

REGIONE EMILIA-ROMAGNA  
PROVINCIA DI FERRARA  
COMUNE DI CODIGORO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON PRODUZIONE AGRICOLA E DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA, DI POTENZA PARI A 24,9 MW E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA UBICARSI NEL COMUNE DI CODIGORO (FE)

Timbri autorizzativi

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	Codice Pratica Terna	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID Cliente	Project ID Interno	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	202401788	Relazione	-	COD	COD	COD-ENG.GEO-1000	05/02/2026	-

REVISIONI

VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Dft.00	05/02/2026	Prima Emissione			

IL PROPONENTE



PROGETTO DI

**i-Pergola**<sup>®</sup>

TECNICO INCARICATO



**ELEMENTS CODIGORO SRL**

Sede in via Beato S. Valfrè n. 14,  
Torino (TO), 10121  
CF e P.iva: 13328390011  
Mail: elements.codigoro@legalmail.it

**I-PERGOLA SRL SOCIETÀ BENEFIT**

Sede legale: Via Flero 28,  
Brescia (BS), 25125  
P.Iva: 00747010197  
PEC: i-pergolasrl@pec.it

**GEOAmbiente srl**

Sede legale: Via Cavour, 53  
Castiglione delle Stiviere, 46043  
Mail: info@geoambiente.net  
P.IVA 02449300207

## RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA RELAZIONE GEOTECNICA

*ai sensi della DGR X/2616 e D.M. 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni"*

### REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI

**COMMITTENTE:** **ELEMENTS CODIGORO S.R.L.**  
Via Beato S. Vaifrè n. 14  
10121 Torino (TO)

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b> .....	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA</b> .....	<b>7</b>
3.1	VINCOLI.....	7
<b>4.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>8</b>
4.1	GEOLOGIA DELL'AREA .....	8
4.2	UNITÀ LITOLOGICHE AFFIORANTI .....	9
4.3	GEOMORFOLOGIA E IDROLOGIA SUPERFICIALE .....	9
<b>5.</b>	<b>IDROGEOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
5.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	11
<b>6.</b>	<b>AZIONE SISMICA (MODELLO SISMICO DEL SITO)</b> .....	<b>12</b>
4	.....	12
5.1	PERICOLOSITÀ DI RIFERIMENTO PER IL TERRITORIO NAZIONALE E REGIONALE .....	12
5.2	INDAGINE SISMICA HVSR.....	14
5.1.1	STRUMENTAZIONE .....	15
5.1.2	ELABORAZIONE DEI DATI .....	16
5.3	INDAGINE SISMICA MASW .....	17
5.1.3	STRUMENTAZIONE .....	18
5.1.4	ELABORAZIONE DEI DATI .....	19
5.4	RISULTATI.....	20
5.5	DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE .....	34
<b>6.</b>	<b>AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL SITO – VERIFICA 1° - 2° LIVELLO</b> .....	<b>35</b>
6.1	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE.....	36
6.2	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA LOCALE .....	38
6.2.1	LIVELLO 1 DI APPROFONDIMENTO .....	38
6.2.2	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO - AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA REGIONE EMILIA- ROMAGNA39	

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 2
---------------	---------------------	--------	------------	----------

**7. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI PROGETTO ..... 41**

**8. INDAGINE GEOGNOSTICA..... 43**

    8.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE TIPO CPT (CONE PENETRATION TEST).....44

**9. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ..... 56**

    • **MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO .....56**

    • **MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO .....56**

**10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE..... 58**

**11. TERRE E ROCCE DA SCAVO..... 59**

**12. CONCLUSIONI..... 61**

**INDICE DELLE TAVOLE E ALLEGATI:**

- TAV 1 - Corografia generale in scala 1:10.000;
- TAV 2 - Estratto di mappa catastale in scala 1:7.000;
- TAV 3 - Carta geologica in scala 1:10.000;
- TAV 4 - Ubicazione indagini geognostiche;
- Tabulati e diagrammi prove penetrometriche statiche tipo CPT.

• **NORMATIVA DI SETTORE DI RIFERIMENTO**

- Eurocodice 8 (1998) - **Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici (2003);**
- Eurocodice 7.1 (1997) - **Progettazione geotecnica – Parte I: regole generali UNI;**
- Eurocodice 7.3 (2002) - **Progettazione geotecnica – Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002);**
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - **Testo unico “Norme Tecniche per le Costruzioni”;**
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - **Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008. Circolare 2 Febbraio 2009 e succ. mod. ed integrazioni;**
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - **Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;**
- **L.R. 24.03.2000, n°20** “Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio” e s.m.i.;
- **Deliberazione G.R. n° 1677 del 24.10. 2005** “Prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005 recante "Norme tecniche per le costruzioni";
- **Delibera Assemblea Legislativa Emilia-Romagna n°112 del 2.5.2007** - Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.
- **L.R. 30.10.2008, n°19** “Norme per la riduzione del rischio sismico.”;
- **Decreto 17/01/2018** “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” – Supplemento ordinario GU n. 42 del 20/02/2018.

• **BIBLIOGRAFIA**

- **PSC del Comune di CODIGORO (FE)** e relative norme di attuazione;
- Pianificazione Regionale e Provinciale.
- Cartografia e basi informative geografiche e tematiche.

• **ACQUE E SUOLO**

- D. Lgs. 152/2006 artt. 184bis - 184ter -185 – 186 “Testo unico ambiente o codice dell'ambiente”.
- Piano di Gestione del rischio alluvioni del fiume Po PGRA gazzetta Ufficiale Rep. Italiana n. 30 06/02/2017;
- Criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica.

• **TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164. (17G00135) (GU n.183 del 7/8/2017).

• **WEB**

- Sistema informativo territoriale regionale.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 4
---------------	---------------------	--------	------------	----------

## 1. PREMESSA

Per conto del committente delle opere in progetto, Elements Codigoro S.r.l., è stato svolto uno studio geologico, idrogeologico e sismico e redatta la presente relazione geologica, idrogeologica e sismica con modello geotecnico a corredo del progetto di “realizzazione di nuovi campi agrivoltaici” di un’area sita nel comparto nord-occidentale del Comune di Codigoro (FE), in direzione Jolanda di Savoia, in area rurale a prevalente destinazione agricola cascine sparse.

La presente relazione, sintesi e compendio dei dati acquisiti durante il rilevamento geologico dell’area e le indagini geognostiche e sismiche appositamente eseguite nell’area di intervento, è finalizzata alla definizione dell’assetto geologico, idrogeologico e sismico del sito, con particolare riguardo alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche ed alle proprietà fisico meccaniche dei terreni coinvolti dalle opere in progetto, per la valutazione della fattibilità dell’intervento sulla base del modello geologico-sismico e geotecnico dell’area, necessario alla successiva progettazione esecutiva delle nuove opere di fondazione.

Per le notizie di carattere geologico generale è stato consultato il documento di pianificazione urbanistica comunale (PGT) nonché la documentazione geologica generale disponibile in letteratura, integrata da rilievi eseguiti in campagna, basati sull’osservazione delle forme del territorio e delle litologie superficiali, correlati al passato geologico dell’area.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alla vigente normativa DM 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018” (Cap. 6 Progettazione geotecnica e Cap. 7 Progettazione per azioni sismiche). Si precisa che il presente documento contiene sia la “Relazione geologica” che riporta le risultanze dello studio volto alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito di indagine che il piano delle indagini geognostiche con la definizione del modello geotecnico preliminare necessario per eseguire le verifiche preliminari finalizzate alla definizione della resistenza di progetto del terreno di fondazione sulla scorta delle azioni di carico previste e dei cedimenti attesi agli stati limite e di esercizio.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 5
---------------	---------------------	--------	------------	----------

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di intervento consta di un appezzamento di terreno di forma irregolare sito poco fuori l'abitato di Codigoro, in direzione del Comune di Jolanda di Savoia, in zona agricola a prevalente destinazione agricola con cascine sparse.

Da un punto di vista geomorfologico l'area in questione si dispone sub-pianeggiante ad una quota altimetrica media di -4.0 m s.l.m., in corrispondenza dei sedimenti fluvio-deltizi e palustri prevalentemente argillosi, limosi e sabbiosi costituenti l'Unità di Modena (Pleistocene – Olocene), frequentemente intercalati o ricoperti da livelli torbosi e organici di spessore variabile.

Geograficamente l'area è rappresentata nella CTR REMR (Carta Tecnica Regionale della Regione Emilia-Romagna) alla scala 1: 5.000 alla sezione 187093 con coordinate baricentriche dell'area (WGS 84): 44°51'07' latitudine N, 10°01'34" longitudine E.

Dal punto di vista geologico l'area è rappresentata a scala regionale nel foglio n. 77 "Comacchio" della CGI (Carta Geologica D'Italia) alla scala 1:100.000 ed in maggior dettaglio nella Carta Geologica alla scala 1: 25.000 (Tav 18) dello studio geologico a corredo del vigente PSC comunale.



### 3. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA

#### 3.1 Vincoli

La fase di progettazione preliminare e di valutazione della fattibilità dell'intervento ha previsto l'analisi delle limitazioni d'uso del territorio (vincoli) in particolar modo quelli descritti e previsti nella relazione geologica a corredo del vigente strumento urbanistico e quelli relativi alla normativa sovraordinata (PTCP, Ambiente, Regione e di Bacino). Sulla base di detta analisi si afferma che secondo il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) l'area oggetto di intervento rientra nei seguenti scenari:

- Ambito territoriale denominato "Reticolo Idrografico Principale (RP)", nello scenario di pericolosità P1-L (Alluvioni a bassa probabilità, per alluvioni rare, con tempo di ritorno fino a 500 anni), e nell'ambito territoriale denominato "Reticolo Idrografica Secondario di Pianura (RSP)", nello scenario di pericolosità P2-M (Alluvioni a media probabilità, poco frequenti, con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni), e nella classe di rischio R1 (rischio moderato).

**Le opere in progetto prevedono la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico e non contemplano opere che interferiscono con il normale deflusso delle acque. Ciò premesso si ritiene quindi che le opere in progetto siano compatibili con i vincoli e le limitazioni presenti.**

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 7
---------------	---------------------	--------	------------	----------

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

##### 4.1 Geologia dell'area

L'attuale assetto geologico della Pianura Padana è il risultato di una lunga e complessa evoluzione geodinamica iniziata centinaia di milioni di anni fa, quando in corrispondenza dell'area oggi occupata dalla pianura si estendeva il bacino oceanico della Tetide. Questo bacino fu progressivamente deformato e obliterato dalla convergenza e successiva collisione tra la placca Africana e quella Euroasiatica, dando origine alle principali catene montuose europee, tra cui le Alpi e gli Appennini.

L'attività orogenetica ha determinato l'innalzamento di grandi ammassi rocciosi, la cui erosione ha prodotto ingenti volumi di sedimenti. Tali sedimenti si sono accumulati nel bacino padano, una struttura subsidente profondamente condizionata dalla tettonica compressiva generata dallo scontro tra i due margini di placca. Il progressivo sprofondamento del bacino, alimentato dalla spinta nord-orientale delle falde appenniniche, ha creato una profonda avanfossa nella quale si sono depositati spessori plurimilenari di materiali clastici, che costituiscono oggi il substrato della pianura.

L'evoluzione strutturale del bacino padano è strettamente connessa alla dinamica tettonica dei sistemi Sudalpino e Appenninico, che hanno prodotto un'articolata struttura a pieghe e faglie con orientamenti prevalenti NNWSSE, WNW-ESE e N-S. Queste deformazioni hanno compartimentato l'area in blocchi strutturalmente differenziati, con alternanza di bacini e alti strutturali locali. Nell'area orientale, a est della linea Modena-Nogara, si riconoscono distinte province geologiche: il fronte sudalpino, l'isoclinale padano-veneta, la dorsale Cavone-Ferrara (che delimita il margine settentrionale dell'Appennino padano), e il fronte delle pieghe appenniniche. Le fasi tettoniche principali si sono sviluppate dal Burdigaliano al Pleistocene, generando una sequenza di ambienti deposizionali marini, costieri, deltizi e lagunari che si sono succeduti in funzione delle variazioni locali di sollevamento e subsidenza. A partire dal Pliocene medio si attiva un'importante fase subsidente, che perdura per tutto il Quaternario inferiore. Nel Quaternario recente la sedimentazione continentale prevale sulla subsidenza e, in seguito alle glaciazioni, si registra un'inversione del trend con il progressivo arretramento della linea di costa, culminato con la trasgressione post-flandriana che ha condotto alla configurazione geomorfologica attuale. Nel territorio del Basso Ferrarese, la stratigrafia plio-quadernaria è caratterizzata da un'alternanza di sedimenti sabbiosi, limosi e argillosi, disposti in livelli singoli o combinati, con una struttura che presenta anticlinali e sinclinali poco accentuate e, localmente, trappole sedimentarie o tettoniche più sviluppate alla base della serie. I sedimenti quaternari sciolti raggiungono spessori di circa 2.000 metri, sovrastando sedimenti pliocenici medio-superiori il cui letto si trova a circa 3.200 metri di profondità. Al di sotto si rinvengono le formazioni litificate del Pliocene inferiore, Miocene, Paleogene e Mesozoico, fino a profondità di circa 5.000 metri.

Dal punto di vista dinamico, la Pianura Padana è soggetta a fenomeni di subsidenza naturale con valori medi annui compresi tra 0,2 e 0,3 cm/anno, imputabili a compattazione dei sedimenti, variazioni eustatiche e movimenti isostatici. Il bacino mostra un movimento di basculamento con sollevamento

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 8
---------------	---------------------	--------	------------	----------

nella parte occidentale e abbassamento in quella orientale, lungo un asse orientato NE-SW (Brescia-Genova), con implicazioni dirette sull'idrodinamica superficiale e sotterranea.

Nel complesso, il quadro geologico dell'area testimonia un'evoluzione tettono-sedimentaria articolata e ancora attiva.

**Dall'analisi della Carta geologica d'Italia 1:50.000 e dalla Carta della Litologia superficiale (Tav. 18) allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PSC del Comune di Codigoro, l'area oggetto del presente studio risulta impostata in corrispondenza dei sedimenti fluvio-deltizi e palustri prevalentemente argillosi, limosi e sabbiosi costituenti l'Unità di Modena (Pleistocene – Olocene), frequentemente intercalati o ricoperti da livelli torbosi e organici di spessore variabile.**

#### 4.2 Unità litologiche affioranti

Nel territorio comunale di Codigoro affiorano sostanzialmente depositi legati ad ambienti deposizionali di tipo fluviali e costieri. In particolare:

- **territorio occidentale del comprensorio comunale: territori anticamente occupati dai bacini vallivi, testimoni di ambienti deposizionali di bassa energia idrodinamica, dominano in affioramento le litologie composte da miscele ternarie da sabbia-limo-argilla alternate a miscele binarie di argilla-sabbia.**
- territorio orientale: in corrispondenza degli allineamenti di paleodune costiere, testimoni di ambienti deposizionali di alta energia idrodinamica, dominano le litologie sabbiose.

Le uniche aree caratterizzate dalla presenza di torba sono localizzate ad ovest di Codigoro, lungo il confine settentrionale del territorio comunale, all'interno della grande Bonifica Ferrarese.

#### 4.3 Geomorfologia e idrologia superficiale

Il territorio comunale di Codigoro è localizzato nel settore più orientale della bassa pianura emiliana, in una porzione di pianura deltizia che risulta profondamente modellata dall'attività fluviale del sistema padano e, in misura rilevante, da fenomeni marini e antropici. L'assetto geomorfologico attuale è il risultato di un'evoluzione iniziata a partire dal Quaternario e che continua fino all'età contemporanea.

