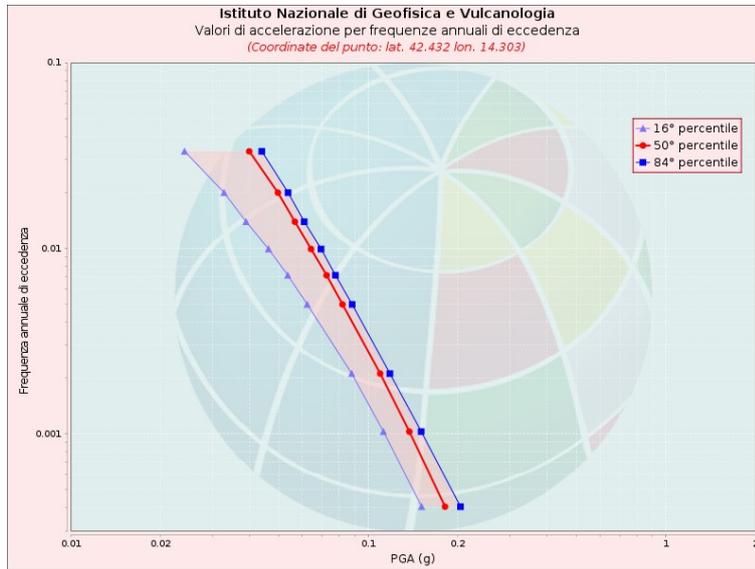
Figura 6.4: Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 26097 - Latitudine: 42.432 - Longitudine: 14.303

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **26097** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

## Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



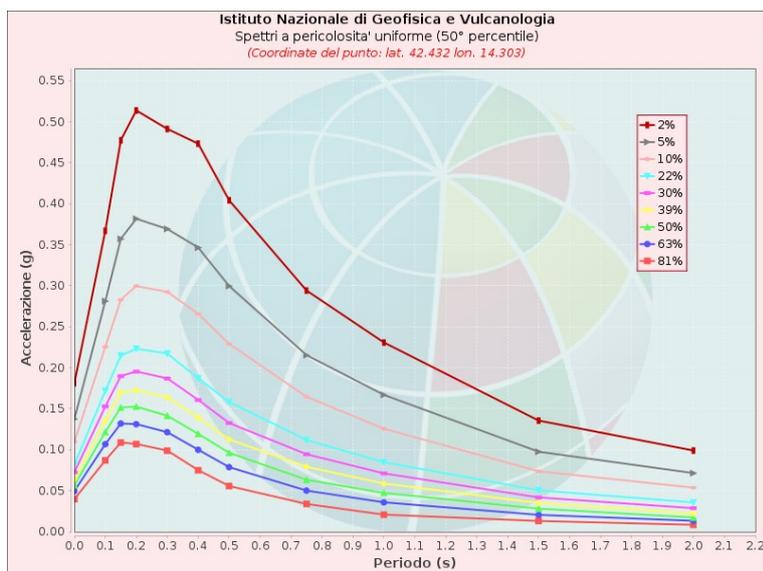
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.151	0.181	0.204
0.0010	0.113	0.138	0.151
0.0021	0.088	0.110	0.118
0.0050	0.062	0.082	0.088
0.0071	0.054	0.073	0.078
0.0099	0.046	0.064	0.069
0.0139	0.039	0.057	0.061
0.0199	0.033	0.050	0.054
0.0332	0.024	0.040	0.044

## Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

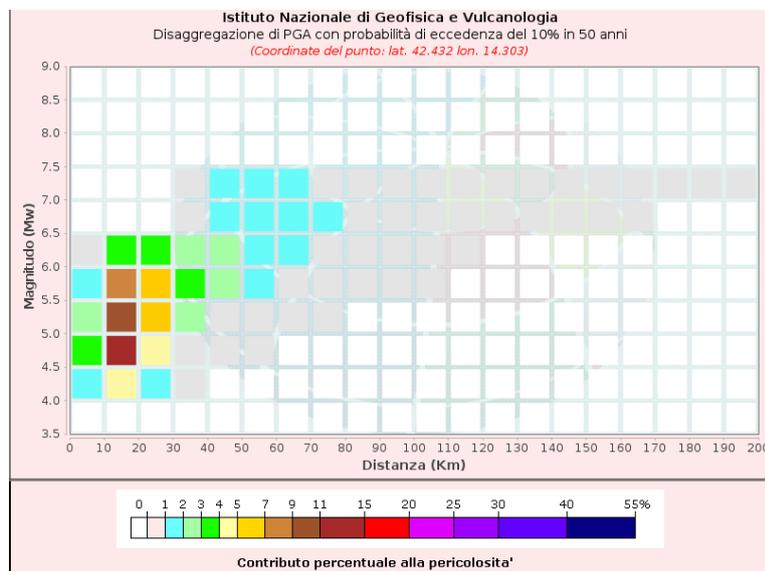


Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.181	0.367	0.478	0.514	0.492	0.473	0.404	0.294	0.231	0.136	0.099
5%	0.138	0.281	0.357	0.382	0.369	0.347	0.300	0.216	0.167	0.098	0.072
10%	0.110	0.226	0.283	0.300	0.293	0.266	0.229	0.165	0.126	0.074	0.054
22%	0.082	0.172	0.215	0.223	0.217	0.187	0.158	0.112	0.085	0.051	0.036
30%	0.073	0.153	0.190	0.196	0.187	0.161	0.133	0.095	0.071	0.042	0.029
39%	0.064	0.136	0.170	0.173	0.164	0.139	0.113	0.079	0.059	0.035	0.022
50%	0.057	0.122	0.152	0.153	0.142	0.119	0.096	0.063	0.047	0.028	0.017
63%	0.050	0.107	0.132	0.131	0.122	0.100	0.079	0.050	0.036	0.021	0.013
81%	0.040	0.087	0.109	0.107	0.099	0.075	0.056	0.034	0.021	0.013	0.008

## Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	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	0.0000	1.4700	3.0900	2.0600	1.1400	0.4670	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	4.3100	11.4000	10.2000	7.4600	3.6600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.0200	4.1000	5.5100	5.6000	3.4600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0522	0.9690	2.3200	3.1800	2.4400	0.1120	0.0669	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0684	0.8400	2.0600	2.4600	1.8200	1.1800	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0011	0.1450	1.0200	1.7400	1.8900	1.3700	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.3650	1.0500	1.4700	1.1900	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0929	0.6110	1.1000	0.9650	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.3220	0.8600	0.8330	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.1080	0.4990	0.5500	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0252	0.2870	0.3760	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.1270	0.2130	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0372	0.0873	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0450	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051	0.0271	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0152	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0077	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.62 ; distanza = 30.2 ; epsilon = 1.27

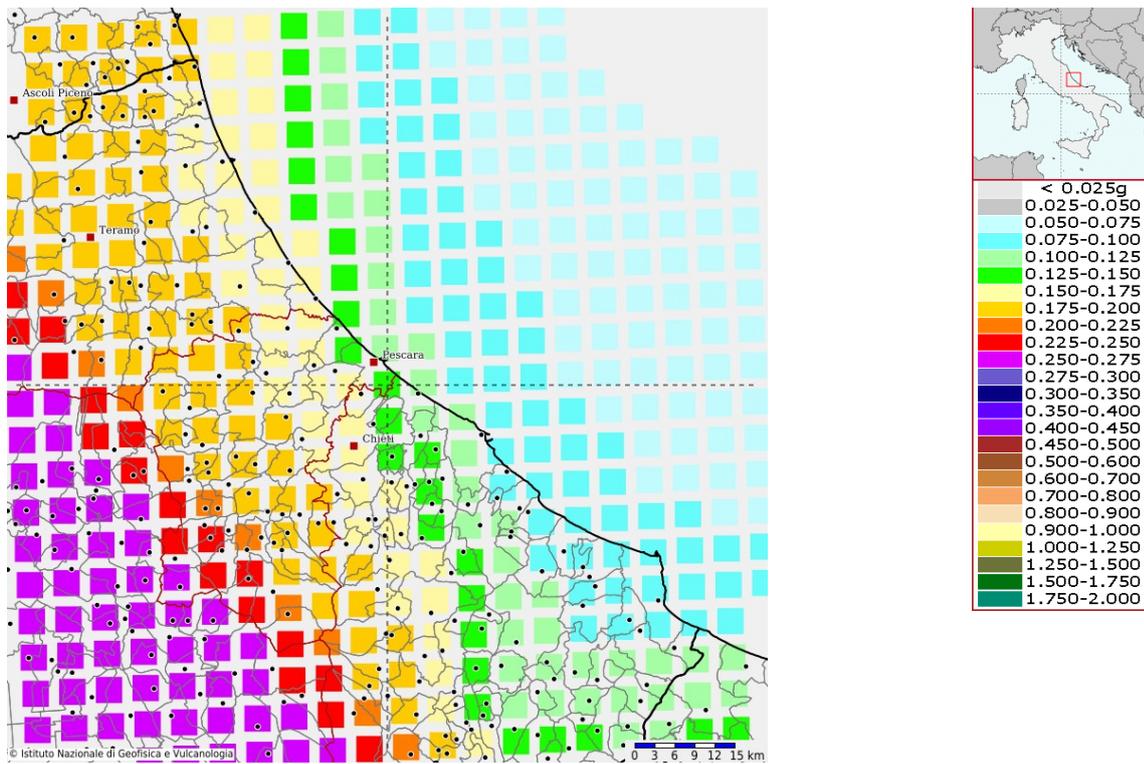


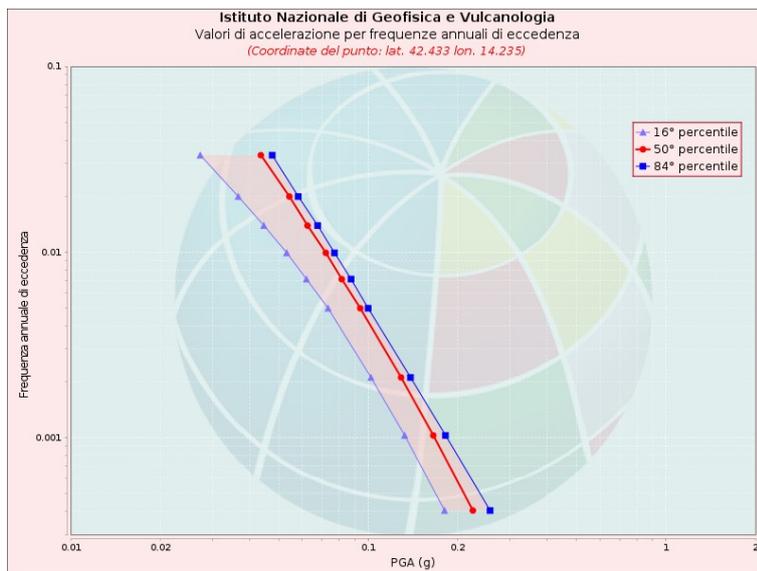
Figura 6.5: Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 26096 - Latitudine: 42.433 - Longitudine: 14.235