Durante il Pleistocene inferiore e medio, il bacino padano si comportava come un grande apparato alluvionale alimentato sia dai corsi d'acqua provenienti dalle Alpi che da quelli originati dalla dorsale appenninica. Il sistema fluviale principale, rappresentato dal fiume Po, era caratterizzato da un regime fluviale intrecciato (braided), con elevata energia e capacità di trasporto. Ciò ha determinato la formazione di un vasto conoide alluvionale, che si è progressivamente espanso verso est, costruendo i primi lineamenti della pianura attuale.

Nel corso del Pleistocene superiore, in concomitanza con la glaciazione würmiana, si registrò un marcato abbassamento del livello del mare (fino a circa -120 m s.l.m.), che comportò l'incisione

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 9
---------------	---------------------	--------	------------	----------

profonda degli alvei fluviali principali e lo svuotamento delle valli. Con la successiva deglaciazione olocenica, si assistette a un rapido innalzamento del livello marino e a una concomitante riduzione dell'energia fluviale, con conseguente deposizione di sedimenti prevalentemente fini (limo-argillosi) lungo le piane alluvionali.

Nel corso dell'Olocene medio e recente, l'avanzamento della linea di costa proseguì in modo significativo grazie all'apporto sedimentario del fiume Po e dei suoi rami attivi. In particolare, nell'area di Codigoro ebbero un ruolo determinante i paleoalvei del Po di Adria e del Po di Volano, che contribuirono alla costruzione di nuove superfici pianeggianti e alla formazione di sistemi litoranei sabbiosi e cordoni dunosi, spesso associati a retrostanti valli lagunari o ambienti palustri. Queste dinamiche deposizionali determinarono la costruzione progressiva di un paesaggio deltizio complesso, con alternanza di superfici a diversa granulometria e origine, e la presenza diffusa di paleoalvei, depressioni arginate e corpi sabbiosi relitti.

A partire dall'età romana e con intensificazione in epoca medievale e moderna, l'azione antropica ha profondamente modificato l'assetto idrografico e geomorfologico originario. La realizzazione di opere di arginatura, la canalizzazione dei corsi d'acqua e le bonifiche idrauliche, soprattutto tra XIX e XX secolo, hanno convertito ampie porzioni di territorio da zone umide e valli salmastre a superfici agricole sistemate e drenate artificialmente.

Il paesaggio attuale del comune di Codigoro è quindi il risultato di una complessa interazione tra processi naturali (fluviali, marini, eolici) e interventi antropici, con:

- altimetrie estremamente basse, spesso inferiori al livello medio marino;
- terreni a composizione prevalentemente limo-argillosa, intercalati a livelli sabbiosi riconducibili a cordoni litoranei;
- canali artificiali e impianti idrovori che regolano il regime idraulico locale;
- presenza di paleoalvei e relitti morfologici che testimoniano l'antico dinamismo fluviale e costiero.

**Da un punto di vista geomorfologico l'area oggetto del presente studio si presenta sub-pianeggiante, impostata ad una quota altimetriche media di -4 m s.l.m.; allo stato attuale risulta esente da fenomeni in rapida evoluzione geomorfologica in atto o potenziali che pregiudichino la stabilità dei luoghi e la buona riuscita delle opere in progetto.**

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 10
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

## 5. IDROGEOLOGIA

### 5.1 Inquadramento idrogeologico

Il sottosuolo della Pianura Emiliano-Romagnola, inclusa l'area comunale di Codigoro, si configura come un articolato bacino sedimentario, costituito da spessori significativi di sedimenti quaternari saturi di acque dolci, salmastre e salate. Questo complesso sistema, noto in letteratura come Bacino Idrogeologico sud-padano (Castany, 1985), rappresenta un'importante risorsa per l'approvvigionamento idrico regionale. All'interno di questo contesto geologico si individuano corpi sedimentari caratterizzati da proprietà petrofisiche favorevoli – porosità, permeabilità e compressibilità – che consentono loro di svolgere efficacemente il ruolo di serbatoi e condotte per le acque sotterranee. Tali unità prendono il nome di **acquiferi**, e sono organizzate in strutture stratigraficamente e idraulicamente riconoscibili, denominate **unità idrostratigrafiche**. Queste unità rappresentano volumi geologici con estensione areale significativa, all'interno dei quali si sviluppano sistemi idrologici distinti e confinati, separati da barriere a bassa permeabilità che ne limitano l'interazione idraulica reciproca. Nel sottosuolo regionale sono stati identificati tre principali **Gruppi Acquiferi**, denominati A, B e C in ordine crescente di profondità rispetto al piano campagna. Ciascun gruppo è ulteriormente suddiviso in **Complessi Acquiferi**, per un totale di tredici unità idrostratigrafiche riconosciute. Il **Gruppo Acquifero A** rappresenta l'unità più superficiale e quella attualmente maggiormente sfruttata; il **Gruppo B** è utilizzato in modo localizzato, mentre il **Gruppo C**, essendo in gran parte isolato dalla superficie, risulta raramente oggetto di emungimento. Ai fini dell'utilizzo antropico, il limite tra le acque dolci e quelle salmastre è un parametro fondamentale per la definizione degli acquiferi "utili", ossia sfruttabili per scopi potabili, agricoli e industriali. Questo limite è stato posto convenzionalmente a una resistività di 10 ohm·m (equivalente a una conducibilità di 1000 µS/cm), al di sotto della quale le acque sono considerate inadatte agli usi sopra citati. Per quanto riguarda lo spessore utile dell'acquifero, si osserva una situazione piuttosto eterogenea. Lungo una direttrice orientata nord-sud che attraversa gli abitati di Ambrogio, Jolanda di Savoia e Massafiscaglia, lo spessore dell'acquifero utile tende a ridursi fino ad annullarsi. A est di questa direttrice, le condizioni geochemiche e stratigrafiche rendono l'acquifero non utilizzabile, in quanto saturo di acque salmastre. Procedendo verso nord e nord-ovest, si registra un progressivo incremento dello spessore, fino a raggiungere i 60 metri nell'area a nord di Mezzogoro. **Dalla Carta delle Isobare (Tav. 24) allegata al PSC vigente, il livello piezometrico della prima falda, nell'area oggetto del presente studio, si attesta a profondità comprese tra 1.0 e 2.0 metri dal piano campagna. Durante la campagna di indagini geognostiche appositamente eseguita nell'area di studio è stato intercettato il livello statico della falda a quote variabili da -0.30 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 3 (zona sud-occidentale dell'area) a -2.00 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 6 (zona centro occidentale dell'area).** Il livello piezometrico, nel corso dell'anno, è infatti soggetto ad oscillazioni in positivo ed in negativo rispetto alla misura rilevata. Le motivazioni sono molteplici e legate a fattori sia di carattere antropico (attività di emungimento dei

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA <b>11</b>
---------------	---------------------	--------	------------	------------------

pozzi, pratiche di irrigazione delle colture nei periodi tardo primaverili ed estivi, etc.), sia di indole naturale (ricarica delle falde in seguito alle precipitazioni in seguito a periodi più o meno piovosi, fenomeni di evapotraspirazione più o meno intensi, etc.).

## 6. AZIONE SISMICA (Modello sismico del sito)

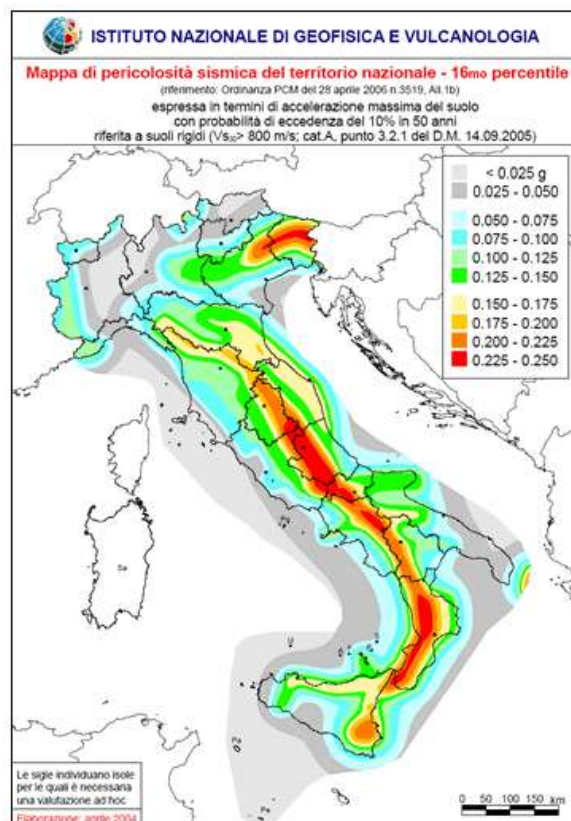
L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla "**Pericolosità Sismica di base**", che rappresenta in senso probabilistico, lo scuotimento atteso in un dato sito, in un dato intervallo di tempo (finestra temporale). La Pericolosità Sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero (field free) su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A), con prefissate probabilità di eccedenza  $Pv_r$ , nel periodo di riferimento  $V_r$ . Le forme spettrali sono definite per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $Pv_r$ , a partire dai 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.

### 5.1 Pericolosità di riferimento per il territorio nazionale e regionale

- Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 che emana i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Ordinanza del P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 che emana i "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)".

L'emanazione di successive ordinanze (Ordinanza di protezione civile n° 3379 del 05/11/2004, Ordinanza del P.C.M. n° 3431 del 03/05/2005, Ordinanza del P.C.M. n° 3452 del 01/08/2005, legge n. 31/08 del 28/02/2008), hanno preceduto la definitiva obbligatorietà all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche sulle costruzioni" (cap. 3.2 Azione sismica) per



la valutazione della “pericolosità sismica di base” del sito interessato da nuove opere di costruzione. La norma nazionale prevede di definire l’accelerazione sismica al suolo, sulla base di una mappatura del territorio italiano a cura dell’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), riportante le accelerazioni massime attese al suolo.

**La porzione di territorio in cui ricade l’area in studio è definita a medio-bassa sismicità.**

Ovvero:

**Il comune di Codigoro è classificato in zona sismica 3.**

Si riporta la tabella che individua ciascuna zona secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
<b>3</b>	<b>0.05 – 0.15</b>	<b>0.15</b>
4	< 0.05	0.05

<b>Zona sismica 3</b>	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
-----------------------	---

## 5.2 Indagine sismica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, permette la stima del parametro normativo  $V_{seq}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

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

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce. Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

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

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

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 14
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

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

### 5.1.1 Strumentazione

Il sistema di acquisizione è costituito da un sismografo tridimensionale Echo Tromo HVSR 3 per acquisizione dati HVSR: un unico contenitore waterproof con integrato una terna di geofoni a bassa frequenza da 2Hz accuratamente accoppiati con elevate caratteristiche e un potente acquisitore dati 24 bit reali. Tramite l'interfaccia USB e il relativo software di acquisizione dati.

Lo strumento è in grado di acquisire simultaneamente sui 3 canali. La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.



Sismografo Echo Tromo HVSR 3.

### 5.1.2 Elaborazione dei dati

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale. La fase iniziale consiste in un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone.

Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

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

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

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismo-stratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 16
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

### 5.3 Indagine sismica MASW

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali ( $V_s$ ) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento. Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume ( $V_p$ ). Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre, le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore. Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri. La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale; infatti, la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing. Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, con spaziatura tra i geofoni di 1 metro per una lunghezza della linea sismica di 23 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 1, 3 e 5 metri dal primo e dall'ultimo

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 17
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri. Gli stendimenti sono stati ubicati in base all'obiettivo dell'indagine. Il sito di indagine è collocato in area poco urbanizzata non caratterizzata da significative fonti di rumore antropico in grado di interferire con il segnale sismico.

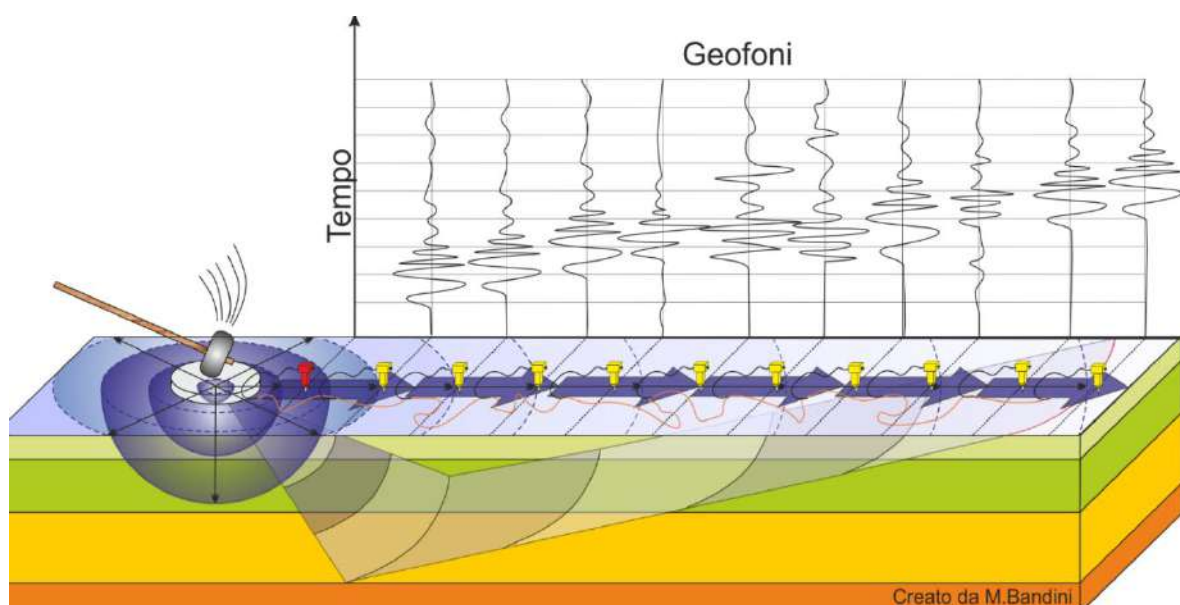
### 5.1.3 Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI GEA 24", dotato di 24 geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.



#### 5.1.4 Elaborazione dei dati

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*WinMasw Lite*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il “rumore” ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri “passa basso”, “passa alto”, “passa banda”, “taglia banda”, il “muting”, l'ACG e i filtri tipo F-K (“fan cut”, “fun pass”, “horizontal e vertical cut”). La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

Il diagramma permette di visualizzare anche l'intervallo di lunghezza d'onda acquisito e il rapporto segnale-disturbo, utile per valutare la qualità dei dati. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente tramite metodo manuale o semi-automatico.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di un procedimento calcolo e un algoritmo di inversione (Xia et al. 1999a), che gestisce i parametri velocità di taglio ( $V_s$ ) e spessore degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume ( $V_p$ ) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative  $V_s$ , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello geofisico in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile (errore quadratico medio inferiore al 5-10%) la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata.

In conclusione, viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle  $V_{seq}$  e correlazione al tipo di terreno, come da normativa. Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 19
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

5.4 Risultati

Di seguito si riportano i risultati delle indagini eseguite entro l'area oggetto di intervento. L'ubicazione delle indagini è riportata in TAV 4.