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **26096** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

## Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



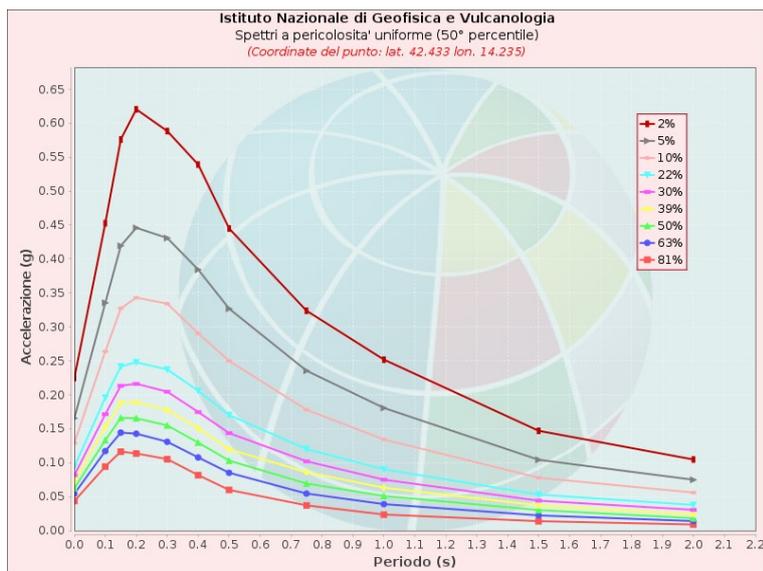
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.181	0.225	0.257
0.0010	0.133	0.166	0.182
0.0021	0.102	0.129	0.139
0.0050	0.073	0.094	0.100
0.0071	0.062	0.082	0.088
0.0099	0.053	0.072	0.077
0.0139	0.045	0.063	0.068
0.0199	0.037	0.054	0.058
0.0332	0.027	0.044	0.048

## Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

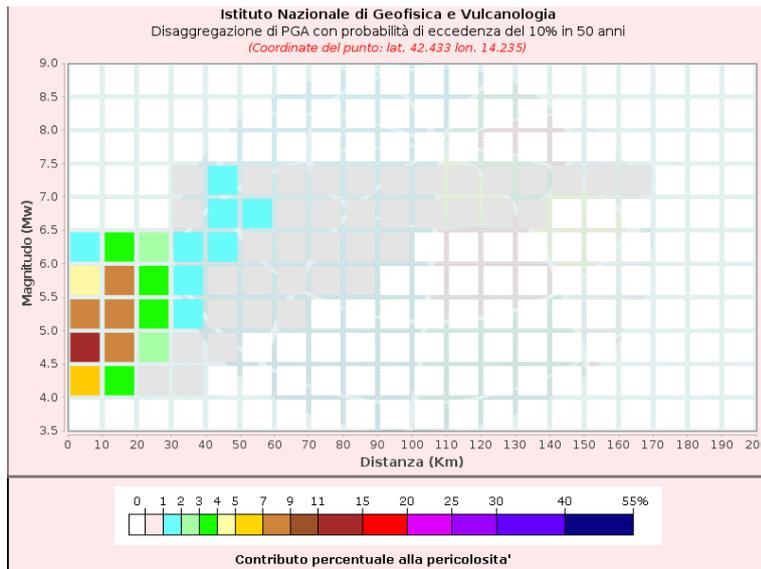


Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.225	0.453	0.576	0.621	0.588	0.539	0.445	0.324	0.252	0.147	0.105
5%	0.166	0.336	0.419	0.446	0.431	0.384	0.327	0.235	0.181	0.104	0.075
10%	0.129	0.264	0.327	0.343	0.334	0.291	0.250	0.178	0.134	0.078	0.056
22%	0.094	0.196	0.242	0.248	0.237	0.206	0.170	0.120	0.090	0.053	0.038
30%	0.082	0.172	0.213	0.216	0.205	0.175	0.144	0.102	0.075	0.044	0.031
39%	0.072	0.152	0.188	0.189	0.177	0.151	0.120	0.086	0.063	0.037	0.024
50%	0.063	0.133	0.166	0.166	0.155	0.130	0.103	0.069	0.051	0.030	0.018
63%	0.054	0.117	0.144	0.143	0.131	0.108	0.085	0.055	0.039	0.022	0.014
81%	0.044	0.094	0.116	0.114	0.105	0.082	0.060	0.037	0.024	0.014	0.009

## Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza	Magnitudo										
in Km	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	6.8800	13.9000	8.9200	4.8700	1.9600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.1100	8.9900	8.9800	7.2000	3.7800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.3350	2.0100	3.3400	3.8800	2.6600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0009	0.2080	1.0700	1.9700	1.9100	0.6450	0.4140	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0020	0.1830	0.9590	1.4900	1.4100	1.0100	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.2980	0.8430	1.1200	0.9200	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0532	0.4110	0.7760	0.7220	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0074	0.1570	0.5080	0.5340	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0437	0.3260	0.3950	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0036	0.1500	0.2330	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0653	0.1510	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.0658	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0249	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	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 = 5.42 ; distanza = 19.7 ; epsilon = 0.966

Dalla sintesi di quanto precedentemente detto e in relazione al concetto di disaggregazione della pericolosità sismica, risulta che l'area in esame ricade in zona sismica 3, ad una distanza di 30,02 Km dal probabile epicentro di un terremoto con una Magnitudo momento attesa, in funzione delle Stato Limite analizzato, pari a 5,62 (*terremoto di scenario*), ed una distanza di 19,7 Km dal probabile epicentro di un terremoto con una Magnitudo momento attesa, in funzione delle Stato Limite analizzato, pari a 5,42 (*terremoto di scenario*).

La pubblicazione scientifica di riferimento è Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.

## 6.2 SISMO-TETTONICA E LINEAMENTI SISMICI ATTIVI

I terremoti dell'area appenninica abruzzese sono associabili a faglie quaternarie, normali o trasversive, osservabili in superficie, ben definibili in termini di lunghezza, giacitura e cinematica e spesso caratterizzate da evidenze di attività nel Pleistocene superiore – Olocene, talvolta con evidenze dirette di dislocazione co-sismica superficiale in occasione di forti terremoti (es. Avezzano 1915).

Dalla consultazione del database dell'I.N.G.V. DISS 3.2.0 (*Database of Individual Seismogenic Sources*), che fornisce un'istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale, si evince che il sito oggetto d'indagine ricade a Sud della "fascia" sismogenetica ITCS075 "Campotosto Lake-Montesilvano" alla quale viene attribuita una massima magnitudo di 5,7 Mw, ad Est della fascia sismogenetica ITCS020 "Southern Marche offshore" alla quale viene attribuita una massima magnitudo di 5,5 Mw ed all'interno della fasce sismogenetiche ITCS079 "Shallow Abruzzo Citeriore Basal Thrust" ed ITCS059 "Tocco Casauria - Tremiti" alle quali vengono attribuite una massima magnitudo rispettivamente di 5,6 Mw e 6,0 Mw (Fig. 6.6).

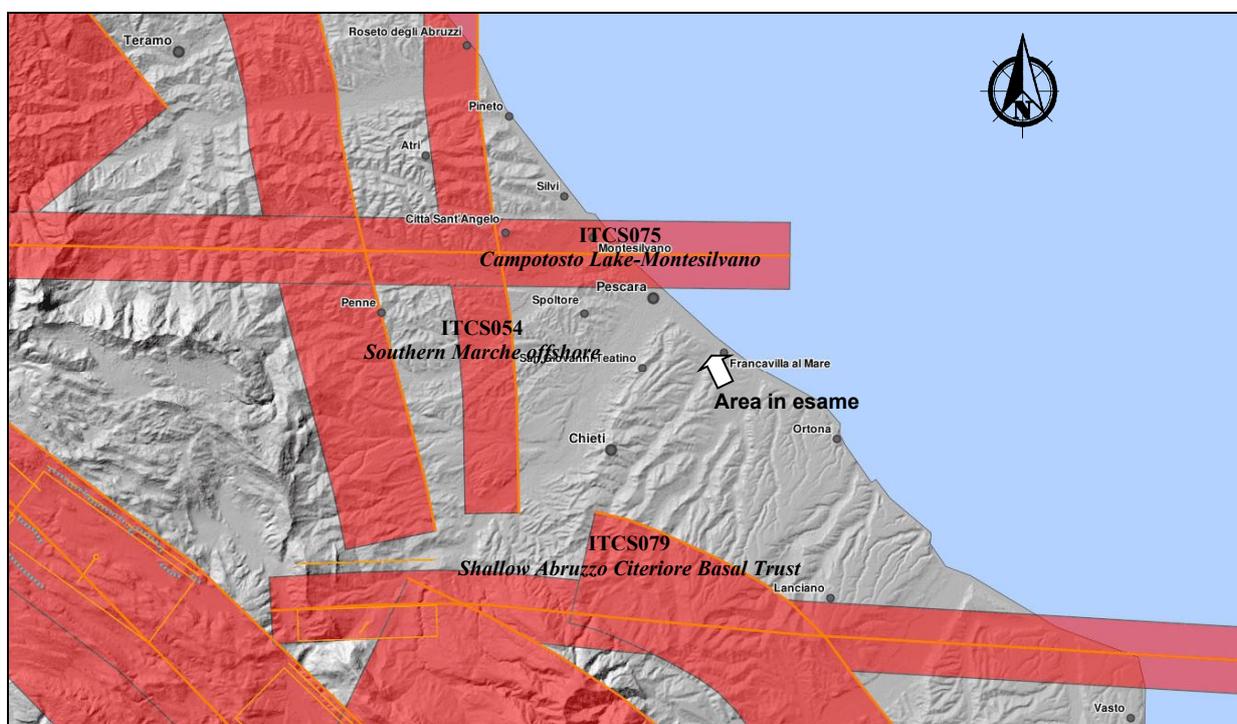


Fig. 6.6 – Distribuzione della sorgenti sismogenetiche

Per quanto attiene alle faglie attive e capaci, che per definizione sono faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie, dall'interrogazione del database bibliografico del Servizio Geologico Italiano ITHACA (*Italy HAZARD from CAple faults*), risulta che l'area in esame si ubica a circa 41 km di distanza dalle strutture attive presenti nella regione Abruzzo (Fig. 6.7).



**Fig. 6.7 – Distribuzione delle faglie capaci. (mappa nono in scala)**

Fonte: Servizio Geologico Italiano ITHACA - *Italy HAZard from CAple faults*.

### 6.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definisce a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica di base viene definita come la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. La scala di studio è solitamente regionale. Una delle finalità di questi studi è la classificazione sismica a vasta scala del territorio, finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza. Costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

La pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente, nei modi previsti dalle NTC, in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  su sito di riferimento rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero (assenza di manufatti), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Le forme spettrali sono definite, per la generica PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

$a_g$ , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

$F_0$  e  $T_c^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella, contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

*Indicativamente, e restando la responsabilità del progettista utilizzare i dati che ritiene più congrui ed opportuni, di seguito si riportano i risultati ottenuti per la pericolosità sismica di sito, basata sui seguenti dati di lavoro ipotizzati dallo scrivente.*

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): 42.4261246 [°]  
Longitudine (WGS84): 14.2741451 [°]  
Latitudine (ED50): 42.4270859 [°]  
Longitudine (ED50): 14.2750387 [°]

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	26096	42.432610	14.235380	3312.33
2	26097	42.432160	14.303090	2370.39
3	26319	42.382170	14.302460	5478.58
4	26318	42.382610	14.234800	5947.65

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	0.044	2.480	0.284
SLD	50	0.054	2.477	0.311
	72	0.063	2.512	0.326
	101	0.072	2.500	0.336
	140	0.082	2.530	0.346
	201	0.094	2.521	0.357
SLV	475	0.129	2.543	0.373
SLC	975	0.166	2.519	0.403
	2475	0.225	2.556	0.401

### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.040	2.534	0.283
SLD	50	0.050	2.490	0.313
	72	0.057	2.541	0.329
	101	0.064	2.555	0.343
	140	0.073	2.570	0.355
	201	0.082	2.604	0.365
SLV	475	0.110	2.584	0.415
SLC	975	0.138	2.628	0.428
	2475	0.181	2.675	0.434

### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.041	2.507	0.284
SLD	50	0.052	2.486	0.313
	72	0.059	2.540	0.330
	101	0.067	2.529	0.343
	140	0.076	2.561	0.353
	201	0.087	2.570	0.364
SLV	475	0.117	2.554	0.410
SLC	975	0.149	2.581	0.420
	2475	0.199	2.625	0.420

### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.045	2.460	0.285
SLD	50	0.056	2.482	0.311
	72	0.066	2.492	0.326
	101	0.076	2.494	0.335
	140	0.086	2.498	0.345
	201	0.100	2.509	0.353
SLV	475	0.139	2.516	0.367
SLC	975	0.180	2.525	0.371
	2475	0.248	2.552	0.377

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.042	2.503	0.284
SLD	50	0.052	2.484	0.312
SLV	475	0.121	2.557	0.395
SLC	975	0.154	2.573	0.410

## 6.4 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°

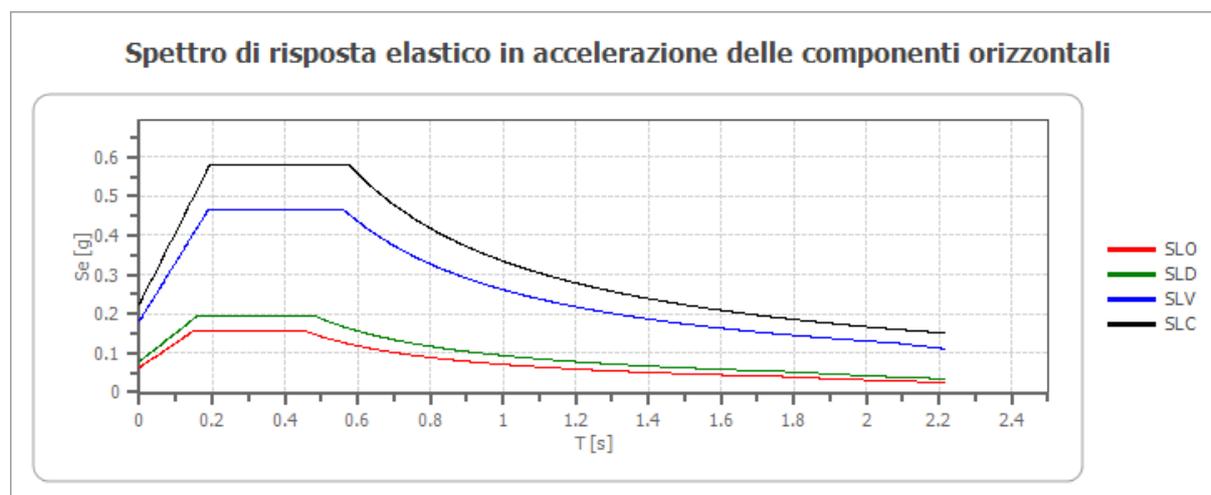
### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.044	0.054
kv	0.006	0.008	0.022	0.027
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.619	0.771	1.779	2.204
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.037	0.069	--
kv	--	0.018	0.034	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.619	0.771	1.779	2.204
Beta	--	0.470	0.380	--

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

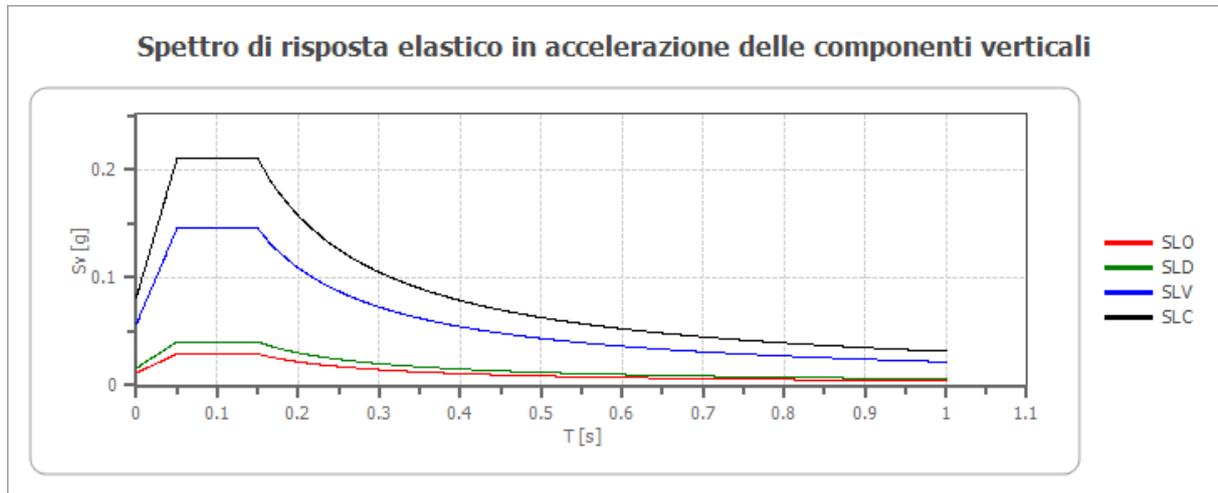


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.042	2.503	0.284	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0.150	0.451	1.768	0.063	0.158
SLD	1.0	0.052	2.484	0.312	1.500	1.540	1.000	1.500	1.000	0.160	0.481	1.810	0.079	0.195
SLV	1.0	0.121	2.557	0.395	1.500	1.430	1.000	1.500	1.000	0.188	0.564	2.084	0.181	0.464
SLC	1.0	0.154	2.573	0.410	1.460	1.410	1.000	1.460	1.000	0.193	0.579	2.216	0.225	0.578

## 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



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.042	2.503	0.284	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.012	0.029
SLD	1.0	0.052	2.484	0.312	1	1.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.016	0.040
SLV	1.0	0.121	2.557	0.395	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.057	0.145
SLC	1.0	0.154	2.573	0.410	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.082	0.210

## **7.0 PROFILO STRATIGRAFICO E INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI SITO**

Le indagini condotte ed i dati acquisiti, hanno avuto il compito di fornire informazioni puntuali sulla natura litostratigrafica dei terreni presenti in sito, ed ottenere dei dati adeguati ed utili per fornire indicazioni sulla caratterizzazione e modellazione geologica del sottosuolo.

Infatti, la correlazione tra l'interpretazione delle indagini condotte, i dati di carattere bibliografico, unitamente al rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio ha permesso la ricostruzione di un modello geologico a più ampia scala dalla quale è possibile valutare la distribuzione spaziale dei depositi studiati e, fornire delle indicazioni sui valori dei principali parametri fisico-meccanici dei litotipi presenti in sito.

Un accorgimento di carattere stratigrafico e quindi geotecnico, consiste nel fatto che la natura deposizionale dei terreni presenti nell'area di studio, fa ritenere possibile la tendenza degli strati a presentarsi secondo geometrie lenticolari, caratterizzati da possibili/probabili discontinuità laterali e verticali di facies, che si traduce, in una variabilità degli spessori dei litotipi investigati. Di seguito verrà quindi delineata una stratigrafia semplificata, che tenga debitamente conto di quanto sopra esposto.

- **Stratigrafia semplificata**

<b>Descrizione Litologica</b>	<b>Unità litotecnica</b>
<b>Terreno di riporto e/o terreno alterato</b>	A
<b>Terreno di riporto con scadenti proprietà fisico meccaniche</b>	A'
<b>Limo argilloso con sabbia (moderatamente consistente)</b>	B
<b>Argilla sabbiosa</b>	C

Il modello litostratigrafico semplificato del sito di studio, è rappresentato schematicamente dalla sezione geologico-tecnica di figura 7.1.

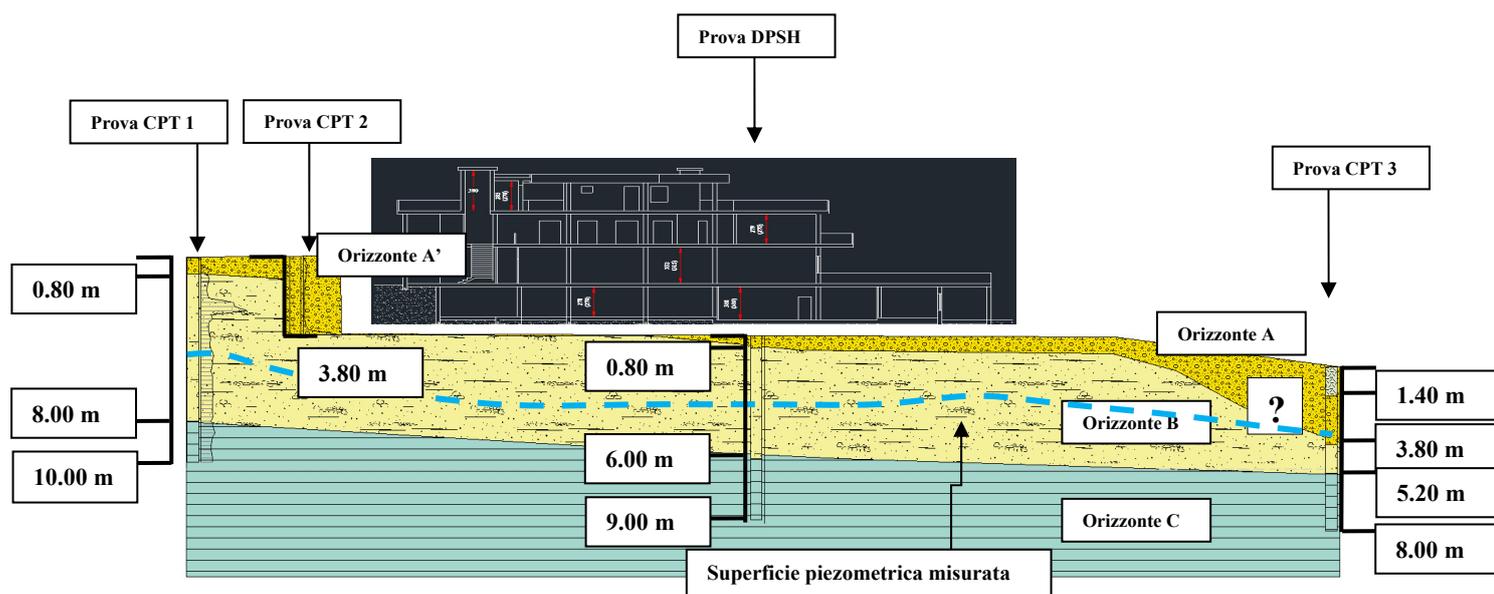


Figura 7.1: Sezione geologico-tecnica semplificata

\* Il simbolo **?** riportato all'interno della sezione geologico-tecnica, sta ad indicare i limiti e le incertezze del modello stesso, che riguardano principalmente:

- *Il grado di oscillazione nei cicli stagionale della falda acquifera;*
- *Il grado di addensamento dei terreni rimaneggiati e/o di riporto presenti in sito;*

I parametri geotecnici forniti in questo studio sono da intendersi come indicativi, calcolati in media per ogni singolo orizzonte individuato nella stratigrafia di sito, ed ottenuti sulla base di dati diretti e bibliografici.

Per la determinazione dei parametri caratteristici da utilizzare nel modello geotecnico o per ottenere indicazioni su altri parametri geotecnici utili alla progettazione, il progettista si potrà avvalere delle informazioni fornite dalle indagini in sito presentate a corredo della presente, nonché di eventuali dati da ricercare mediante la predisposizione di ulteriori indagini atte a definire con precisione il modello geologico e geotecnico.

Vista la marcata eterogeneità e consistenza dei terreni presenti in sito, di seguito verranno riportate n. 2 successioni stratigrafiche.

La successione stratigrafica schematica generale dell'intero sito, a partire dal locale piano campagna, con indicazioni sui valori dei relativi parametri fisico-meccanici, è così rappresentata a partire dall'alto verso il basso:

U.L.	Profondità dal p.c. (m)	(Yn) (t/m <sup>3</sup> )	(Ys) (t/m <sup>3</sup> )	(Cu) (Kg/cm <sup>2</sup> )	(Φ') (°)	(Es) (Kg/cm <sup>2</sup> )	(Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )
A	da p.c. a 0,80÷3,80	1,70÷1,80	1,80÷1,90	0,15÷0,18	16÷ 18	--	15÷20
B	da 1,00÷3,80 a 5,20÷8,00	1,82÷1,90	1,90÷1,98	0,30÷0,40	22÷23	--	32÷42
C	da 5,20÷8,00 a 10,0÷12,0	1,95÷2,05	2,01÷2,11	0,65÷0,90	24÷ 26	--	55÷65

\* spessore dello strato desunto da indagini di carattere geofisico condotte in sito

**Dove:**

(UL) = Unità litotecnica	(Φ') = Angolo di attrito interno
(Yn) = Peso di volume naturale del terreno	(Es) = Modulo elastico
(Ys) = Peso di volume saturo del terreno	(Ed) = Modulo edometrico
(Cu) = Coesione non drenata	(c') = Coesione drenata

La successione stratigrafica schematica in corrispondenza della prova penetrometrica CPT 2, a partire dal locale piano campagna, con indicazioni sui valori dei relativi parametri fisico-meccanici, è così rappresentata a partire dall'alto verso il basso:

U.L.	Profondità dal p.c. (m)	(Yn) (t/m <sup>3</sup> )	(Ys) (t/m <sup>3</sup> )	(Cu) (Kg/cm <sup>2</sup> )	(Φ') (°)	(Es) (Kg/cm <sup>2</sup> )	(Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )
A'	da p.c. a 0,80÷3,80	1,65÷1,75	1,75÷1,85	--	14÷ 16	--	--
B	da 1,00÷3,80 a 8,00	1,82÷1,90	1,90÷1,98	0,30÷0,40	22÷23	--	32÷42
C	da 8,00 a 10,0÷12,0	1,95÷2,05	2,01÷2,11	0,65÷0,90	24÷ 26	--	55÷65

\* spessore dello strato desunto da indagini di carattere geofisico condotte in sito

**Dove:**

(UL) = Unità litotecnica	(Φ') = Angolo di attrito interno
(Yn) = Peso di volume naturale del terreno	(Es) = Modulo elastico
(Ys) = Peso di volume saturo del terreno	(Ed) = Modulo edometrico
(Cu) = Coesione non drenata	(c') = Coesione drenata

I parametri geotecnici forniti in questo studio sono da intendersi come indicativi, calcolati in media per ogni singolo orizzonte individuato nella stratigrafia di sito, ed ottenuti sulla base di dati diretti e bibliografici.

Per la determinazione dei parametri caratteristici da utilizzare nel modello geotecnico o per ottenere indicazioni su altri parametri geotecnici utili alla progettazione, il progettista si potrà avvalere delle informazioni fornite dalle indagini in sito presentate a corredo della presente, nonché di eventuali dati da ricercare mediante la predisposizione di ulteriori indagini atte a definire con precisione il modello geologico e geotecnico.

Relativamente alla circolazione idrica superficiale dell'area studiata, al momento del rilevamento e delle indagini, è stata identificata la presenza di una falda acquifera alla profondità di circa 3,40 m dal locale piano campagna.

Non si esclude in ogni caso la presenza di piccole faldine effimere superficiali, contenute all'interno degli orizzonti permeabili ivi presenti, legate alle precipitazioni e soggette peraltro ad oscillazioni aventi carattere stagionale.

## 7.1 VERIFICA ALIQUFEAZIONE DEI TERRENI

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi.

Durante un sisma, infatti, le sollecitazioni indotte dal terremoto possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

I fenomeni di liquefazione dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi e storia geologica dei terreni.

Se infatti si esprime la resistenza al taglio secondo la relazione di *Coulomb*:

$$\tau = c + (\sigma_{vo} - u) \tan \phi$$

dove:

- $\tau$  = resistenza al taglio
- $c$  = coesione
- $\sigma_{vo}$  = pressione litostatica totale
- $u$  = pressione interstiziale,  $\phi$  = angolo di attrito del terreno

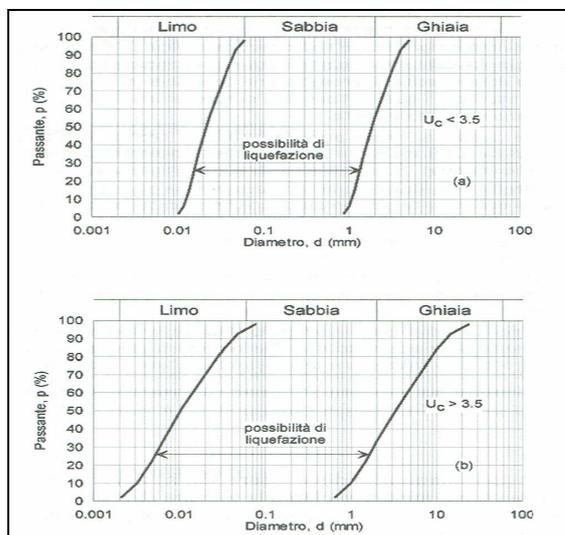
Si evince che la resistenza può essere annullata ( $\tau = 0$ ) solo in due casi:

- 1)  $c = 0$  - non possibile per terreni a comportamento coesivo quali limi e argille;
- 2)  $(\sigma_{vo} - u) = 0$  - verificabile quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ( $\sigma_{vo} = u$ );

Quando si manifesti “almeno una” delle circostanze riportate qui di seguito la verifica a liquefazione può essere omessa (§ 7.11.3.4.2 delle NTC2018):

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



*Distribuzione granulometrica in terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$*

*Distribuzione granulometrica in terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$*

Fig. 7.2 – Distribuzioni granulometriche all'interno delle quali c'è la possibilità di liquefazione

Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili. Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio.

La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

Visto che alcune delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risultano soddisfatte e una piccola porzione di terreno su cui è prevista la realizzazione delle opere in progetto è ricompreso negli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 all'interno di una "Zona di attenzione per instabilità di liquefazione tipo 2", si è optato per valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili ed è stata eseguita una valutazione del potenziale liquefazione adottando il metodo di calcolo semplificato proposto da Andrus e Stoke (1998) mediante metodi che utilizzano le indagini sismiche condotte in sito sui terreni ivi presenti, atte ad stimare il valore delle  $V_s$ .

Si pone in evidenza che l'area assoggettata alla presente verifica è quella in corrispondenza della prova penetrometrica CPT 3, e che pertanto la stratigrafia utilizzata risulta essere quella riscontrata in corrispondenza della suddetta.

Il 'metodo di Andrus e Stokoe' è basato sulle misure provenienti da prove sismiche a rifrazione, ( $V_s$ ).

La velocità delle onde di taglio viene corretta dalla sovrappressione, usando l'equazione (Robertson et alii, 1992):

$$V_{S1} = V_s \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

dove

$V_{S1}$  velocità delle onde di taglio corretta dalla sovrappressione;

$V_s$  velocità delle onde di taglio misurate in situ;

$Pa$  pressione atmosferica (circa 100 kPa);

$\sigma'_{vo}$  pressione effettiva iniziale nelle stesse unità di misura della  $Pa$ .