1. **HVSR 1**



Visualizzazione dei dati acquisiti in campo e delle finestre temporali selezionate per l'elaborazione

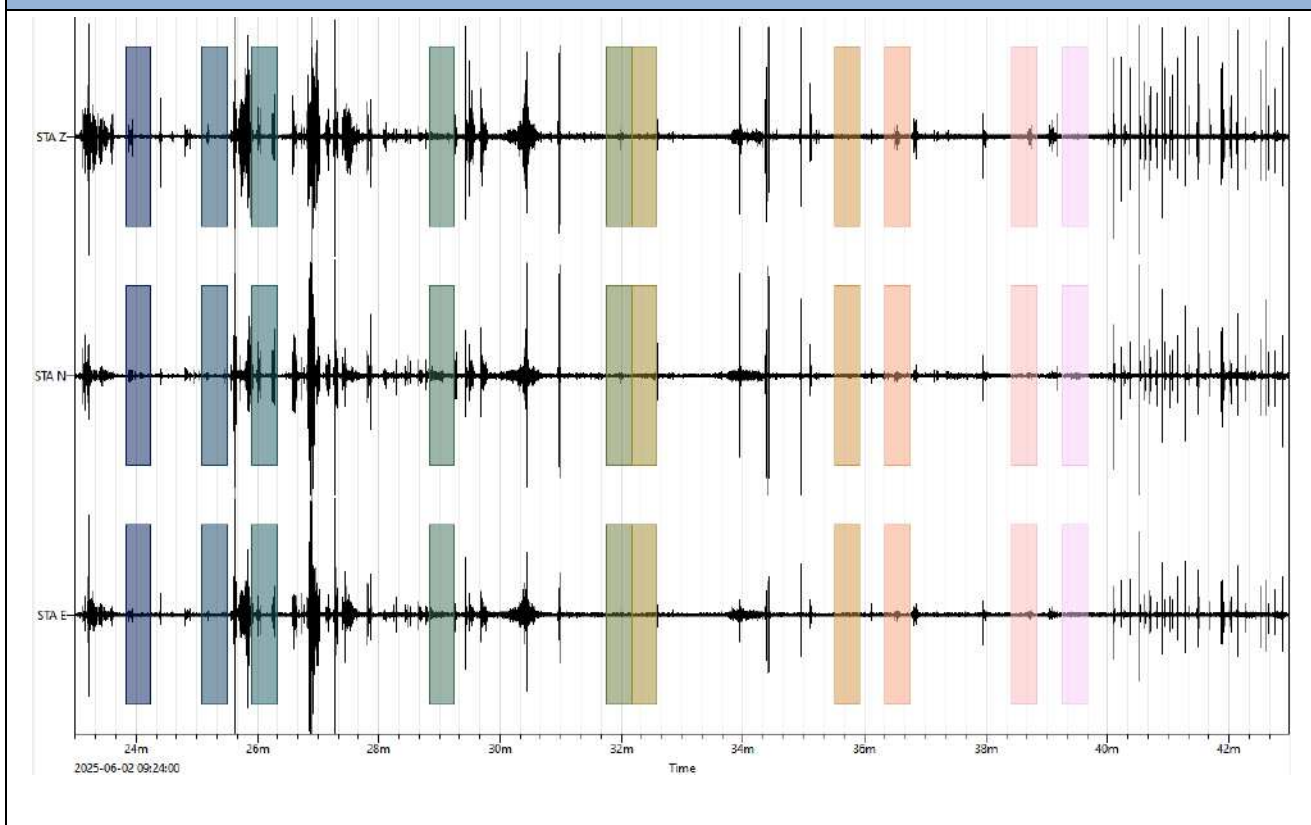
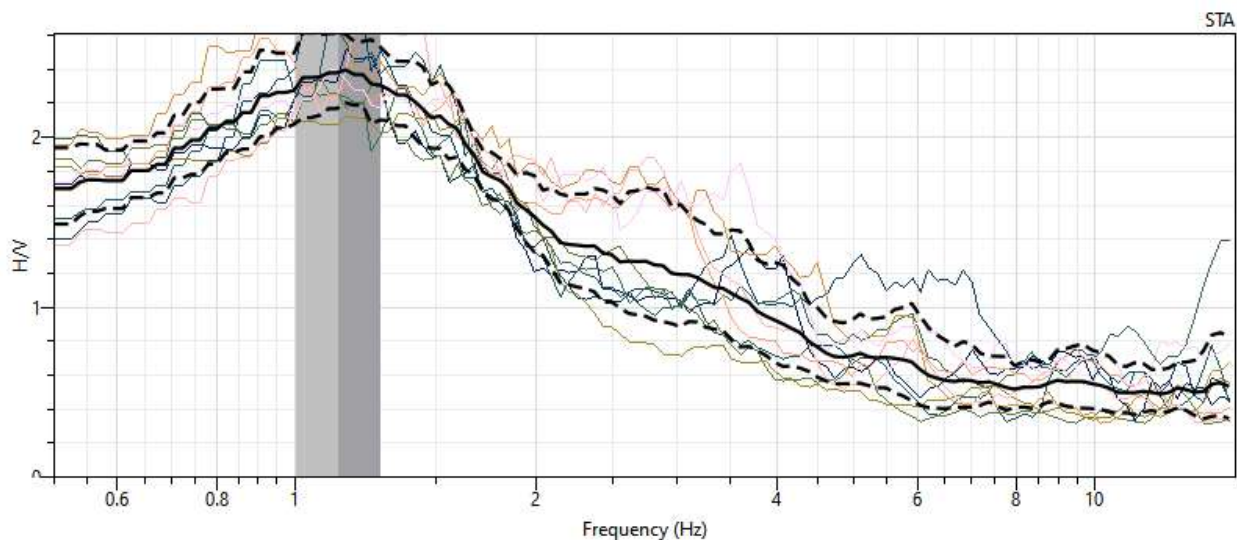
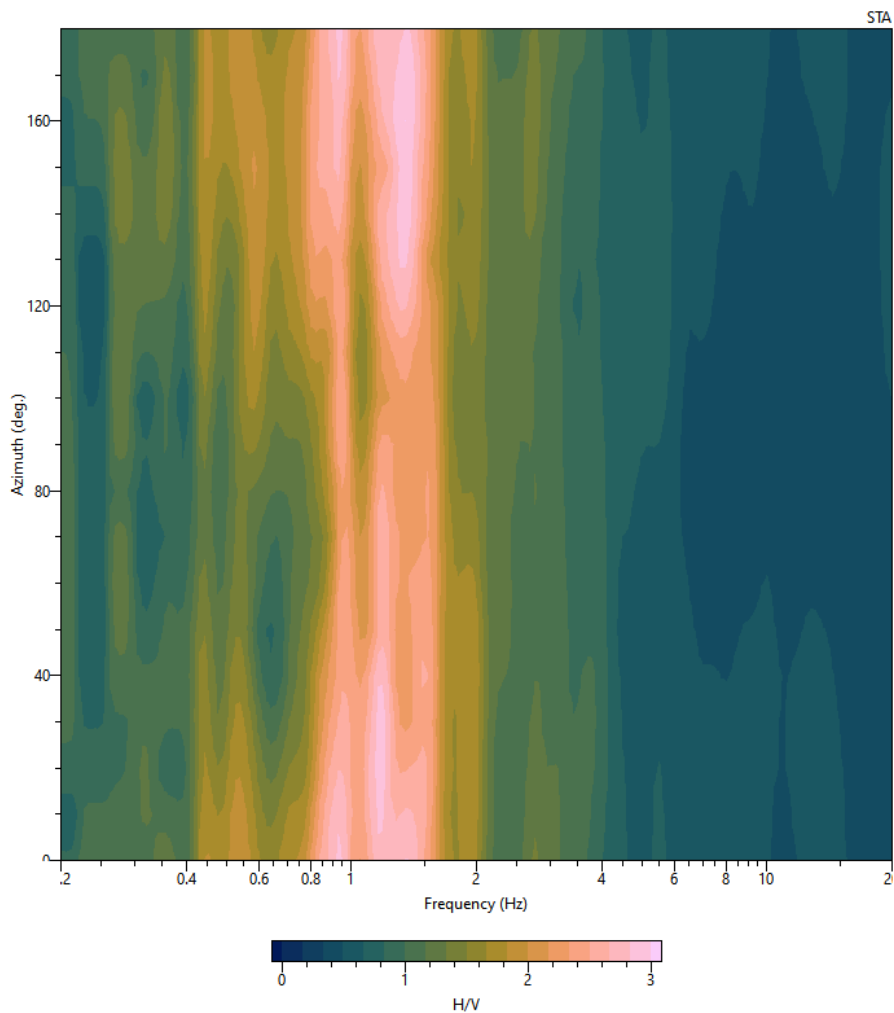


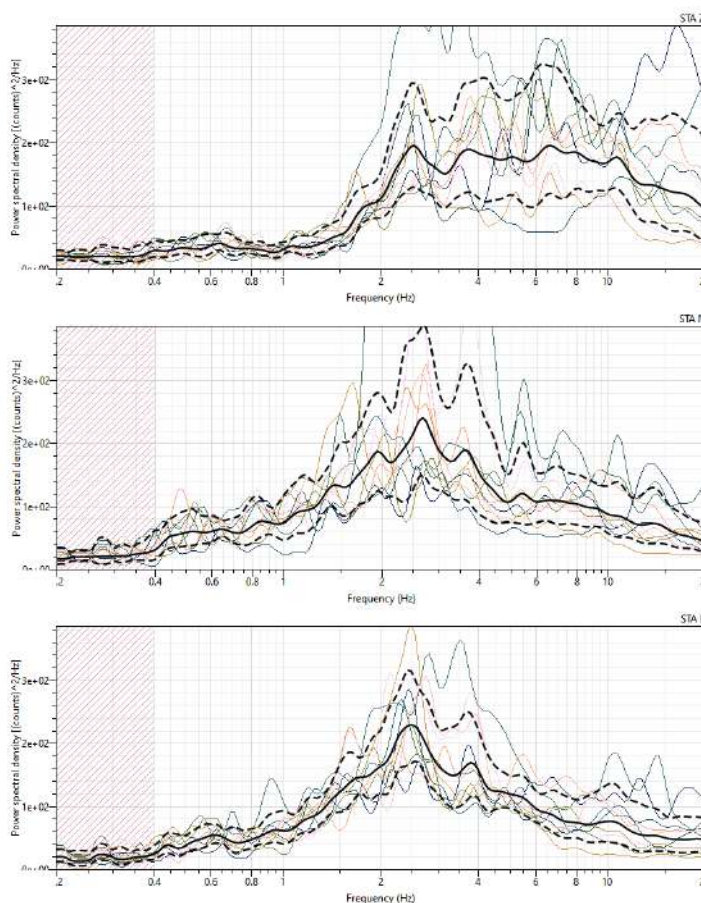
Grafico della curva H/V Raffinata



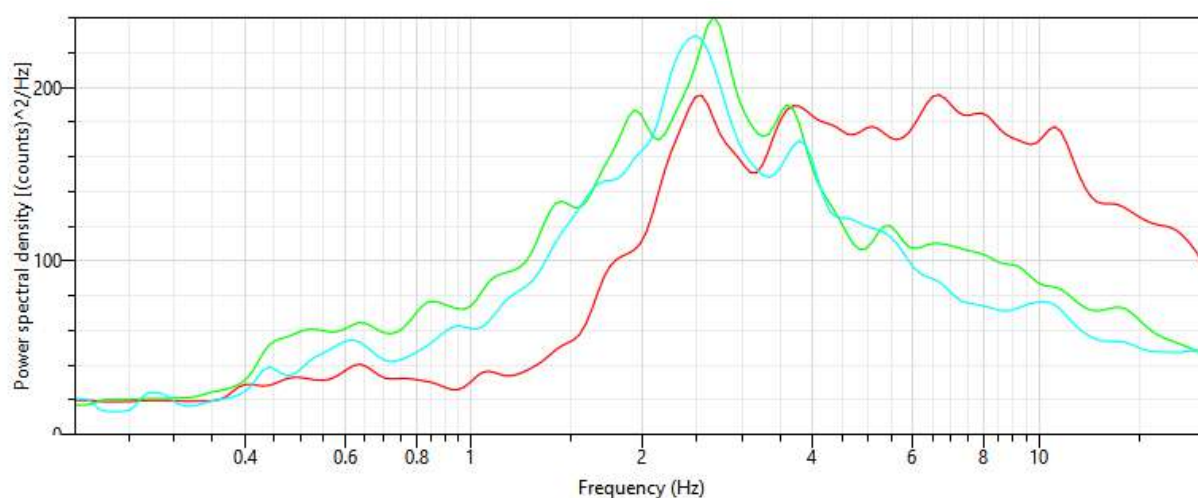
Valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V



Spettri nelle tre direzioni (spettro medio vs curve di confidenza)



Spectrum summary (raggruppamento degli spettri medi di tutte e tre le componenti)



— Nord      — Est      — Verticale

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva.

Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”.

Altre informazioni che aiutano ad avere un’idea della bontà dell’indagine HVSR riguardano la stazionarietà e la direzionalità del rapporto H/V; per stazionarietà si intende la stabilità del rapporto H/V/ lungo tutta la durata dell’indagine: i singoli rapporti H/V correlati ciascuno ad una finestra temporale dovrebbero essere più simili possibili, specie per quanto riguarda la frequenza a cui si manifesta il picco, o i picchi, di ampiezza del rapporto. La direzionalità del rapporto H/V è invece l’informazione riguardante la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale, che può aiutare a rilevare l’eventuale situazione non desiderabile in cui si ha la polarizzazione del segnale lungo una certa direttrice.

Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), degli spettri nelle tre direzioni e della direzionalità del rapporto H/V, è stato evidenziato un picco chiaro che soddisfa i criteri SESAME per picchi attendibili con una possibile frequenza di risonanza attorno a 1.143 Hz. Tale picco possiede anche una buona direzionalità e rispetta i criteri SAESAME per un picco chiaro ed affidabile. Picchi con frequenze di circa 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti di impedenza sismica collocati a profondità dell’ordine di qualche centinaio di metri.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 23
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

1. HVSR 2



Visualizzazione dei dati acquisiti in campo e delle finestre temporali selezionate per l'elaborazione

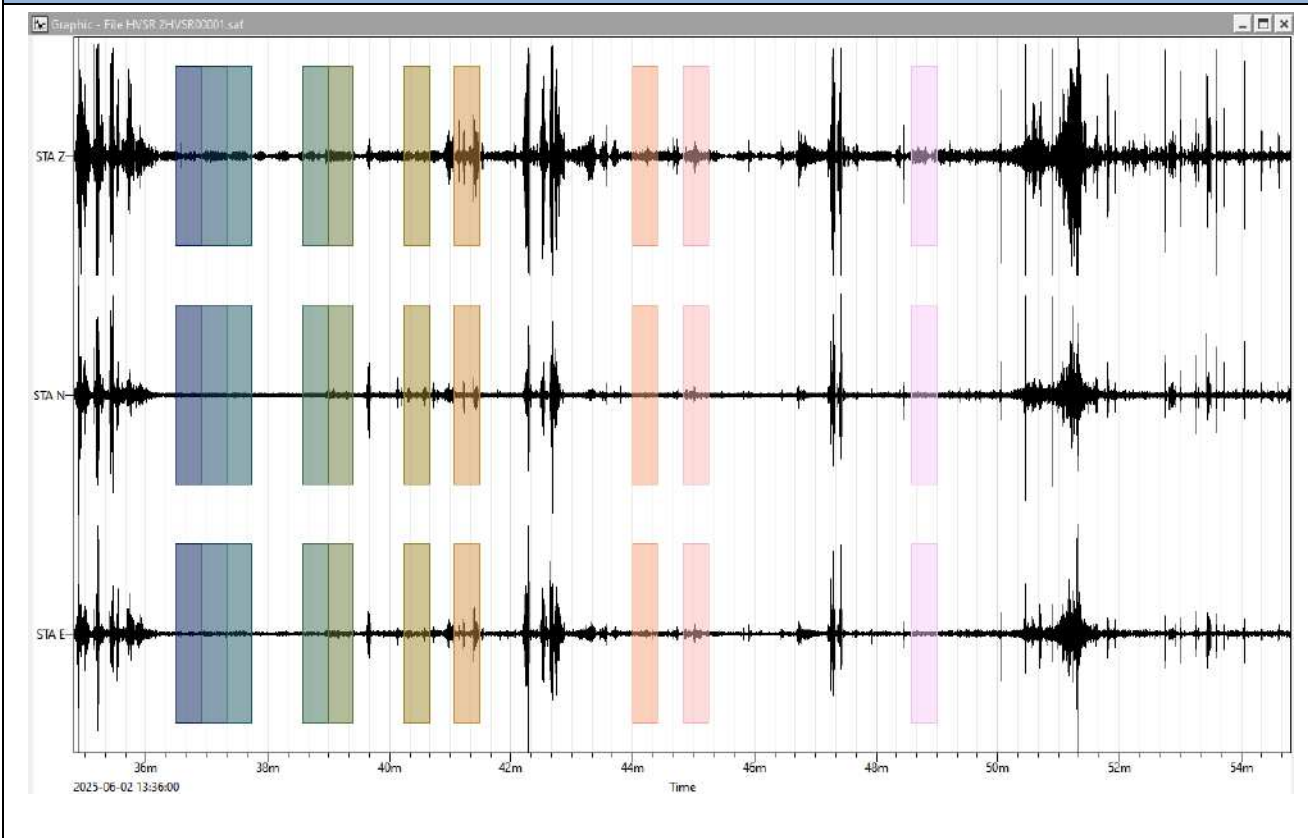
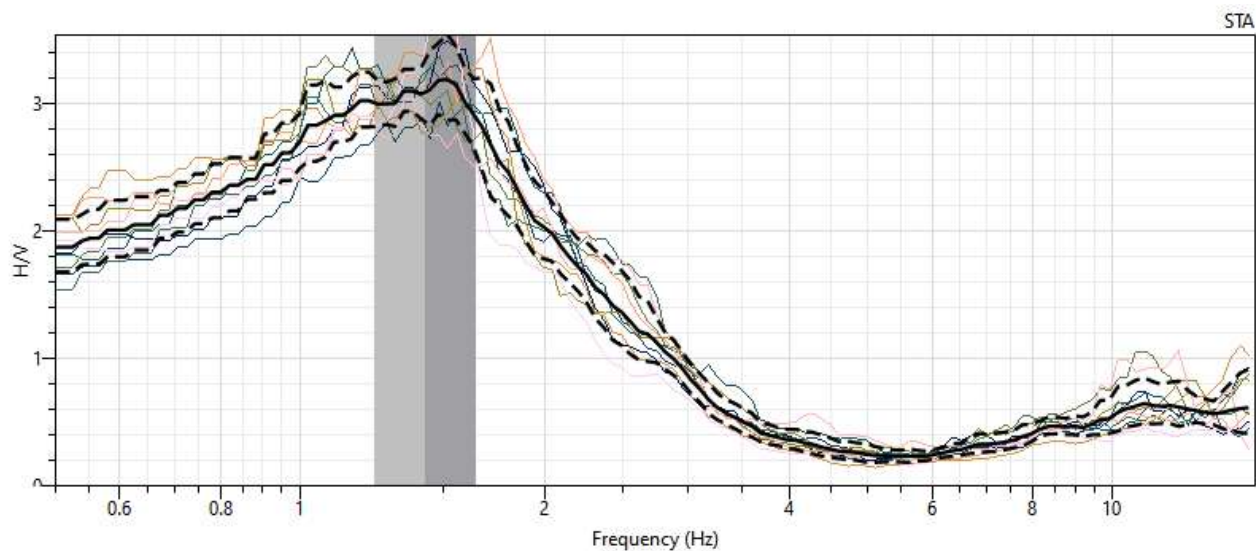
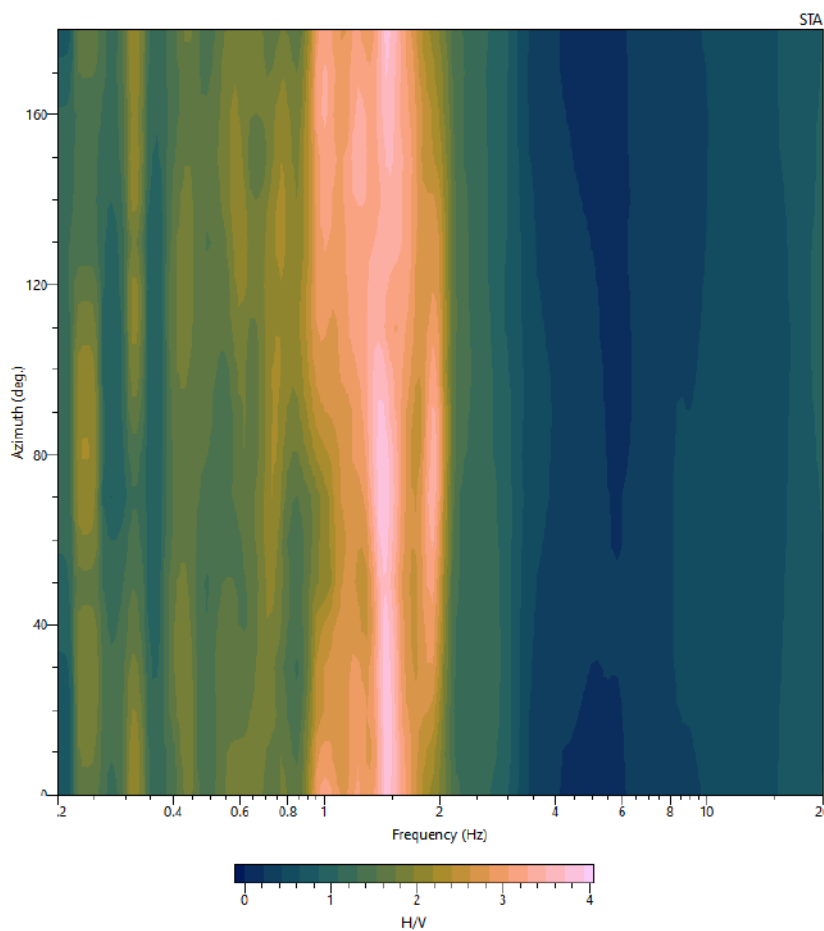


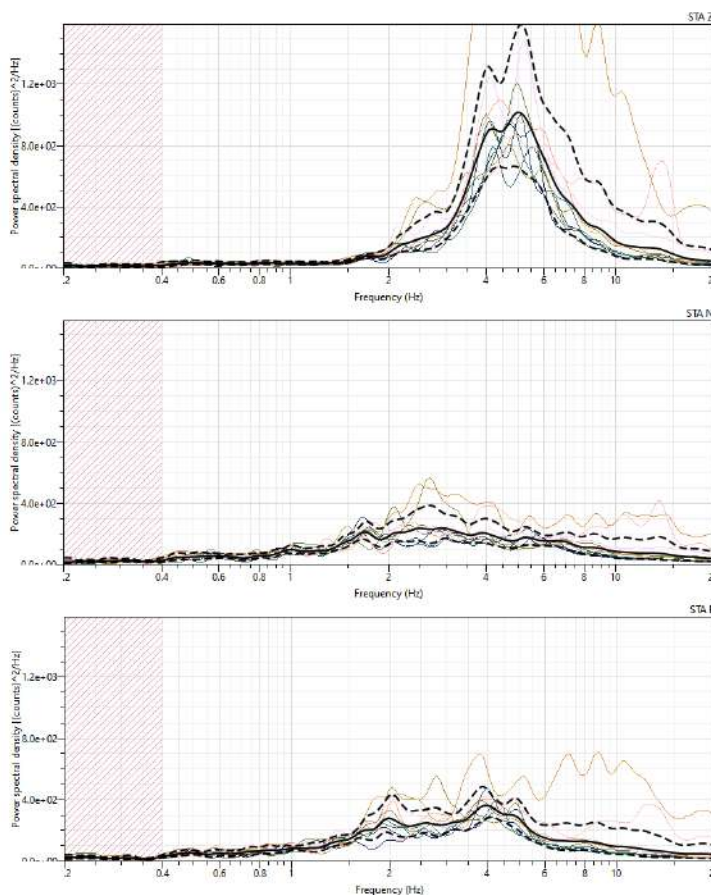
Grafico della curva H/V Raffinata



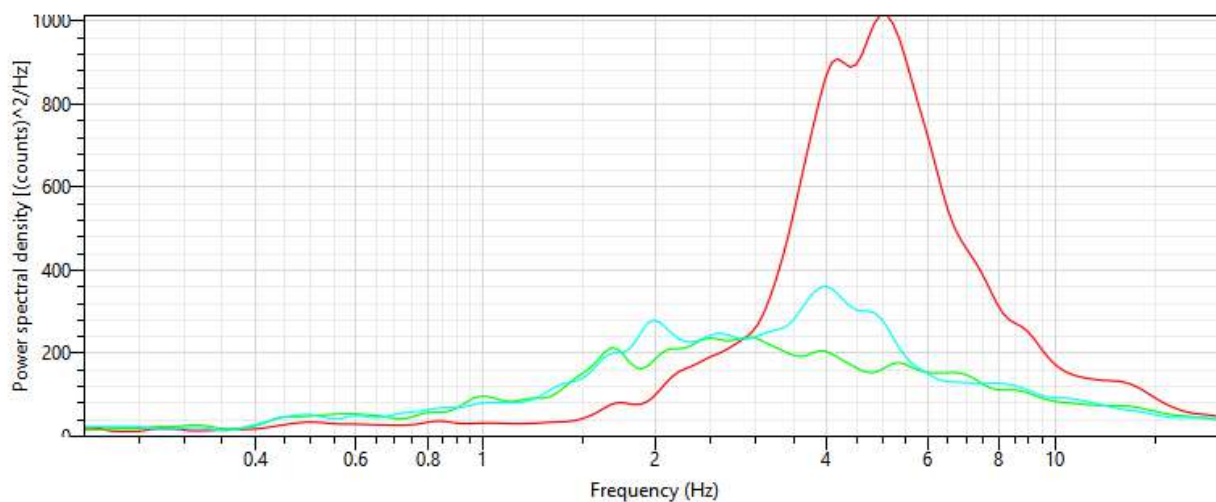
Valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V



Spettri nelle tre direzioni (spettro medio vs curve di confidenza)



Spectrum summary (raggruppamento degli spettri medi di tutte e tre le componenti)



— Nord      — Est      — Verticale

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva.

Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”.

Altre informazioni che aiutano ad avere un’idea della bontà dell’indagine HVSR riguardano la stazionarietà e la direzionalità del rapporto H/V; per stazionarietà si intende la stabilità del rapporto H/V lungo tutta la durata dell’indagine: i singoli rapporti H/V correlati ciascuno ad una finestra temporale dovrebbero essere più simili possibili, specie per quanto riguarda la frequenza a cui si manifesta il picco, o i picchi, di ampiezza del rapporto. La direzionalità del rapporto H/V è invece l’informazione riguardante la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale, che può aiutare a rilevare l’eventuale situazione non desiderabile in cui si ha la polarizzazione del segnale lungo una certa direttrice.

Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), degli spettri nelle tre direzioni e della direzionalità del rapporto H/V, è stato evidenziato un picco chiaro che soddisfa i criteri SESAME per picchi attendibili con una possibile frequenza di risonanza attorno a 1.430 Hz. Tale picco possiede anche una buona direzionalità e rispetta i criteri SAESAME per un picco chiaro ed affidabile. Picchi con frequenze di circa 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti di impedenza sismica collocati a profondità dell’ordine di qualche centinaio di metri.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 27
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

2. MASW 1

Indagine MASW1



Visualizzazione del sismogramma acquisito

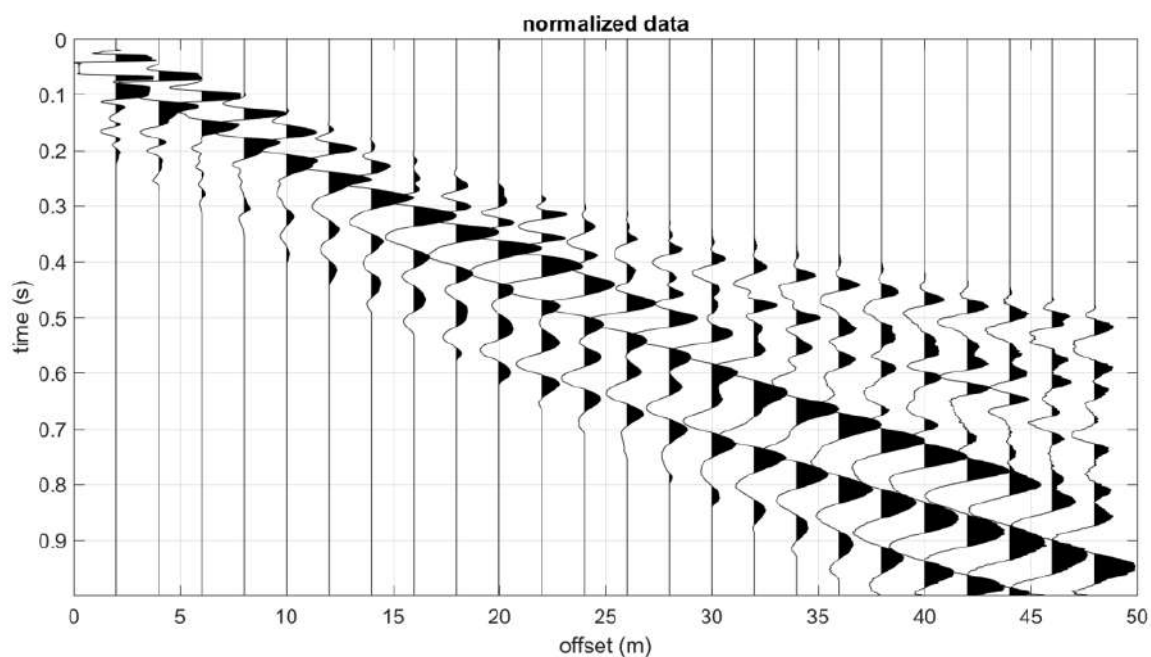
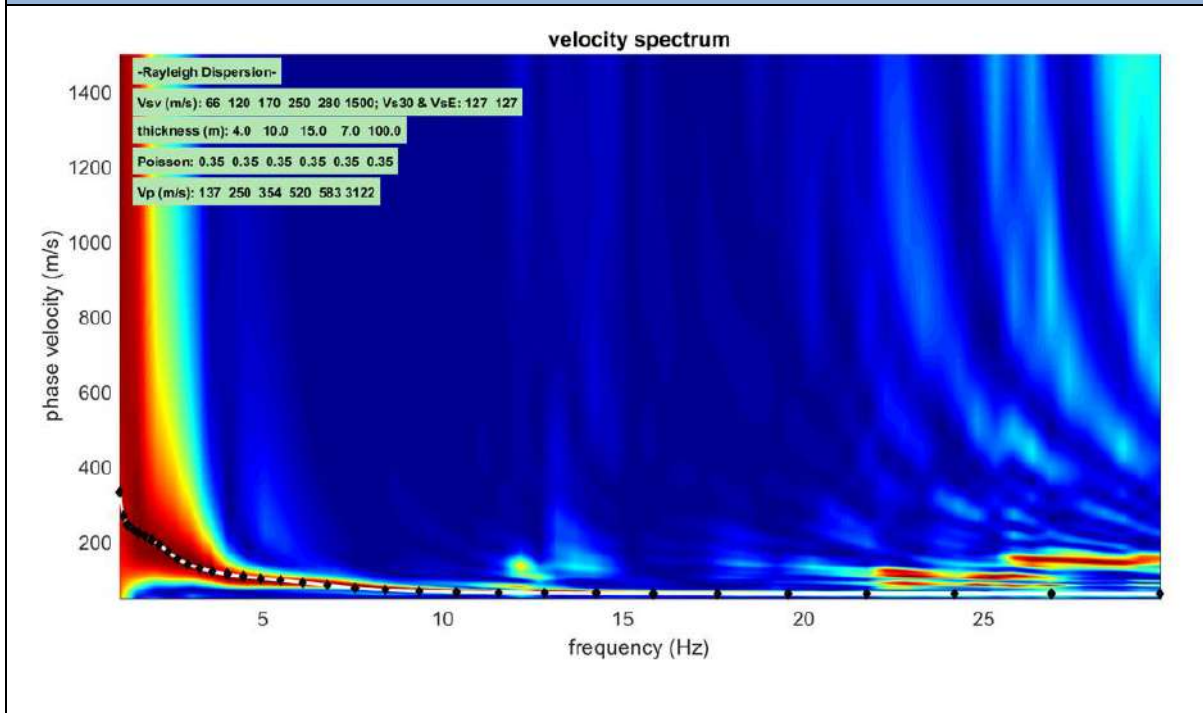