Per il calcolo della resistenza alla liquefazione, Andrus e Stokoe hanno proposto la seguente relazione:

$$CRR = 0,03 \left( \frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[ \frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right]$$

dove la presenza di fini FC (%) interviene nel modello di calcolo tramite le seguenti indicazioni:

$(V_{S1})_{CS} = 220$	per $FC \leq 5\%$
$220 < (V_{S1})_{CS} \leq 200$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$(V_{S1})_{CS} = 200$	per $FC > 35\%$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 ( $CSR_{7,5}$ ) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove  $a_{max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito. Utilizzando le raccomandazioni del NCEER, per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) (vedi Tabella 7.1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

**Tabella 7.1-** Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo  $r_d$  vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per  $z < 9,15$  m

$$r_d = 1,0 - 0,00765z$$

per  $9,15 \leq z < 23$  m

$$r_d = 1,174 - 0,00267z$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

mentre **l'indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

#### DATI GENERALI

Fattore sicurezza normativa 1.25

#### FALDA

Profondità falda idrica 3.4 m

#### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.182

Fattore amplificazione 2.556

Tipo Suolo C: Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza  $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T2-Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.420885

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.62

Distanza epicentro 30.02 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.2586011

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unia volume (KN/mc)	Peso unita volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	ORIZZONTE A	0	1.4	16.67	17.65	0	2689.83	119.55	139
2	ORIZZONTE A	1.4	3.8	16.67	17.65	0	1495.51	114.96	240
3	ORIZZONTE B	3.8	5.2	18.24	19.02	0	3138.13	158.77	264
4	ORIZZONTE C	5.2	20	19.41	20	0	4546.08	177.92	370

Frazione fine (%)	Validità
5	Valido
5	Valido
5	Valido
25	Valido

Correzione per la magnitudo (MSF)

2.09

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza a Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
3.60	60.208	58.247	274.722	220.000	0.972	0.206	0.081	2.55	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
3.80	63.738	59.815	272.903	220.000	0.971	0.202	0.083	2.44	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
4.00	67.542	61.658	297.925	220.000	0.969	0.251	0.085	2.94	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
4.20	71.346	63.501	295.740	220.000	0.968	0.246	0.087	2.82	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
4.40	75.150	65.343	293.632	220.000	0.966	0.242	0.089	2.72	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
4.60	78.954	67.186	291.598	220.000	0.965	0.238	0.091	2.62	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
4.80	82.758	69.029	289.632	220.000	0.963	0.235	0.093	2.53	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
5.00	86.562	70.871	287.731	220.000	0.962	0.231	0.094	2.45	Terreno non	0.00	Molto basso

									suscettibile di liquefazione		
5.20	90.366	72.714	285.890	220.000	0.960	0.227	0.096	2.37	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
5.40	94.366	74.753	397.919	206.667	0.959	0.466	0.097	4.80	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
5.60	98.366	76.791	395.252	206.667	0.957	0.460	0.098	4.67	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
5.80	102.366	78.830	392.671	206.667	0.956	0.453	0.100	4.55	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
6.00	106.366	80.869	390.173	206.667	0.954	0.447	0.101	4.44	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
6.20	110.366	82.907	387.751	206.667	0.953	0.442	0.102	4.34	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
6.40	114.366	84.946	385.404	206.667	0.951	0.436	0.103	4.24	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
6.60	118.366	86.985	383.125	206.667	0.950	0.431	0.104	4.15	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
6.80	122.366	89.023	380.913	206.667	0.948	0.426	0.105	4.07	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
7.00	126.366	91.062	378.763	206.667	0.946	0.421	0.105	3.99	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
7.20	130.366	93.101	376.672	206.667	0.945	0.416	0.106	3.92	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
7.40	134.366	95.139	374.638	206.667	0.943	0.411	0.107	3.85	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

7.60	138.366	97.178	372.657	206.667	0.942	0.407	0.108	3.78	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
7.80	142.366	99.217	370.728	206.667	0.940	0.402	0.108	3.72	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
8.00	146.366	101.255	368.848	206.667	0.939	0.398	0.109	3.65	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
8.20	150.366	103.294	367.014	206.667	0.937	0.394	0.110	3.60	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
8.40	154.366	105.333	365.225	206.667	0.936	0.390	0.110	3.54	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
8.60	158.366	107.371	363.479	206.667	0.934	0.386	0.111	3.49	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
8.80	162.366	109.410	361.774	206.667	0.933	0.382	0.111	3.44	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
9.00	166.366	111.449	360.108	206.667	0.931	0.379	0.112	3.39	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
9.20	170.366	113.487	358.480	206.667	0.928	0.375	0.112	3.35	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
9.40	174.366	115.526	356.888	206.667	0.923	0.372	0.112	3.32	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
9.60	178.366	117.565	355.330	206.667	0.918	0.368	0.112	3.30	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
9.80	182.366	119.603	353.807	206.667	0.912	0.365	0.112	3.27	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
10.00	186.366	121.642	352.315	206.667	0.907	0.362	0.112	3.24	Terreno non suscettibile di	0.00	Molto basso

									liquefazione		
10.20	190.366	123.681	350.854	206.667	0.902	0.359	0.111	3.22	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
10.40	194.366	125.720	349.423	206.667	0.896	0.356	0.111	3.20	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
10.60	198.366	127.758	348.020	206.667	0.891	0.353	0.111	3.17	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
10.80	202.366	129.797	346.646	206.667	0.886	0.350	0.111	3.15	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11.00	206.366	131.835	345.298	206.667	0.880	0.347	0.111	3.13	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11.20	210.366	133.874	343.976	206.667	0.875	0.344	0.110	3.12	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11.40	214.366	135.913	342.678	206.667	0.870	0.341	0.110	3.10	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11.60	218.366	137.952	341.405	206.667	0.864	0.339	0.110	3.08	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11.80	222.366	139.990	340.155	206.667	0.859	0.336	0.110	3.07	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
12.00	226.366	142.029	338.928	206.667	0.854	0.333	0.109	3.05	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
12.20	230.366	144.068	337.723	206.667	0.848	0.331	0.109	3.04	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
12.40	234.366	146.106	336.538	206.667	0.843	0.328	0.109	3.03	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
12.60	238.366	148.145	335.375	206.667	0.838	0.326	0.108	3.01	Terreno non	0.00	Molto basso

									suscettibile di liquefazione		
12.80	242.366	150.184	334.231	206.667	0.832	0.324	0.108	3.00	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
13.00	246.366	152.222	333.106	206.667	0.827	0.321	0.107	2.99	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
13.20	250.366	154.261	332.000	206.667	0.822	0.319	0.107	2.98	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
13.40	254.366	156.300	330.912	206.667	0.816	0.317	0.107	2.97	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
13.60	258.366	158.338	329.842	206.667	0.811	0.315	0.106	2.96	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
13.80	262.366	160.377	328.788	206.667	0.806	0.313	0.106	2.95	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
14.00	266.366	162.416	327.752	206.667	0.800	0.310	0.105	2.95	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
14.20	270.366	164.454	326.731	206.667	0.795	0.308	0.105	2.94	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
14.40	274.366	166.493	325.726	206.667	0.790	0.306	0.104	2.93	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
14.60	278.366	168.532	324.737	206.667	0.784	0.304	0.104	2.93	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
14.80	282.366	170.570	323.762	206.667	0.779	0.302	0.104	2.92	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
15.00	286.366	172.609	322.802	206.667	0.774	0.300	0.103	2.92	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

15.20	290.366	174.648	321.856	206.667	0.768	0.299	0.103	2.91	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
15.40	294.366	176.686	320.923	206.667	0.763	0.297	0.102	2.91	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
15.60	298.366	178.725	320.004	206.667	0.757	0.295	0.102	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
15.80	302.366	180.764	319.098	206.667	0.752	0.293	0.101	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
16.00	306.366	182.802	318.205	206.667	0.747	0.291	0.100	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
16.20	310.366	184.841	317.324	206.667	0.741	0.290	0.100	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
16.40	314.366	186.880	316.455	206.667	0.736	0.288	0.099	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
16.60	318.366	188.918	315.597	206.667	0.731	0.286	0.099	2.89	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
16.80	322.366	190.957	314.752	206.667	0.725	0.285	0.098	2.89	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
17.00	326.366	192.996	313.917	206.667	0.720	0.283	0.098	2.89	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
17.20	330.366	195.034	313.094	206.667	0.715	0.281	0.097	2.89	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
17.40	334.366	197.073	312.281	206.667	0.709	0.280	0.097	2.89	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
17.60	338.366	199.112	311.478	206.667	0.704	0.278	0.096	2.89	Terreno non suscettibile di	0.00	Molto basso

									liquefazione		
17.80	342.366	201.150	310.686	206.667	0.699	0.277	0.095	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
18.00	346.366	203.189	309.904	206.667	0.693	0.275	0.095	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
18.20	350.366	205.228	309.131	206.667	0.688	0.274	0.094	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
18.40	354.366	207.266	308.368	206.667	0.683	0.272	0.094	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
18.60	358.366	209.305	307.615	206.667	0.677	0.271	0.093	2.91	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
18.80	362.366	211.344	306.870	206.667	0.672	0.269	0.093	2.91	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
19.00	366.366	213.382	306.134	206.667	0.667	0.268	0.092	2.91	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
19.20	370.366	215.421	305.408	206.667	0.661	0.266	0.091	2.92	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
19.40	374.366	217.460	304.689	206.667	0.656	0.265	0.091	2.92	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
19.60	378.366	219.498	303.979	206.667	0.651	0.264	0.090	2.93	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
19.80	382.366	221.537	303.278	206.667	0.645	0.262	0.089	2.93	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
20.00	386.366	223.576	302.584	206.667	0.640	0.261	0.089	2.94	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0  
Zcrit=20 m  
Rischio=Molto basso

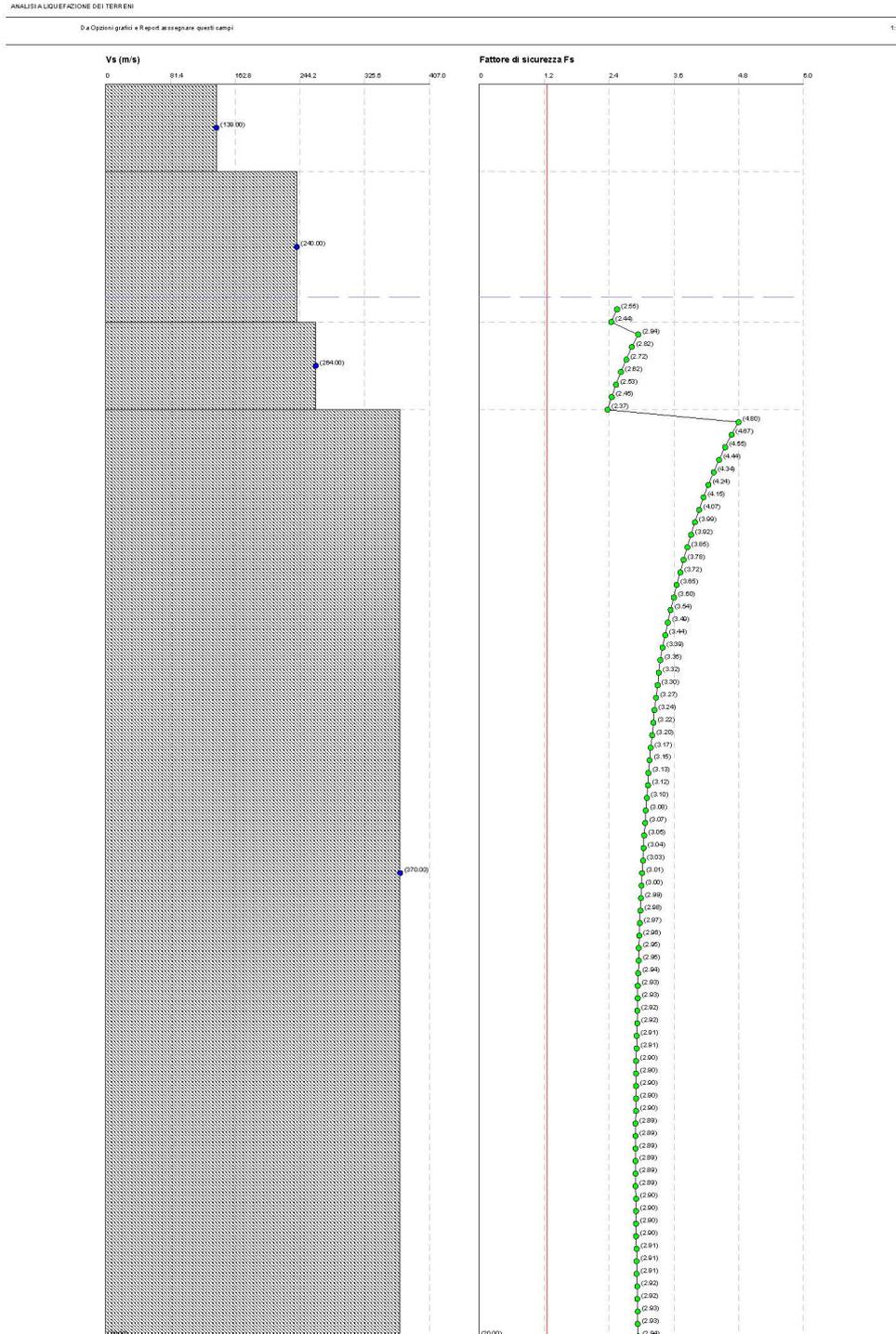


Fig. 7.2 – Grafico del valore del coefficiente di sicurezza Fs con la profondità

## 8.0 SINTESI DEI DATI E RACCOMANDAZIONI

Scopo del presente studio geologico e sismico è stato quello di fornire, indicazioni sulla natura geologica, litostratigrafica e sismica dei terreni che caratterizzano il sottosuolo del lotto su cui sono previsti gli interventi inerenti i “LAVORI DI COMPLETAMENTO E CAMBIO DI DESTINAZIONE D'USO PER REALIZZAZIONE DI CASA FUNERARIA E DEL COMMIO DEL FABBRICATO SITO ALLA VIA ADRIATICA NORD”, nel territorio comunale di Francavilla al Mare (CH).

*Sulla base delle indicazioni di carattere sismico, geologico, stratigrafico e geomorfologico inerenti i terreni interessati dalle opere in progetto, si è ricavato quanto segue:*

- La successione stratigrafica schematica del sito, consultabile nel capitolo inerente le caratteristiche litostratigrafiche del sito, risulta essere caratterizzata da diversi orizzonti aventi diverse caratteristiche litotecniche e/o geotecniche. Un accorgimento di carattere stratigrafico e quindi geotecnico, consiste nel fatto che la natura deposizionale dei terreni presenti in sito, fa ritenere possibile la tendenza degli strati a presentarsi secondo geometrie lenticolari, caratterizzati da possibili discontinuità laterali e verticali di facies, che si traduce, in una variabilità degli spessori dei litotipi investigati.
- Relativamente alla circolazione idrica superficiale dell'area studiata, al momento del rilevamento e delle indagini, è stata identificata la presenza di un livello piezometrico alla profondità di 3,40 m dal locale piano campagna; non si esclude che tale livello sia legato strettamente alle precipitazioni meteoriche e sia soggetto ad oscillazioni aventi carattere stagionale.
- Dal punto di vista sismico, è stata condotta sul sito un'indagine sismica attiva tipo MASW e Re.Mi, che ha permesso classificare il suolo di fondazione del sito in oggetto, assegnando allo stesso la categoria di tipo C.
- Il sito ricade in un'area caratterizzato da una categoria topografica equivalente a T1.
- Vista la situazione stratigrafica locale si raccomanda di predisporre il piano di posa delle fondazioni ed effettuare le verifiche numeriche sulla scorta delle indicazioni di carattere stratigrafico fornite nella presente, tenendo debitamente conto delle marcate differenze litostratigrafiche presenti all'interno dell'area di sedime delle opere da realizzare.
- Si raccomanda di tenere in debita considerazione le disuniformità degli strati di terreno e verificare l'entità dei cedimenti differenziali attesi sotto il piano di fondazione che pertanto dovranno essere calcolati.

- Si raccomanda di tenere in debita considerazione la presenza, lo spessore ed il grado di eterogeneità degli orizzonti A ed A', caratterizzati da terreno di riporto alterato e contraddistinto da scadenti proprietà fisico-meccaniche. Nello specifico si pone in evidenza che in corrispondenza della prova penetrometrica CPT 2, tali terreni mostrano un grado di consistenza scarso e si presentano imbibiti di acqua proveniente per lo più dai drenaggi perimetrali dell'edificio esistente.
- I parametri geotecnici forniti in questo studio sono da intendersi come indicativi, calcolati in media per ogni singolo orizzonte individuato nella stratigrafia di sito, ed ottenuti sulla base di dati diretti e bibliografici. Per la determinazione dei parametri caratteristici da utilizzare nel modello geotecnico o per ottenere indicazioni su altri parametri geotecnici utili alla progettazione, il progettista si potrà avvalere delle informazioni fornite dalle indagini in sito presentate a corredo della presente, nonché di eventuali dati da ricercare mediante la predisposizione di ulteriori indagini atte a definire con precisione il modello geotecnico.
- Prevedere, nel caso di sbancamento per l'alloggio di fondazioni, adeguate protezioni agli scavi onde evitare l'innescò di rilasci tensionali a carico del terreno di fondazione.

Qualora in fase esecutiva si rilevi che la situazione stratigrafica differisca da quanto descritto nella presente relazione, e/o per ogni eventuale problema, si raccomanda di interpellare per tempo il sottoscritto al fine di ricercare, anche mediante la predisposizione di ulteriori indagini atte a definire il modello geotecnico, soluzioni mirate ad ottimizzare in ogni caso le scelte tecniche.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

Tanto si doveva in adempimento dell'incarico ricevuto.

Giuliano Teatino, Giugno 2021

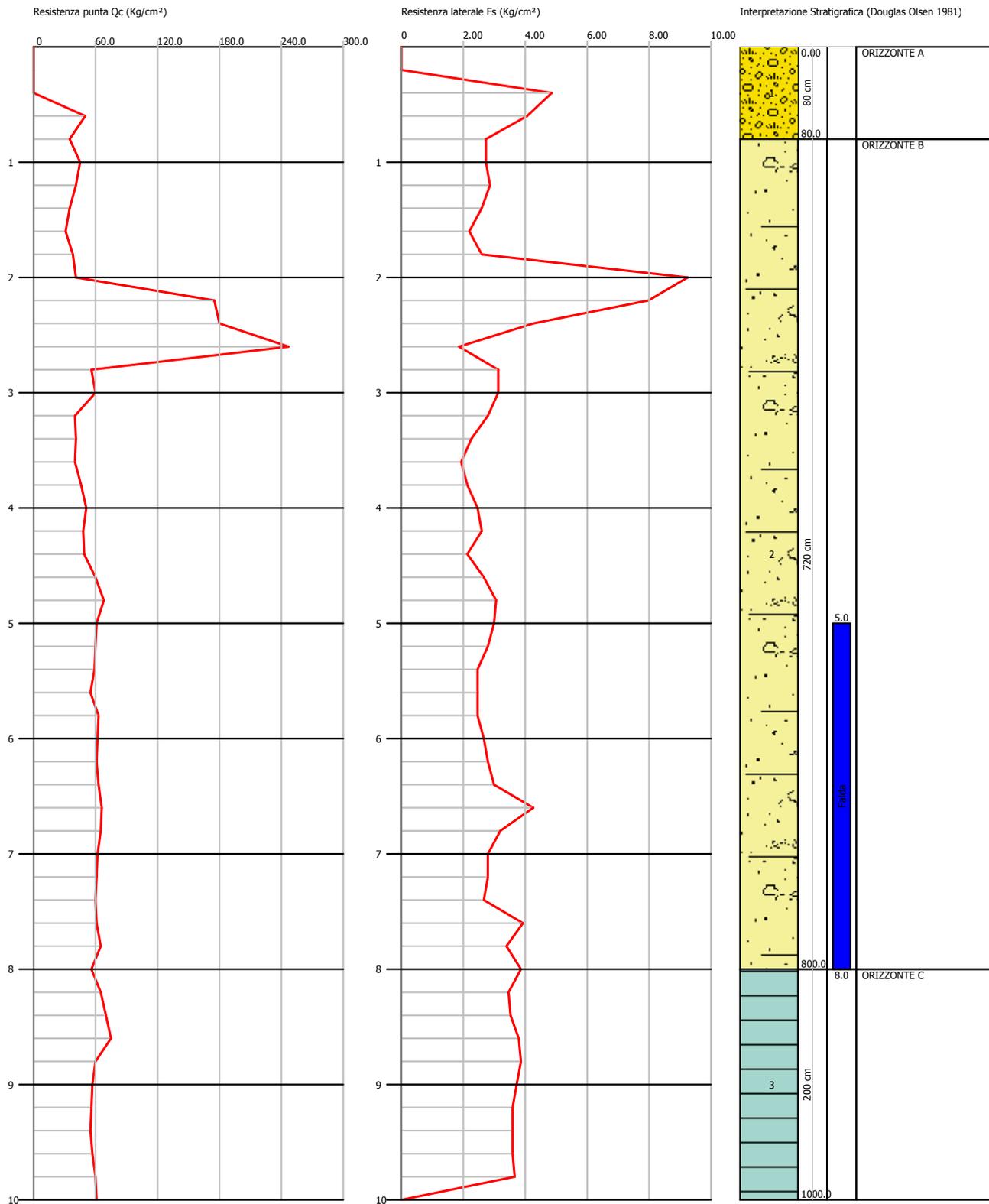
il tecnico incaricato  
**(Dott. Geol. Giovanni Barone)**