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



3. **MASW 2**

Indagine MASW2



Visualizzazione del sismogramma acquisito

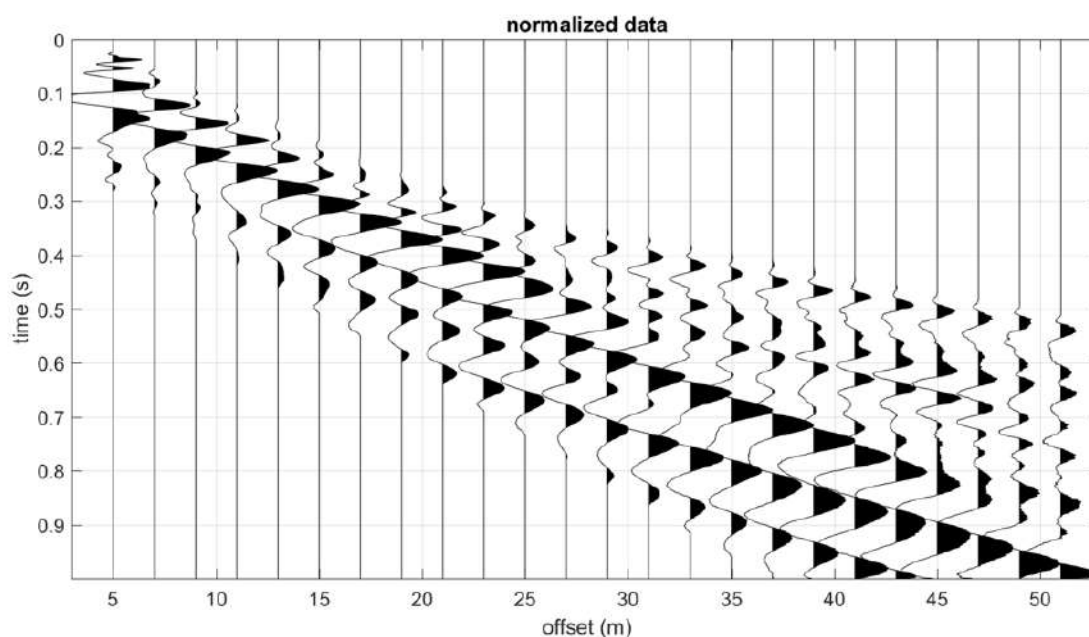
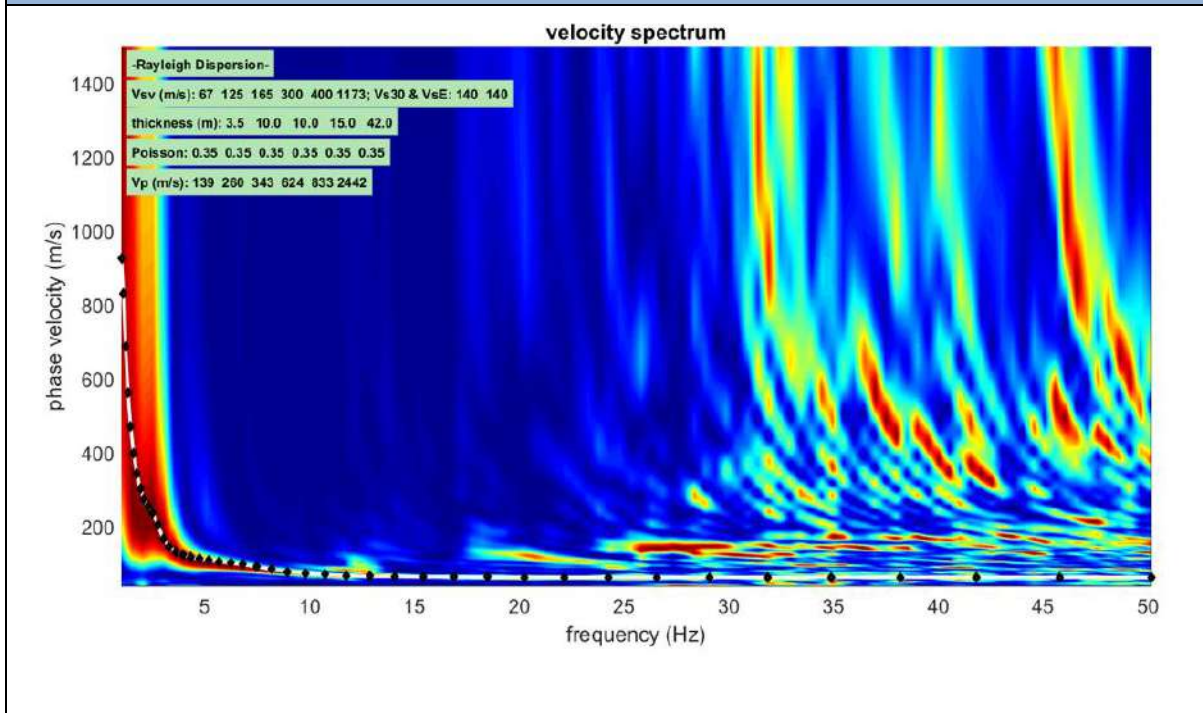


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



4. **MASW 3**

Indagine MASW3



Visualizzazione del sismogramma acquisito

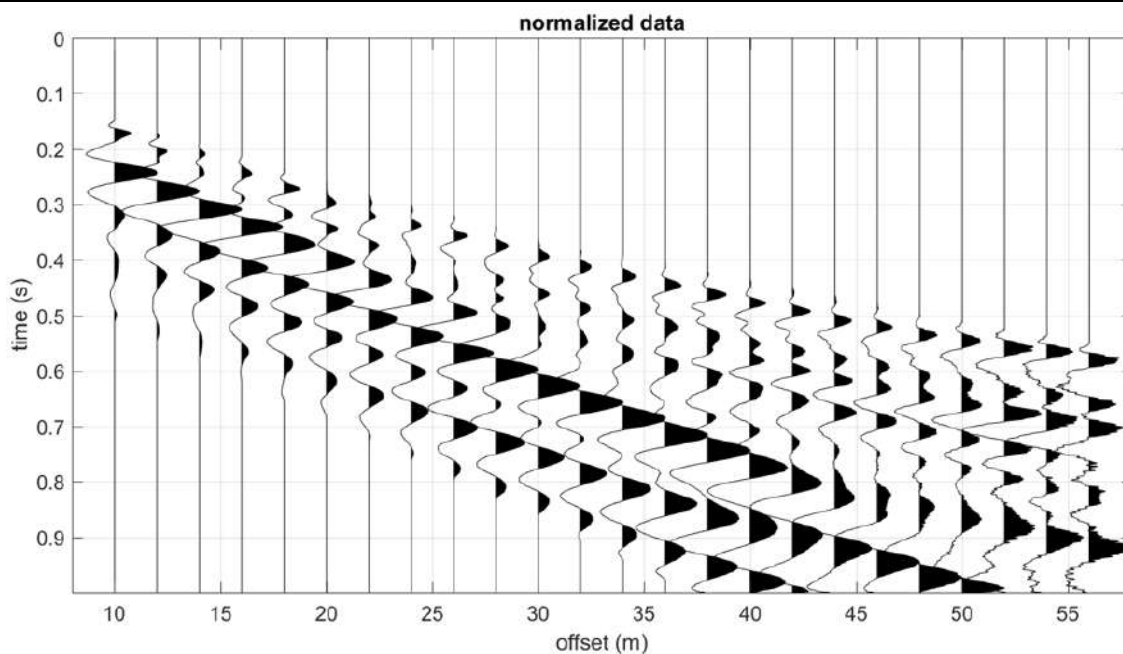
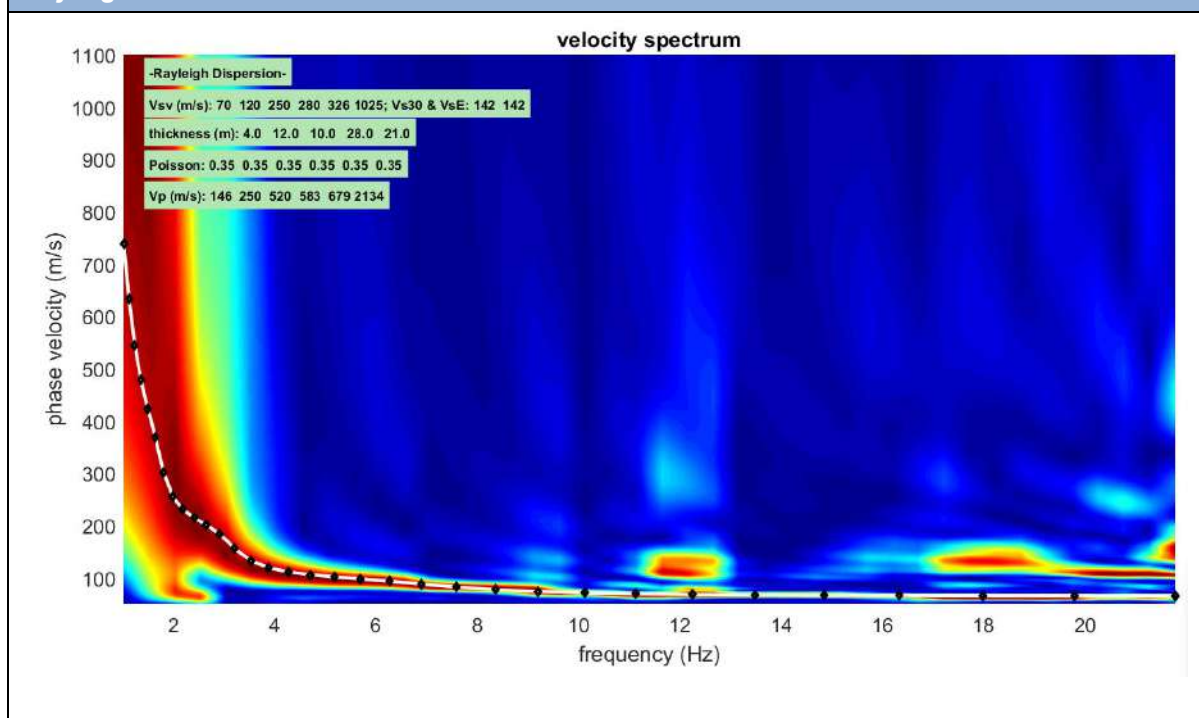


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



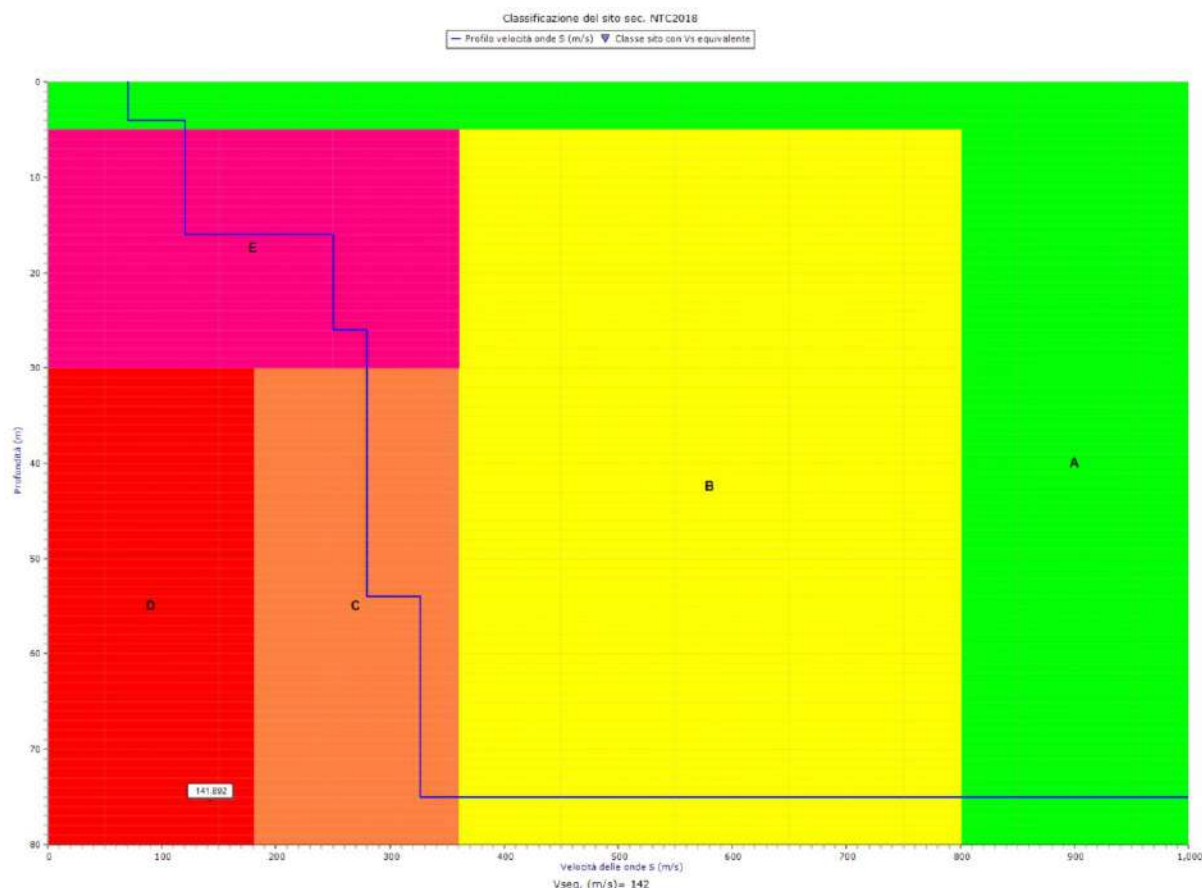
Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie (Rayleigh) con metodologia combinata MASW e HVSr. Si riporta di seguito il profilo delle Vs ricavato dall'elaborazione dell'indagine:

Profondità (m)	Spessore (m)	Velocità (m/s)
4.0	4.0	70
16.0	12.0	120
26.0	10.0	250
54.0	28.0	280
75.0	21.0	326
81.0	6.0	1025

5.5 Determinazione della categoria di suolo di fondazione

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:

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



Il valore di  $V_{seq}$  si misura da un punto di partenza (variabile a seconda della tipologia di fondazione) sino alla profondità del substrato sismico. Per depositi con profondità ( $H$ ) del substrato superiore a 30 m, la  $V_{s,eq}$  è definita ponendo  $H=30$  m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per le fondazioni profonde, il punto di partenza per il calcolo della  $V_{seq}$  corrisponde alla profondità della testa dei pali, che coincideranno circa con il piano campagna.