# ***ALLEGATI***

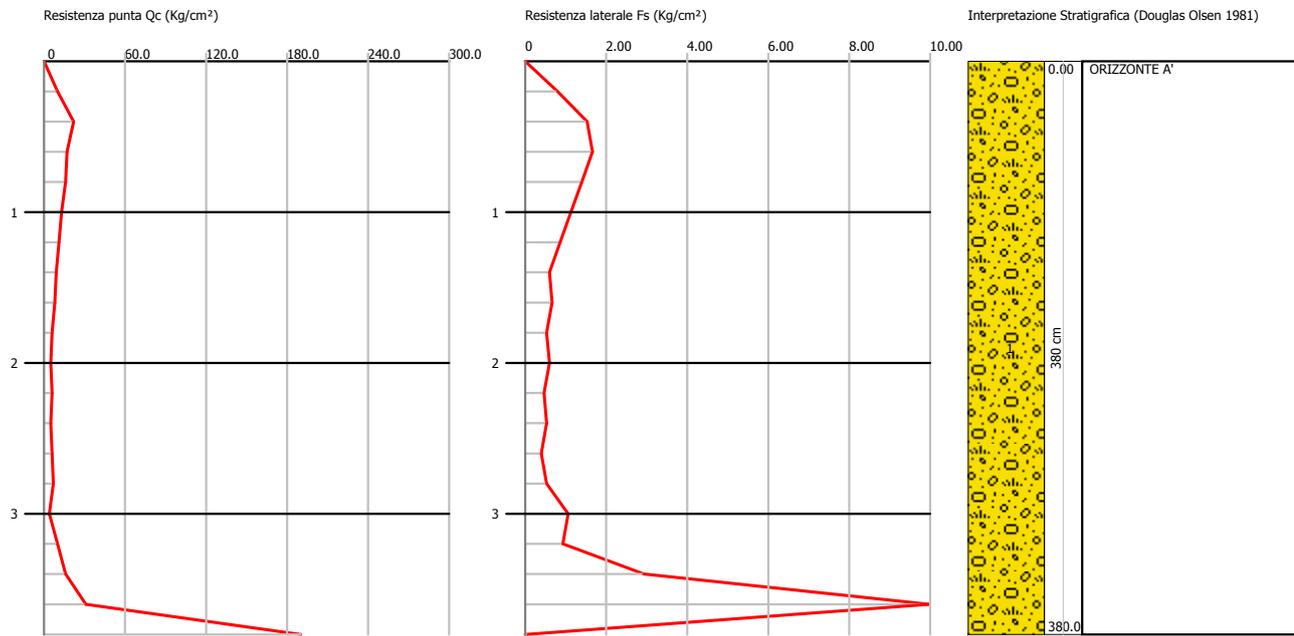
Probe CPT - Cone Penetration CPT 1  
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Data: 18/05/2021

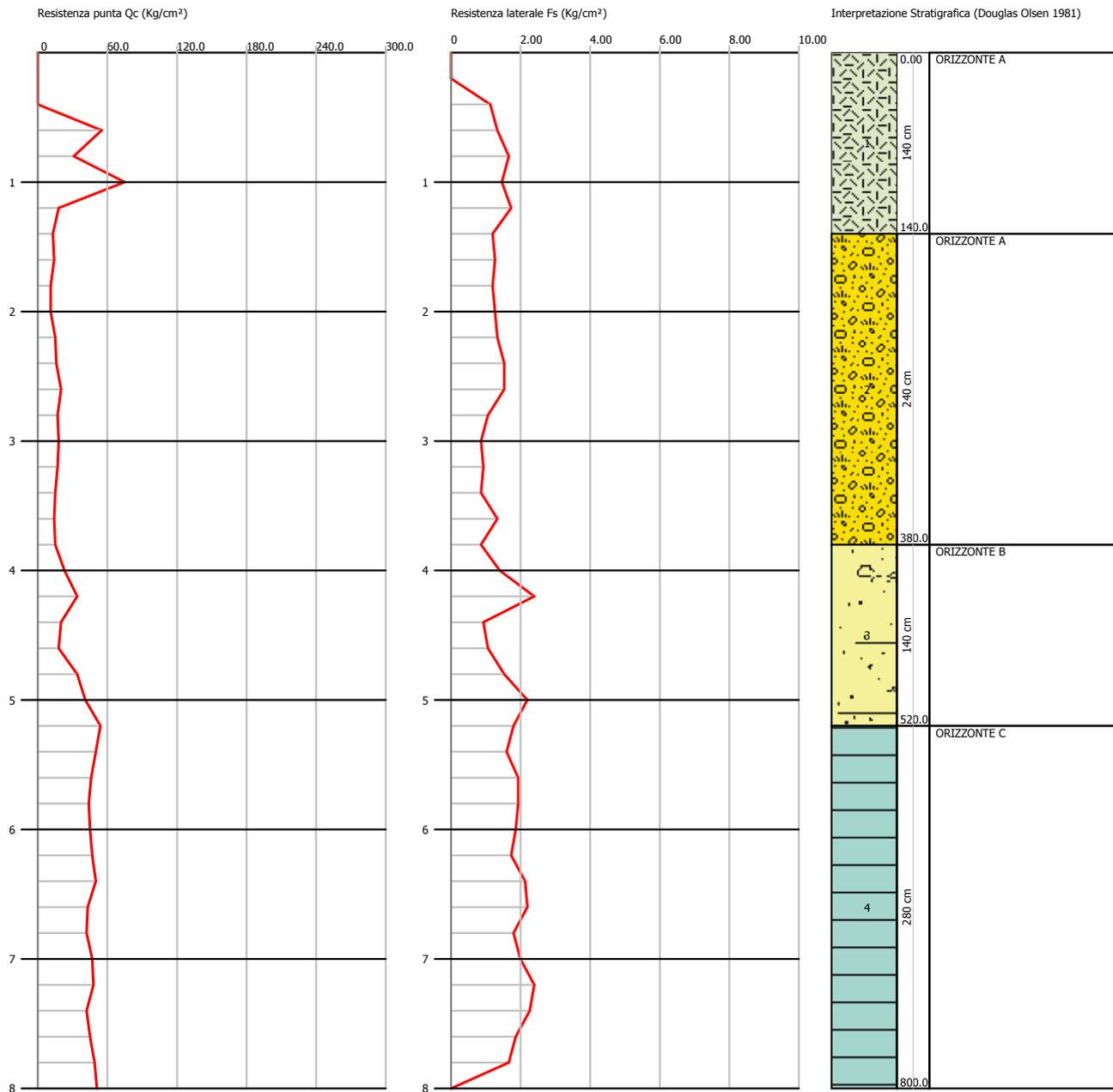
Località: Francavilla al Mare (CH) - Via Nazionale Adriatica



Località: Francavilla al Mare (CH) - Via Nazionale Adriatica



Località: Francavilla al Mare (CH) - Via Nazionale Adriatica



---

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

<b>Rif. Norme</b>	<b>ASTM D3441-86</b>
<b>Diametro Punta conica meccanica</b>	<b>35.7</b>
<b>Angolo di apertura punta</b>	<b>60</b>
<b>Area punta</b>	<b>10</b>
<b>Superficie manicotto</b>	<b>150</b>
<b>Passo letture (cm)</b>	<b>20</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>10</b>

**PROVA ...CPT 1**

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 18/05/2021

Profondità prova: 10.00 mt

Località: Francavilla al Mare (CH) - Via Nazionale Adriatica

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.0		
0.40	0.00	0.0	0.0	4.866667	0.0	
0.60	50.00	123.0	50.0	4.066667	12.295	8.1
0.80	35.00	96.0	35.0	2.733333	12.805	7.8
1.00	45.00	86.0	45.0	2.733333	16.463	6.1
1.20	41.00	82.0	41.0	2.866667	14.302	7.0
1.40	35.00	78.0	35.0	2.6	13.462	7.4
1.60	31.00	70.0	31.0	2.2	14.091	7.1
1.80	38.00	71.0	38.0	2.6	14.615	6.8
2.00	41.00	80.0	41.0	9.266666	4.424	22.6
2.20	175.00	314.0	175.0	8.0	21.875	4.6
2.40	180.00	300.0	180.0	4.266667	42.187	2.4
2.60	247.00	311.0	247.0	1.866667	132.321	0.8
2.80	56.00	84.0	56.0	3.133333	17.872	5.6
3.00	60.00	107.0	60.0	3.133333	19.149	5.2
3.20	40.00	87.0	40.0	2.8	14.286	7.0
3.40	41.00	83.0	41.0	2.266667	18.088	5.5
3.60	40.00	74.0	40.0	1.933333	20.69	4.8
3.80	46.00	75.0	46.0	2.133333	21.563	4.6
4.00	51.00	83.0	51.0	2.466667	20.676	4.8
4.20	48.00	85.0	48.0	2.6	18.462	5.4
4.40	49.00	88.0	49.0	2.133333	22.969	4.4
4.60	60.00	92.0	60.0	2.666667	22.5	4.4
4.80	68.00	108.0	68.0	3.066667	22.174	4.5
5.00	61.00	107.0	61.0	3.0	20.333	4.9
5.20	60.00	105.0	60.0	2.8	21.429	4.7
5.40	59.00	101.0	59.0	2.466667	23.919	4.2
5.60	55.00	92.0	55.0	2.466667	22.297	4.5
5.80	63.00	100.0	63.0	2.466667	25.541	3.9
6.00	62.00	99.0	62.0	2.666667	23.25	4.3
6.20	61.00	101.0	61.0	2.8	21.786	4.6
6.40	63.00	105.0	63.0	3.0	21.0	4.8
6.60	66.00	111.0	66.0	4.266667	15.469	6.5
6.80	65.00	129.0	65.0	3.2	20.313	4.9
7.00	62.00	110.0	62.0	2.8	22.143	4.5
7.20	61.00	103.0	61.0	2.8	21.786	4.6
7.40	60.00	102.0	60.0	2.666667	22.5	4.4
7.60	61.00	101.0	61.0	3.933333	15.508	6.4
7.80	65.00	124.0	65.0	3.4	19.118	5.2
8.00	56.00	107.0	56.0	3.866667	14.483	6.9
8.20	65.00	123.0	65.0	3.466667	18.75	5.3
8.40	70.00	122.0	70.0	3.533333	19.811	5.0
8.60	75.00	128.0	75.0	3.8	19.737	5.1
8.80	60.00	117.0	60.0	3.866667	15.517	6.4
9.00	57.00	115.0	57.0	3.733333	15.268	6.5
9.20	56.00	112.0	56.0	3.6	15.556	6.4
9.40	55.00	109.0	55.0	3.6	15.278	6.5
9.60	57.00	111.0	57.0	3.6	15.833	6.3
9.80	60.00	114.0	60.0	3.666667	16.364	6.1
10.00	61.00	116.0	61.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
0.80	0.0	2.916667	ORIZZONTE A
8.00	65.88889	3.148149	ORIZZONTE B
10.00	61.6	3.286667	ORIZZONTE C

**PROVA ...CPT 2**

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 18/05/2021

Profondità prova: 3.80 mt

Località: Francavilla al Mare (CH) - Via Nazionale Adriatica

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	10.00	19.0	10.0	0.8	12.5	8.0
0.40	22.00	34.0	22.0	1.533333	14.348	7.0
0.60	17.00	40.0	17.0	1.666667	10.2	9.8
0.80	16.00	41.0	16.0	1.4	11.429	8.8
1.00	13.00	34.0	13.0	1.133333	11.471	8.7
1.20	11.00	28.0	11.0	0.866667	12.692	7.9
1.40	9.00	22.0	9.0	0.6	15.0	6.7
1.60	8.00	17.0	8.0	0.666667	12.0	8.3
1.80	6.00	16.0	6.0	0.533333	11.25	8.9
2.00	5.00	13.0	5.0	0.6	8.333	12.0
2.20	6.00	15.0	6.0	0.466667	12.857	7.8
2.40	5.00	12.0	5.0	0.533333	9.375	10.7
2.60	6.00	14.0	6.0	0.4	15.0	6.7
2.80	7.00	13.0	7.0	0.533333	13.125	7.6
3.00	4.00	12.0	4.0	1.066667	3.75	26.7
3.20	10.00	26.0	10.0	0.933333	10.714	9.3
3.40	16.00	30.0	16.0	2.933333	5.455	18.3
3.60	31.00	75.0	31.0	13.06667	2.372	42.2
3.80	190.00	386.0	190.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
3.80	10.05882	0.980392	ORIZZONTE A'

PROVA ...CPT 3

Committente: Dott. Geol. Barone Giovanni

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 18/05/2021

Profondità prova: 8.00 mt

Località: Francavilla al Mare (CH) - Via Nazionale Adriatica

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.0		
0.40	0.00	0.0	0.0	1.133333	0.0	
0.60	55.00	72.0	55.0	1.333333	41.25	2.4
0.80	31.00	51.0	31.0	1.666667	18.6	5.4
1.00	75.00	100.0	75.0	1.466667	51.136	2.0
1.20	18.00	40.0	18.0	1.733333	10.385	9.6
1.40	13.00	39.0	13.0	1.2	10.833	9.2
1.60	14.00	32.0	14.0	1.266667	11.053	9.0
1.80	11.00	30.0	11.0	1.2	9.167	10.9
2.00	11.00	29.0	11.0	1.266667	8.684	11.5
2.20	15.00	34.0	15.0	1.333333	11.25	8.9
2.40	16.00	36.0	16.0	1.533333	10.435	9.6
2.60	20.00	43.0	20.0	1.533333	13.043	7.7
2.80	17.00	40.0	17.0	1.066667	15.937	6.3
3.00	18.00	34.0	18.0	0.866667	20.769	4.8
3.20	17.00	30.0	17.0	0.933333	18.214	5.5
3.40	15.00	29.0	15.0	0.866667	17.308	5.8
3.60	14.00	27.0	14.0	1.333333	10.5	9.5
3.80	15.00	35.0	15.0	0.866667	17.308	5.8
4.00	23.00	36.0	23.0	1.4	16.429	6.1
4.20	34.00	55.0	34.0	2.4	14.167	7.1
4.40	20.00	56.0	20.0	0.933333	21.429	4.7
4.60	18.00	32.0	18.0	1.066667	16.875	5.9
4.80	34.00	50.0	34.0	1.533333	22.174	4.5
5.00	41.00	64.0	41.0	2.2	18.636	5.4
5.20	54.00	87.0	54.0	1.8	30.0	3.3
5.40	50.00	77.0	50.0	1.6	31.25	3.2
5.60	46.00	70.0	46.0	1.933333	23.793	4.2
5.80	44.00	73.0	44.0	1.933333	22.759	4.4
6.00	45.00	74.0	45.0	1.866667	24.107	4.1
6.20	47.00	75.0	47.0	1.733333	27.115	3.7
6.40	50.00	76.0	50.0	2.133333	23.438	4.3
6.60	43.00	75.0	43.0	2.2	19.545	5.1
6.80	42.00	75.0	42.0	1.8	23.333	4.3
7.00	47.00	74.0	47.0	2.0	23.5	4.3
7.20	48.00	78.0	48.0	2.4	20.0	5.0
7.40	42.00	78.0	42.0	2.266667	18.529	5.4
7.60	45.00	79.0	45.0	1.866667	24.107	4.1
7.80	49.00	77.0	49.0	1.666667	29.4	3.4
8.00	51.00	76.0	51.0	0.0		0.0

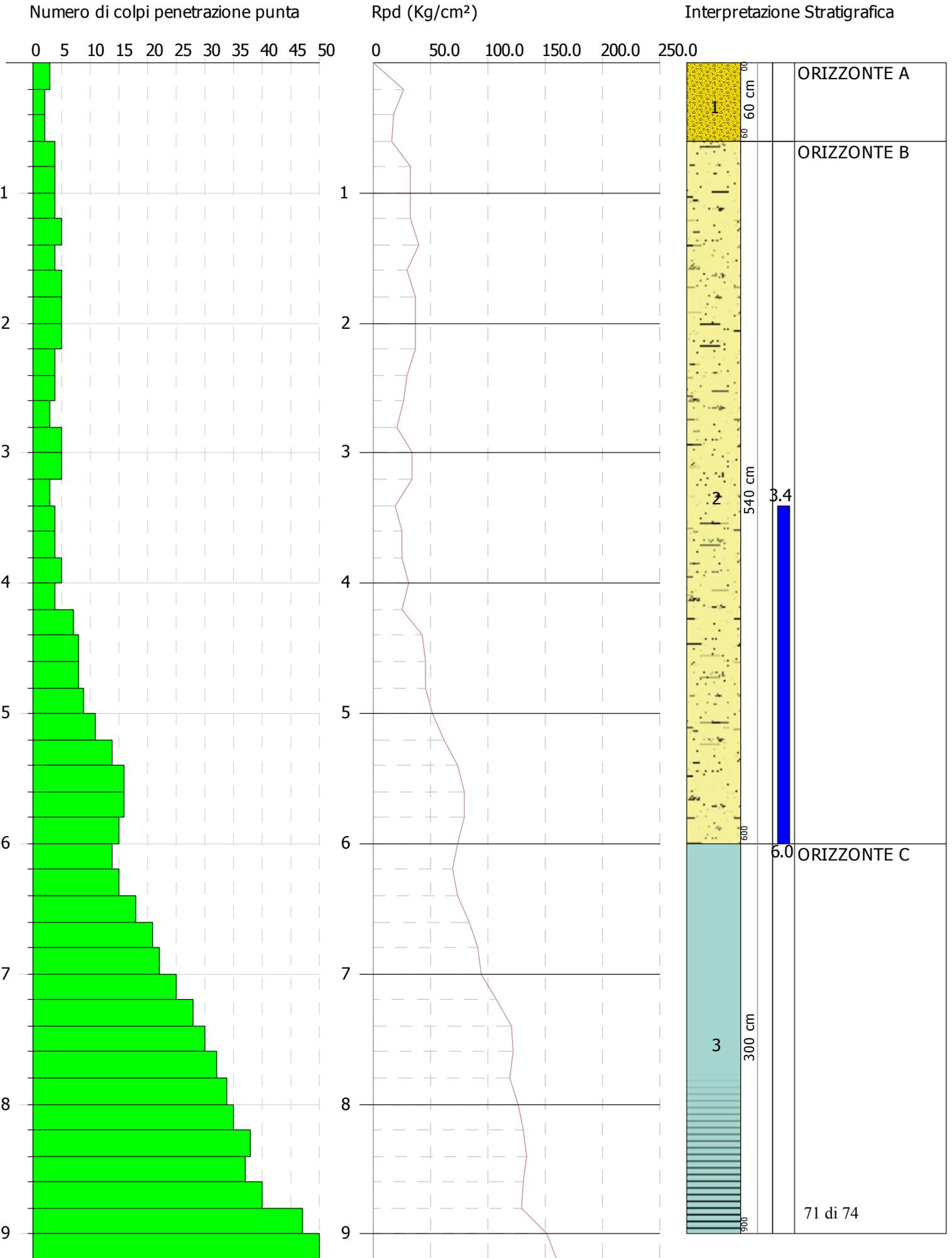
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
1.40	27.42857	1.219048	ORIZZONTE A
3.80	15.25	1.172222	ORIZZONTE A
5.20	32.0	1.619048	ORIZZONTE B
8.00	46.35714	1.814286	ORIZZONTE C

# PROVA DPSH

18-05-2021

Localita': Francavilla al Mare (CH) - Via Nazionale Adriatica

Scala 1:41



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

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 °

## PROVA ...DPSH

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 18-05-2021

Profondita' prova 9.20 mt

Falda 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	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	2	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	4	0.840	32.39	38.57	1.62	1.93
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	5	0.833	40.16	48.22	2.01	2.41
1.60	4	0.830	29.57	35.64	1.48	1.78
1.80	5	0.826	36.82	44.55	1.84	2.23
2.00	5	0.823	36.68	44.55	1.83	2.23
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	4	0.814	26.97	33.13	1.35	1.66
2.80	3	0.811	20.16	24.85	1.01	1.24
3.00	5	0.809	33.49	41.41	1.67	2.07
3.20	5	0.806	33.38	41.41	1.67	2.07
3.40	3	0.803	19.96	24.85	1.00	1.24
3.60	4	0.801	24.78	30.94	1.24	1.55
3.80	4	0.798	24.70	30.94	1.24	1.55
4.00	5	0.796	30.79	38.68	1.54	1.93
4.20	4	0.794	24.56	30.94	1.23	1.55
4.40	7	0.791	42.86	54.15	2.14	2.71
4.60	8	0.789	45.82	58.06	2.29	2.90
4.80	8	0.787	45.70	58.06	2.28	2.90
5.00	9	0.785	51.27	65.31	2.56	3.27
5.20	11	0.783	62.50	79.83	3.13	3.99
5.40	14	0.731	74.27	101.60	3.71	5.08
5.60	16	0.729	79.73	109.35	3.99	5.47
5.80	16	0.727	79.52	109.35	3.98	5.47
6.00	15	0.725	74.37	102.51	3.72	5.13
6.20	14	0.724	69.24	95.68	3.46	4.78
6.40	15	0.722	74.02	102.51	3.70	5.13
6.60	18	0.720	83.74	116.24	4.19	5.81
6.80	21	0.669	90.69	135.61	4.53	6.78
7.00	22	0.667	94.79	142.07	4.74	7.10
7.20	25	0.666	107.47	161.45	5.37	8.07
7.40	28	0.664	120.09	180.82	6.00	9.04
7.60	30	0.663	121.69	183.63	6.08	9.18
7.80	32	0.611	119.73	195.87	5.99	9.79
8.00	34	0.610	126.93	208.11	6.35	10.41

8.20	35	0.609	130.37	214.23	6.52	10.71
8.40	38	0.607	141.24	232.59	7.06	11.63
8.60	37	0.606	130.43	215.24	6.52	10.76
8.80	40	0.555	129.08	232.69	6.45	11.63
9.00	47	0.553	151.33	273.41	7.57	13.67
9.20	50	0.552	160.64	290.86	8.03	14.54

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con N <sub>spt</sub>	NSPT	Descrizione
0.6	2.33	23.94	1.47	3.43	ORIZZONTE A
6	4.76	39.82	1.47	7	ORIZZONTE B
9	29.07	179.34	1.47	42.73	ORIZZONTE C