D.M. 17/01/2018	Profondità del bedrock sismico	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria di sottosuolo	Valore di $V_{seq}$ calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018
Calcolo a partire dal piano campagna	>100 m	142	D	$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$ Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II

Si sottolinea come la Categoria di Sottosuolo di Progetto, stimata alternativamente in base a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, deve essere definita dal Geologo o dal progettista anche in funzione dei dati progettuali.

6. AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL SITO – Verifica 1° - 2° livello

Vs EQUIVALENTE = 142 m/sec.

Secondo normativa (DM 17.01.2018) la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la D:

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	Descrizione da D.M. 17.01.2018 – Tabella 3.2.II
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	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.
D 	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

• **Determinazione dell'amplificazione stratigrafica:**

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

• **Determinazione dell'amplificazione topografica:**

CATEGORIA	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

6.1 Definizione dell'azione sismica di base

Con l'entrata in vigore del DM 17.01.2018 NTC 18, la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio "sito dipendente". Il territorio nazionale è stato suddiviso in punti, denominati "nodi", a ciascuno dei quali è stato assegnato un valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo ( $a_g$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente a un periodo di ritorno di 475 anni).

Sulla base delle disposizioni previste nelle NTC 18, si definiscono per l'opera in progetto i seguenti parametri sismici: **REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI**

- ❖ COMUNE di: **CODIGORO**
- ❖ Zona sismica: **3**
- ❖  $V_{seq}$ : **142 m/sec**
- ❖ Categoria suolo di fondazione: **D**
- ❖ Categoria topografica: **T1** Coefficiente topografico: **St=1.00**
- ❖ Vita nominale:  **$V_N \leq 50$  anni;**

Numero di anni nel quale la struttura, soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata allo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva;	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di dimensioni contenute o importanza normale;	$\leq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica;	$\leq 100$

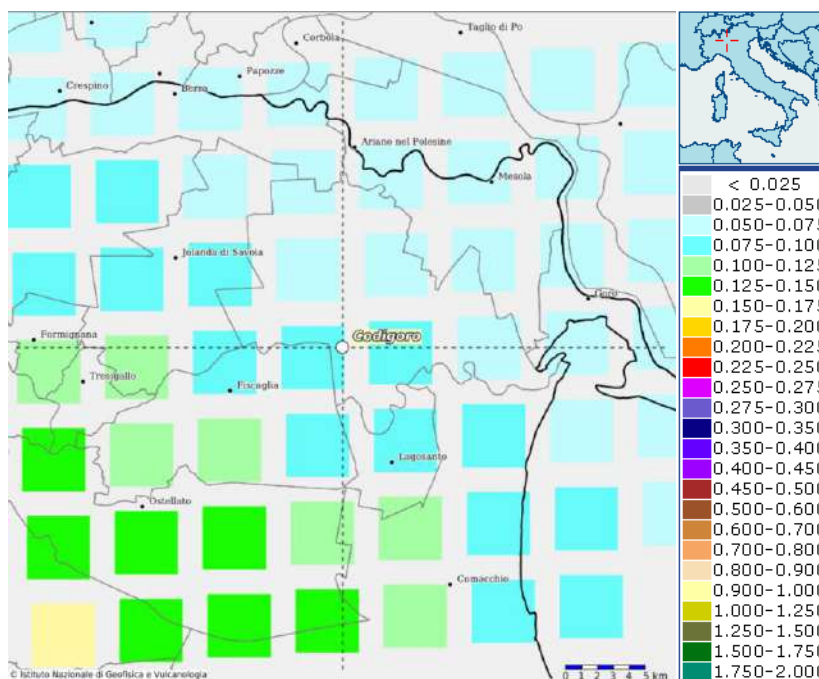
- **Classe d'uso: I;** (rif. par. 2.4.2. NTC 18)

il valore del coefficiente d'uso  $C_u$  è definito al variare della classe d'uso secondo la tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,70	1,0	1,5	2,0

I valori utilizzati per la definizione dell'azione sismica, sono puntualmente definiti da un reticolo di riferimento (griglia di 10751 punti) sulla base delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di studio.

Di seguito viene riportata la mappa di pericolosità sismica del progetto DPC INGV S1 utilizzata per la definizione dei valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ :



Estratto mappa interattiva della pericolosità sismica (prob. 10% in 50 anni, 50° percentile)

- Periodo di riferimento per l'azione sismica:  $PV_T = 35$ ; pari a  $V_R = V_N \cdot C_U$

**Coordinate Geografiche della località in esame (WGS84)**

<b>Latitudine:</b>	44.8523
<b>Longitudine:</b>	12.0269

Utilizzando il software automatico di calcolo Geostru PS Advanced, della Geostru® Software, introducendo i dati di input sopra riportati, si ottengono in forma tabellare i seguenti parametri e coefficienti sismici, riferiti ai diversi stati limite da considerare:

PARAMETRI SISMICI					
STATO LIMITE	Prob. superam. (%)	Tr (anni)	$a_g$ (g)	F0 (-)	$T_c^0$ (sec)
Operatività (SLO)	81	30	0.031	2.530	0.230
Danno (SLD)	63	35	0.033	2.541	0.242
Salvaguardia Vita (SLV)	10	332	<b>0.074</b>	2.596	0.324
Prev. Collasso (SLC)	5	682	0.096	2.583	0.327

## 6.2 Definizione dell'azione sismica locale

Quanto spiegato nel capitolo precedente ed applicato all'intero territorio nazionale, può essere trasferito per studi a scala di dettaglio o locale, definendo la Risposta Sismica Locale (RSL), che è legata a specifiche condizioni geomorfologiche e litologiche dei siti che possono influenzare direttamente la risposta sismica locale. Per risposta sismica locale si intende la modifica delle caratteristiche che il moto sismico subisce nel passaggio dagli strati rigidi (bedrock) ai terreni più soffici, di solito superficiali, in relazione alle caratteristiche meccaniche e stratigrafiche di questi ultimi ed alla presenza di peculiari situazioni topografiche e morfologiche. Per la definizione dell'azione sismica locale vengono stabiliti tre livelli differenti di indagini: il livello 1, propedeutico ai livelli successivi, che ha per obiettivo, a livello comunale, quello di individuare microzone a comportamento sismico omogeneo; il livello 2 che si applica a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuate nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche. Si pone come obiettivo quello di fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati, della modificazione locale del moto sismico in superficie; il terzo livello si applica nelle zone ad alta sismicità o suscettibili di amplificazioni locali, nei casi di situazioni geologiche e geotecniche complesse, non risolvibili con l'uso di metodologie semplificate.

### 6.2.1 Livello 1 di approfondimento

Con riferimento alla pericolosità sismica locale, il comune di Codigoro è provvisto dello studio di Microzonazione Sismica, tuttavia, sono state analizzate unicamente le aree urbanizzate; l'area di intervento trovandosi in area agricola non fa parte delle aree studiate. Tuttavia, da un punto di vista geolito-logico l'area oggetto del presente studio risulta impostata in corrispondenza dei sedimenti fluvio-deltizi e palustri prevalentemente argillosi, limosi e sabbiosi costituenti l'Unità di Modena (Pleistocene – Olocene), frequentemente intercalati o ricoperti da livelli torbosi e organici di spessore variabile.

Le criticità ed i fenomeni di amplificazione del segnale sismico potrebbero essere quindi legati a motivi stratigrafici e geometrici nonché a cedimenti. Si eseguirà di seguito la verifica dell'amplificazione stratigrafica secondo la Regione Emilia-Romagna. Per quanto riguarda i cedimenti sono state eseguite prove penetrometriche statiche, riportate nei capitoli successivi. Si esclude, invece, il fenomeno della liquefazione in quanto è elevata la presenza di depositi a granulometria fine e le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) sono inferiori a 0.1g (0.074 g).

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA <b>38</b>
---------------	---------------------	--------	------------	------------------

## 6.2.2 Secondo livello di approfondimento - Amplificazione stratigrafica

### Regione Emilia-Romagna

Con riferimento alla pericolosità sismica locale, il comune di Codigoro è provvisto dello studio di Microzonazione Sismica, tuttavia, sono state analizzate unicamente le aree urbanizzate; l'area di intervento trovandosi in area agricola non fa parte delle aree studiate. Tuttavia, da un punto di vista geolito-logico l'area oggetto del presente studio risulta impostata in corrispondenza dei sedimenti fluvio-deltizi e palustri prevalentemente argillosi, limosi e sabbiosi costituenti l'Unità di Modena (Pleistocene – Olocene), frequentemente intercalati o ricoperti da livelli torbosi e organici di spessore variabile.

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (FA) richiesti nell'analisi semplificata del secondo livello di approfondimento devono essere realizzate indagini geotecniche e geofisiche che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura o profondità del substrato rigido e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato. I fattori di amplificazione rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo sopra calcolata (**categoria di sottosuolo D**). I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico. Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale (**SI**):

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T_0, \xi) dT_0$$

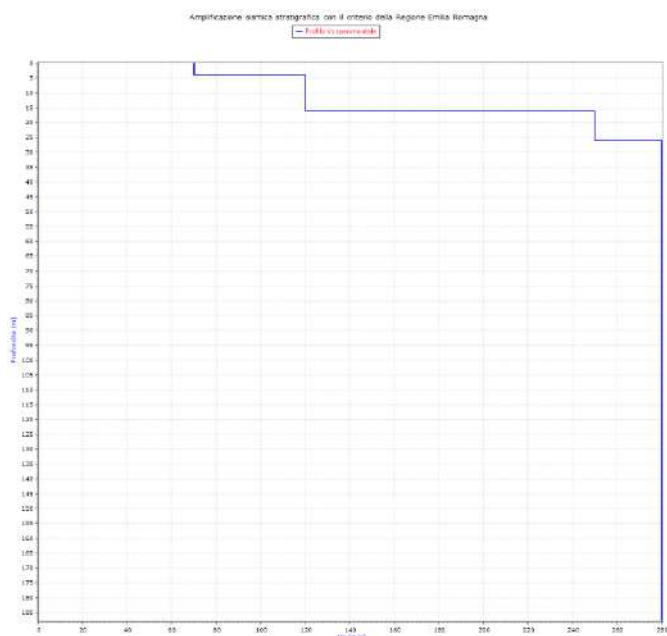
Dove PSV è il pseudospettro di risposta in velocità,  $T_0$  è il periodo proprio e  $\xi$  è lo smorzamento. È stato considerato uno smorzamento  $\xi = 5\%$  e tre intervalli di periodo  $T_0$  ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1:  $0.1 \text{ s} \leq T_0 \leq 0.5 \text{ s}$

SI2:  $0.5 \text{ s} \leq T_0 \leq 1.0 \text{ s}$

SI3:  $0.5 \text{ s} \leq T_0 \leq 1.5 \text{ s}$

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA <b>39</b>
---------------	---------------------	--------	------------	------------------



Considerando una  $V_{seq} = 142 \text{ m/sec}$ , la categoria di sottosuolo **D** e come ambiente geologico proprio dell'area di intervento il contesto **PIANURA 2**: Settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, con substrato profondo,  $\geq 100 \text{ m}$  da p.c. (bedrock stimato a circa 188 m da p.c.) i fattori calcolati sono i seguenti:

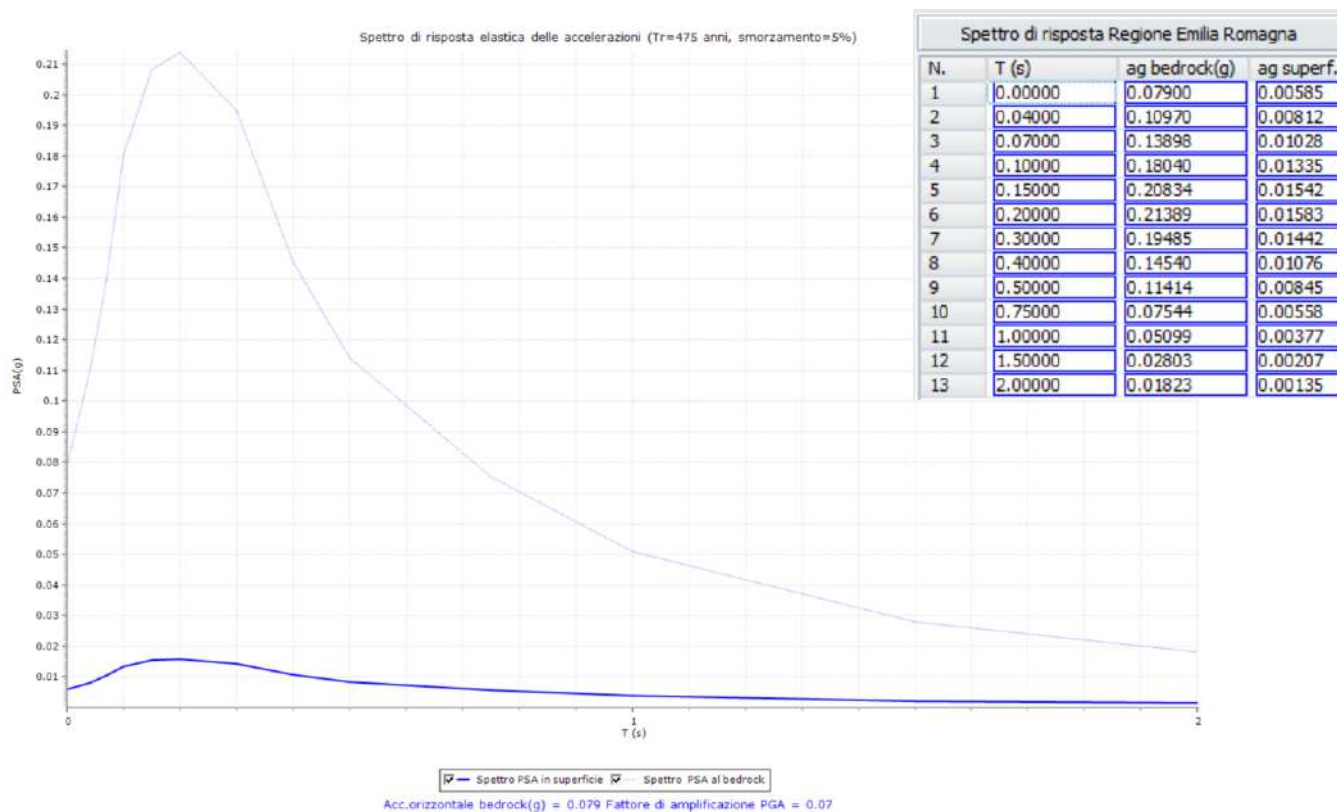
**Fa PGA = 1.7**

**Fa SI1 = 2.0**

**Fa SI2 = 3.1**

**Fa SI3 = 3.6**

Sulla base del valore di accelerazione di picco orizzontale (**PGA**) calcolato si riporta di seguito lo spettro di risposta elastica delle accelerazioni sia in superficie che al bedrock per un Tempo di ritorno di 475 anni ed un coefficiente di smorzamento  $\xi = 5\%$



7. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI PROGETTO

❖ Categoria sottosuolo:

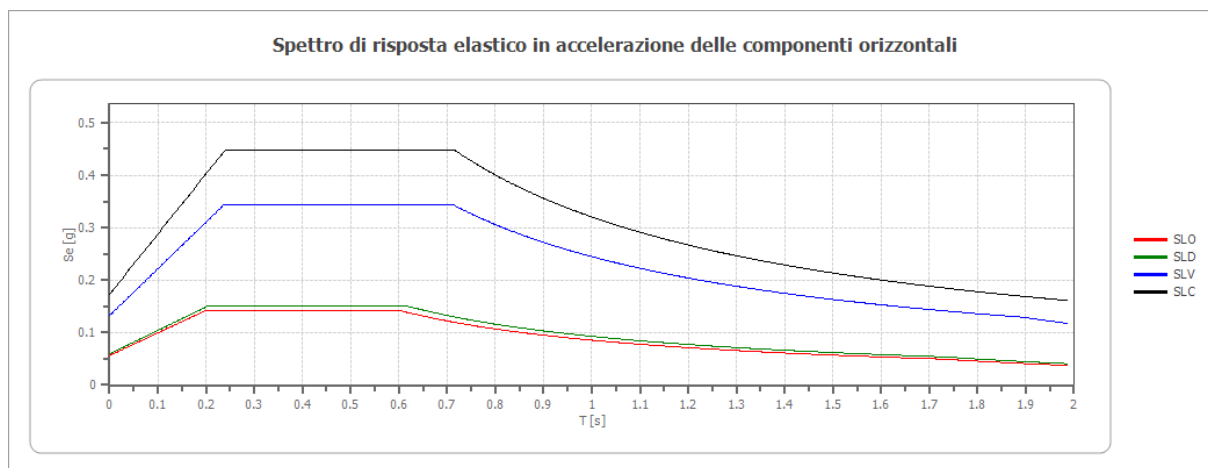
D: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

❖ Categoria topografica:

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

COEFFICIENTI SISMICI STABILITA' DI PENDII E FONDAZIONI				
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.012	0.026	0.035
kv	0.006	0.006	0.013	0.017
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.552	0.582	1.299	1.697
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	0.7	0.031	2.530	0.230	1.800	2.610	1.000	1.800	1.000	0.200	0.600	1.725	0.056	0.142
SLD	0.7	0.033	2.541	0.242	1.800	2.540	1.000	1.800	1.000	0.205	0.615	1.732	0.059	0.151
SLV	0.7	0.074	2.596	0.324	1.800	2.200	1.000	1.800	1.000	0.237	0.712	1.894	0.132	0.344
SLC	0.7	0.096	2.583	0.327	1.800	2.190	1.000	1.800	1.000	0.239	0.717	1.985	0.173	0.447

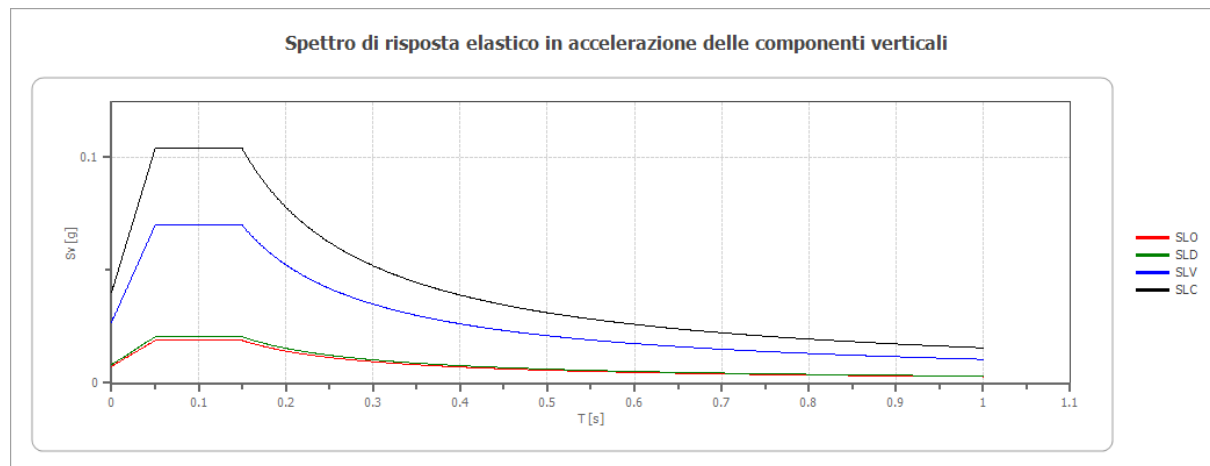
**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**

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	0.7	0.031	2.530	0.230	1	2.610	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.007	0.019
SLD	0.7	0.033	2.541	0.242	1	2.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.008	0.021
SLV	0.7	0.074	2.596	0.324	1	2.200	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.070
SLC	0.7	0.096	2.583	0.327	1	2.190	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.040	0.104

**Spettro di progetto**

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>k<sub>hi</sub> = S<sub>d</sub>e(T)</b> <b>Orizzontale [g]</b>	0.085	0.093	0.163	0.214
<b>k<sub>v</sub> = S<sub>d</sub>ve(T)</b> <b>Verticale [g]</b>	0.003	0.003	0.007	0.010

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	0.7	0.031	2.530	0.230	1.800	2.610	1.000	1.800	1.000	0.200	0.600	1.725	0.056	0.142
SLO verticale	0.7	0.031	2.530	0.230	1.800	2.610	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.007	0.019
SLD orizzontale	0.7	0.033	2.541	0.242	1.800	2.540	1.000	1.800	1.000	0.205	0.615	1.732	0.059	0.151
SLD verticale	0.7	0.033	2.541	0.242	1.800	2.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.008	0.021
<b>SLV orizzontale</b>	<b>0.7</b>	<b>0.074</b>	<b>2.596</b>	<b>0.324</b>	<b>1.800</b>	<b>2.200</b>	<b>1.000</b>	<b>1.800</b>	<b>1.500</b>	<b>0.237</b>	<b>0.712</b>	<b>1.894</b>	<b>0.132</b>	<b>0.229</b>
<b>SLV verticale</b>	<b>0.7</b>	<b>0.074</b>	<b>2.596</b>	<b>0.324</b>	<b>1.800</b>	<b>2.200</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.500</b>	<b>0.050</b>	<b>0.150</b>	<b>1.000</b>	<b>0.027</b>	<b>0.047</b>
SLC orizzontale	0.7	0.096	2.583	0.327	1.800	2.190	1.000	1.800	1.500	0.239	0.717	1.985	0.173	0.298
SLC verticale	0.7	0.096	2.583	0.327	1.800	2.190	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.040	0.069

## 8. INDAGINE GEOGNOSTICA

Le indagini geognostiche hanno lo scopo di fornire i dati e le informazioni necessarie per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ad un livello adeguato alle necessità del progetto.

Con l'obiettivo di acquisire validi e significativi dati geotecnici, circa le caratteristiche del sottosuolo, sono state eseguite apposite indagini geognostiche e sismiche nell'area di intervento; esse hanno permesso la determinazione della litostratigrafia, dei parametri geotecnici, del valore della  $V_{seq}$  e della conseguente categoria di suolo di fondazione.

In particolare, le indagini eseguite sono le seguenti:

- N. 10 prove penetrometriche statiche CPT di profondità massima 10.00 m da p.c.;
- N. 2 prove sismiche MASW.
- N.2 prove sismiche HVSR

In relazione al volume significativo dei depositi direttamente influenzati dalla costruzione delle opere in progetto e alla natura dei terreni ed ai requisiti funzionali delle opere stesse, si riassumono le profondità massime investigate con le indagini in sito:

PROVA	DATA ESECUZIONE	PROFONDITA'
CPT 1	04/06/2025	6.00 m
CPT 2	04/06/2025	7.00 m
CPT 3	04/06/2025	10.00 m
CPT 4	04/06/2025	6.00 m
CPT 5	04/06/2025	6.00 m
CPT 6	04/06/2025	7.00 m

Le prove eseguite hanno consentito di delineare con chiarezza l'andamento in profondità della litostratigrafia dei depositi che verranno interessati dalle opere in progetto.

**Durante la campagna di indagini geognostiche appositamente eseguita nell'area di studio è stato intercettato il livello statico della falda a quote variabili da -0.30 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 3 (nella zona sud-occidentale dell'area) a -2.00 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 6 (sita nella zona contro occidentale dell'area).**

### 8.1 Prove penetrometriche statiche tipo CPT (Cone Penetration Test)

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue è costituita da un penetrometro cingolato marca Pagani TG 63/200 statico dinamico.

Le caratteristiche costruttive e prestazionali sono le seguenti:

#### 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>30</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>10</b>

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 ( $v = 2 \text{ cm / sec} \pm 0,5 \text{ cm / sec}$ ).

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 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 precisamente:

- diametro Punta Conica meccanica       $\varnothing$       = 35,7 mm
- area di punta       $A_p$       = 10 cm<sup>2</sup>
- angolo di apertura del cono       $\langle$       = 60 °
- superficie laterale del manicotto       $A_m$       = 150 cm<sup>2</sup>

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

• **REGISTRAZIONE DATI**

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico.

L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri. Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm<sup>2</sup>) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta LP = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale LT = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale LLTT = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

• **METODOLOGIA DI ELABORAZIONE**

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo "STATIC PROBING" della GeoStru.

Le resistenze specifiche Qc (Resistenza alla punta RP) e Ql (Resistenza Laterale RL o fs attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

- Ap = l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann") = 10 cm<sup>2</sup>
- Am = area del manicotto di frizione = 150 cm<sup>2</sup>
- Ct = costante di trasformazione = 10

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 45
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato 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 dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona. 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:

- $Q_c (RP) = (LP \times Ct) / 10 \text{ cm}^2$ . Resistenza alla punta
- $Q_l (RL) (fs) = [(LT - LP) \times Ct] / 150 \text{ cm}^2$ . Resistenza laterale
- $Q_c (RP) = \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } Ct / \text{Superficie Punta } A_p$
- $Q_l (RL) (fs) = \text{Lettura laterale } LT - \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } Ct / A_m$   
area del manicotto di frizione

$A_p = 10 \text{ cm}^2$  e  $A_m = 150 \text{ cm}^2$

la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta)

- **VALUTAZIONI STATISTICHE**

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

Medio            Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media minima Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Massimo        Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Minimo         Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 46
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

Media + s Media + scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media – s Media - scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

- **INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)**

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 (consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 (consigliato per CPT)
- **Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)**
- Robertson 1983-1986 (consigliato per CPTE)
- Begemann 1965 (consigliato per CPT)

PROVA ...CPT 1

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 04/06/2025
Profondità prova: 6,00 mt
Località: CODIGORO (FE)

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	8,00	0,00	8,0	0,00		0,0
0,40	11,00	0,00	11,0	0,53	20,62	4,8
0,60	11,00	19,00	11,0	0,53	20,62	4,8
0,80	8,00	16,00	8,0	0,47	17,14	5,8
1,00	7,00	14,00	7,0	0,40	17,50	5,7
1,20	6,00	12,00	6,0	0,20	30,00	3,3
1,40	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
1,60	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
1,80	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
2,00	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
2,20	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
2,40	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
2,60	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
2,80	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
3,00	1,00	2,00	1,0	0,13	7,50	13,3
3,20	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
3,40	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
3,60	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
3,80	1,00	2,00	1,0	0,13	7,50	13,3
4,00	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
4,20	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
4,40	2,00	3,00	2,0	0,13	15,00	6,7
4,60	3,00	5,00	3,0	0,20	15,00	6,7
4,80	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
5,00	2,00	4,00	2,0	0,20	10,00	10,0
5,20	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
5,40	3,00	6,00	3,0	0,27	11,25	8,9
5,60	4,00	8,00	4,0	0,40	10,00	10,0
5,80	7,00	13,00	7,0	0,40	17,50	5,7
6,00	6,00	12,00	6,0	0,00		0,0

PROVA ...CPT 2

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 04/06/2025
Profondità prova: 7,00 mt
Località: CODIGORO (FE)

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	12,00	0,00	12,0	0,00		0,0
0,40	14,00	0,00	14,0	0,80	17,50	5,7
0,60	12,00	24,00	12,0	0,87	13,85	7,2
0,80	14,00	27,00	14,0	0,67	21,00	4,8
1,00	10,00	20,00	10,0	0,60	16,67	6,0
1,20	13,00	22,00	13,0	1,07	12,19	8,2
1,40	4,00	20,00	4,0	0,33	12,00	8,3
1,60	5,00	10,00	5,0	0,27	18,75	5,3
1,80	5,00	9,00	5,0	0,20	25,00	4,0
2,00	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
2,20	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
2,40	2,00	4,00	2,0	0,20	10,00	10,0
2,60	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
2,80	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
3,00	2,00	4,00	2,0	0,20	10,00	10,0
3,20	4,00	7,00	4,0	0,13	30,00	3,3
3,40	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
3,60	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
3,80	2,00	3,00	2,0	0,20	10,00	10,0
4,00	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
4,20	3,00	6,00	3,0	0,40	7,50	13,3
4,40	6,00	12,00	6,0	0,47	12,86	7,8
4,60	8,00	15,00	8,0	0,47	17,14	5,8
4,80	8,00	15,00	8,0	1,40	5,71	17,5
5,00	23,00	44,00	23,0	1,20	19,17	5,2
5,20	20,00	38,00	20,0	1,07	18,75	5,3
5,40	37,00	53,00	37,0	1,13	32,65	3,1
5,60	39,00	56,00	39,0	1,13	34,41	2,9
5,80	39,00	56,00	39,0	1,40	27,86	3,6
6,00	43,00	64,00	43,0	1,27	33,95	2,9
6,20	41,00	60,00	41,0	1,07	38,44	2,6
6,40	32,00	48,00	32,0	1,00	32,00	3,1
6,60	31,00	46,00	31,0	1,07	29,06	3,4
6,80	38,00	54,00	38,0	1,00	38,00	2,6
7,00	39,00	54,00	39,0	0,00		0,0

PROVA ...CPT 3

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 04/06/2025
Profondità prova: 10,00 mt
Località: CODIGORO (FE)

Profondità (m)	Letture punta (kg/cm <sup>2</sup> )	Letture 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	9,00	0,00	9,0	0,00		0,0
0,40	11,00	0,00	11,0	0,87	12,69	7,9
0,60	13,00	26,00	13,0	0,67	19,50	5,1
0,80	10,00	20,00	10,0	0,60	16,67	6,0
1,00	9,00	18,00	9,0	0,40	22,50	4,4
1,20	7,00	13,00	7,0	0,40	17,50	5,7
1,40	6,00	12,00	6,0	0,47	12,86	7,8
1,60	7,00	14,00	7,0	0,40	17,50	5,7
1,80	6,00	12,00	6,0	0,20	30,00	3,3
2,00	4,00	7,00	4,0	0,20	20,00	5,0
2,20	4,00	7,00	4,0	0,20	20,00	5,0
2,40	4,00	7,00	4,0	0,13	30,00	3,3
2,60	3,00	5,00	3,0	0,20	15,00	6,7
2,80	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
3,00	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
3,20	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
3,40	3,00	5,00	3,0	0,20	15,00	6,7
3,60	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
3,80	3,00	5,00	3,0	0,20	15,00	6,7
4,00	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
4,20	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
4,40	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
4,60	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
4,80	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
5,00	3,00	5,00	3,0	0,20	15,00	6,7
5,20	4,00	7,00	4,0	0,27	15,00	6,7
5,40	4,00	8,00	4,0	0,33	12,00	8,3
5,60	6,00	11,00	6,0	0,20	30,00	3,3
5,80	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
6,00	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
6,20	3,00	6,00	3,0	0,27	11,25	8,9
6,40	4,00	8,00	4,0	0,20	20,00	5,0
6,60	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
6,80	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
7,00	3,00	6,00	3,0	0,27	11,25	8,9
7,20	4,00	8,00	4,0	0,20	20,00	5,0
7,40	3,00	6,00	3,0	0,40	7,50	13,3
7,60	6,00	12,00	6,0	0,20	30,00	3,3
7,80	3,00	6,00	3,0	0,33	9,00	11,1
8,00	6,00	11,00	6,0	0,80	7,50	13,3
8,20	13,00	25,00	13,0	1,33	9,75	10,3

8,40	42,00	62,00	42,0	1,40	30,00	3,3
8,60	64,00	85,00	64,0	1,27	50,53	2,0
8,80	57,00	76,00	57,0	1,27	45,00	2,2
9,00	54,00	73,00	54,0	0,93	57,86	1,7
9,20	38,00	52,00	38,0	0,47	81,43	1,2
9,40	7,00	14,00	7,0	0,33	21,00	4,8
9,60	6,00	11,00	6,0	0,20	30,00	3,3
9,80	4,00	7,00	4,0	0,20	20,00	5,0
10,00	4,00	7,00	4,0	0,00		0,0

**PROVA ...CPT 4**

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 04/06/2025
Profondità prova: 6,00 mt
Località: CODIGORO (FE)

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	13,00	0,00	13,0	0,00		0,0
0,40	15,00	0,00	15,0	0,53	28,12	3,6
0,60	9,00	17,00	9,0	0,47	19,29	5,2
0,80	7,00	14,00	7,0	0,40	17,50	5,7
1,00	6,00	12,00	6,0	0,33	18,00	5,6
1,20	6,00	11,00	6,0	0,27	22,50	4,4
1,40	4,00	8,00	4,0	0,20	20,00	5,0
1,60	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
1,80	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
2,00	3,00	6,00	3,0	0,27	11,25	8,9
2,20	4,00	8,00	4,0	0,20	20,00	5,0
2,40	4,00	7,00	4,0	0,20	20,00	5,0
2,60	4,00	7,00	4,0	0,13	30,00	3,3
2,80	2,00	4,00	2,0	0,20	10,00	10,0
3,00	3,00	6,00	3,0	0,27	11,25	8,9
3,20	4,00	8,00	4,0	0,20	20,00	5,0
3,40	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
3,60	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
3,80	3,00	6,00	3,0	0,20	15,00	6,7
4,00	4,00	7,00	4,0	0,20	20,00	5,0
4,20	4,00	7,00	4,0	0,20	20,00	5,0
4,40	3,00	6,00	3,0	0,27	11,25	8,9
4,60	4,00	8,00	4,0	0,27	15,00	6,7
4,80	4,00	8,00	4,0	0,20	20,00	5,0
5,00	4,00	7,00	4,0	0,27	15,00	6,7
5,20	4,00	8,00	4,0	0,27	15,00	6,7
5,40	4,00	8,00	4,0	0,20	20,00	5,0
5,60	4,00	7,00	4,0	0,27	15,00	6,7
5,80	4,00	8,00	4,0	0,27	15,00	6,7
6,00	4,00	8,00	4,0	0,00		0,0

PROVA ...CPT 5

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 04/06/2025
Profondità prova: 6,00 mt
Località: CODIGORO (FE)

Profondità (m)	Letture punta (kg/cm <sup>2</sup> )	Letture 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	18,00	0,00	18,0	0,00		0,0
0,40	15,00	0,00	15,0	0,80	18,75	5,3
0,60	14,00	26,00	14,0	0,67	21,00	4,8
0,80	11,00	21,00	11,0	0,40	27,50	3,6
1,00	7,00	13,00	7,0	0,20	35,00	2,9
1,20	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
1,40	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
1,60	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
1,80	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
2,00	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
2,20	3,00	5,00	3,0	0,20	15,00	6,7
2,40	4,00	7,00	4,0	0,13	30,00	3,3
2,60	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
2,80	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
3,00	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
3,20	3,00	5,00	3,0	0,07	45,00	2,2
3,40	1,00	2,00	1,0	0,13	7,50	13,3
3,60	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
3,80	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
4,00	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
4,20	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
4,40	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
4,60	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
4,80	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
5,00	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
5,20	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
5,40	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
5,60	4,00	6,00	4,0	0,13	30,00	3,3
5,80	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
6,00	3,00	5,00	3,0	0,00		0,0

PROVA ...CPT 6

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 04/06/2025
Profondità prova: 7,00 mt
Località: CODIGORO (FE)

Profondità (m)	Letture punta (kg/cm <sup>2</sup> )	Letture 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	11,00	0,00	11,0	0,00		0,0
0,40	19,00	0,00	19,0	0,40	47,50	2,1
0,60	6,00	12,00	6,0	0,33	18,00	5,6
0,80	6,00	11,00	6,0	0,20	30,00	3,3
1,00	3,00	6,00	3,0	0,13	22,50	4,4
1,20	3,00	5,00	3,0	0,07	45,00	2,2
1,40	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
1,60	1,00	2,00	1,0	0,13	7,50	13,3
1,80	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
2,00	2,00	3,00	2,0	0,13	15,00	6,7
2,20	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
2,40	3,00	4,00	3,0	0,13	22,50	4,4
2,60	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
2,80	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
3,00	2,00	3,00	2,0	0,13	15,00	6,7
3,20	2,00	4,00	2,0	0,13	15,00	6,7
3,40	2,00	4,00	2,0	0,07	30,00	3,3
3,60	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
3,80	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
4,00	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
4,20	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
4,40	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
4,60	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
4,80	1,00	2,00	1,0	0,07	15,00	6,7
5,00	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
5,20	1,00	2,00	1,0	0,20	5,00	20,0
5,40	3,00	6,00	3,0	0,07	45,00	2,2
5,60	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
5,80	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
6,00	2,00	3,00	2,0	0,07	30,00	3,3
6,20	2,00	3,00	2,0	0,13	15,00	6,7
6,40	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
6,60	3,00	5,00	3,0	0,13	22,50	4,4
6,80	3,00	5,00	3,0	0,20	15,00	6,7
7,00	3,00	6,00	3,0	0,00		0,0

DPSH 1



DPSH 2



DPSH 3



DPSH 4



DPSH 5



DPSH 6



## 9. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I dati seguenti sono stati desunti dall'indagine geognostica specifica, debitamente interpretati ed elaborati alla luce della normativa nazionale e sulla base di precedenti esperienze professionali; si ritiene che i risultati dell'indagine, siano sufficientemente rappresentativi delle caratteristiche litologico - geotecniche del terreno indagato, il quale risulta caratterizzato una stratigrafia media del sottosuolo come descritto nel seguito:

### • MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Prof. Strato (m)	qc Media (kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso unità di volume Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,40	16,5	0,40	1,9	Incoerente	Suolo
1.20-1.60	8,75	0,35	1,8	Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
2.80-3.60	2,6	0,13	2,0	Coesivo	Limo argilloso soffice/torba
5.0-5.80	2,385	0,13	2,0	Coesivo	Argilla limosa
8,00-10.0	20,0	0,82	2,0	Incoerente	Limo argilloso-sabbioso

### • MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

#### **UNITA' GEOTECNICA A da 0.40. a 1.20/1.60 m da p.c. – LIMO ARGILLOSO SABBIOSO**

Oltre lo spessore di suolo rimaneggiato dalle lavorazioni agrarie è presente la prima unità geotecnica costituita da depositi a matrice prevalentemente fine limi argillosi debolmente sabbiosi poco consistenti che si sviluppano mediamente sino a 1.40 m da p.c. I depositi in questione sono saturi a partire da - 0.50 m da p.c. e possiedono da mediocri caratteristiche geotecniche e valori medi di qc pari a 8.0 kg/cm<sup>2</sup>. A quest'unità possono essere assegnati i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.80$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma_{sat} = 1.90$
Coesione (Kg/cm <sup>2</sup> )	$C' = 0.04$
Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	$C_u = 0.4$
Classificazione AGI	Poco consistente /addensato
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 40$

**UNITA' GEOTECNICA B da 1.20/1.60 a 2.80/3.60 m da p.c. – LIMO ARGILLOSO SOFFICCE - TORBOSO**

La seconda unità geotecnica è costituita da depositi naturali limoso argillosi con intercalazioni torbose. I depositi in questione sono saturi e possiedono scadenti caratteristiche geotecniche e valori medi di qc 4.0 kg/cm<sup>2</sup>. A quest'unità possono essere assegnati i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.70$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma_{sat} = 1.75$
Coesione efficace C' (kg/cmq)	$C' = 0.01$
Coesione non drenata Cu (kg/cmq)	$C_u = 0.10$
Classificazione AGI	Molli o poco consistenti
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 20$

**UNITA' GEOTECNICA C da 2.80/3.60 a 5.00/5.80 m da p.c. – ARGILLA LIMOSA**

La terza unità geotecnica è presente sino alla profondità di 5.80 m da p.c. ed è costituita da depositi naturali argillosi e limosi. I depositi in questione sono saturi e possiedono scadenti caratteristiche geotecniche e valori medi di qc pari a 2.30 kg/cm<sup>2</sup>. A quest'unità possono essere assegnati i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.70$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma_{sat} = 1.75$
Coesione efficace C' (kg/cmq)	$C' = 0.02$
Coesione non drenata Cu (kg/cmq)	$C_u = 0.20$
Classificazione AGI	Molli o poco consistenti
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 30$

**UNITA' GEOTECNICA D da 5.00/5.80 a 8.00/10.00 m da p.c. – LIMO ARGILLOSO SABBIOSO**

La quarta e ultima unità geotecnica individuata è presente sino a 10.0 m da p.c. (massima profondità indagata dalle prove) ed è costituita da depositi fini, argille o argille limose sabbiose moderatamente addensate. I depositi in questione sono saturi e possiedono scadenti caratteristiche geotecniche e valori medi di qc pari 20 kg/cm<sup>2</sup>. A quest'unità possono essere assegnati i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.70$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma_{sat} = 1.80$
Coesione efficace C' (kg/cmq)	$C' = 0.03$
Densità relativa (%)	$D_r = 20-25\%$
Angolo di attrito interno (°)	$\Phi = 26^\circ$
Coesione non drenata Cu (kg/cmq)	$C_u = 0.25$

Classificazione AGI	Addensato
Modulo Edometrico (kg/cmq)	E = 40
Modulo elastico (Kg/cmq)	Y= 40

## 10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il DM 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) e Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2018, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 **è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza dei seguenti casi:**

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a 0.1g ( $a < 1$  m/secq);
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $N_{1,60} > 30$ ;
- elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie;

Ne deriva che i fattori che governano il fenomeno della liquefazione possono essere intimamente legati a:

- lo stato di addensamento;
- la granulometria;
- la storia delle sollecitazioni sismiche;
- le condizioni di drenaggio;
- l'età del deposito;
- il grado di sovraconsolidazione.

Per tale ragione si può ragionevolmente affermare che il sito non è suscettibile di liquefazione perché sussistono la seguente condizione di esclusione fra cui:

- **accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a 0.1g ( $a < 1$  m/secq);**
- **elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille).**

## 11. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti si fa riferimento alla normativa vigente, DPR 13 Giugno 2017 n. 120, che segue quanto già previsto dall'art.8 del DL 133/2014.

Secondo la definizione di rifiuto di cui all'art. 183 comma 1, lettera a) del D.lgs. 152/2006 (testo unico ambiente) e s.m.i., le terre e rocce provenienti dalle operazioni di scavo devono considerarsi tali laddove il soggetto che ha in carico l'opera "si disfa", ha "intenzione di disfarsi" o "è obbligato a disfarsi" delle stesse. In particolare, alla luce dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione UE 955/2014 come richiamata nell'allegato D della parte IV del D.lgs. 152/2006, queste appartengono alla famiglia 17 che comprende i rifiuti derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione, contraddistinti con i seguenti codici CER:

- 17 05 03\* terre e rocce contenenti sostanze pericolose
- 17 05 03 terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03\*

Pertanto, indipendentemente dal fatto che le T&R siano o meno "pericolose" queste rientrano per definizione nel campo di applicazione della disciplina dei rifiuti. Esse vanno di conseguenza gestite secondo quanto previsto dalla parte IV del Dlgs 152/2006 con riferimento alle modalità operative del Deposito temporaneo ed avviate a recupero R o a smaltimento D in accordo con la normativa vigente. Esistono però determinate condizioni alle quali le T&R possono essere gestite in deroga alla normativa in materia di rifiuti, fermo restando il principio di rispetto e tutela della salute umana e dell'ambiente naturale.

Le condizioni di esclusione dalla normativa rifiuti possono essere le seguenti due:

- Per riutilizzo "in situ" del materiale non contaminato (Art. 185 del D.lgs. 152/2006)
- Per gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto (art. 184 -bis del D.lgs. 152/2006)

Nel primo caso, ai sensi del comma 1 sdell'art.185 del D.lgs. 152/2006, non sono da considerare rifiuti:

- Il suolo non contaminato ed altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di costruzione, ove sia certo che il materiale sarà riutilizzato ai fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato scavato;

L'assenza di contaminazione deve essere verificata con riferimento alle concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui al titolo V parte IV del D.lgs. 152/2006.

Nel secondo caso, per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, si fa riferimento all'art.184-bis del D.lgs. 152/2006, che richiede il soddisfacimento di quattro condizioni (art. 4 DPR):

- I materiali sono generati durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- È certo il loro utilizzo per reinterri, riempimenti, recuperi ambientali o in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava;
- I materiali di scavo sono idonei a essere utilizzati direttamente senza ulteriori trattamenti diversi dalla normale pratica industriale;

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 59
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

- I materiali di scavo soddisfano i requisiti di qualità ambientale riguardanti la protezione della salute umana e dell'ambiente;

La sussistenza dei requisiti sopra descritti viene attestata attraverso la predisposizione e la trasmissione agli enti di controllo preposti (Arpa e Comune) della documentazione PDU (Piano di utilizzo per cantieri di grandi dimensioni) o Dichiarazione di utilizzo (per cantieri di piccole dimensioni) e in ogni caso della dichiarazione di avvenuto utilizzo al termine della attività di gestione.

Per quanto riguarda le specifiche definizione dei siti e dei soggetti coinvolti si rimanda al testo completo del DPR. Relativamente al cantiere in oggetto, trattandosi di materiali originati dall'attività di scavo di terreni naturali per la formazione delle fondazioni e dei vani interrati, si può agevolmente ricomprendere l'opera entro i cantieri di piccole dimensioni (con produzione di volumi di terre <6000 mc);

Su detti materiali che soddisfano i succitati requisiti di origine, riutilizzo preliminarmente alla gestione degli stessi (sia internamente che esternamente al sito) dovranno essere verificati i requisiti di qualità ambientale con riferimento alle modalità di campionamento ed alle analisi chimico fisiche verificando il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e destinazione.

Il rispetto dei requisiti ambientali verrà eseguito mediante pozzetti, trincee o sondaggi in numero adeguato in relazione alla superficie dell'area, con prelievo di campioni di terreno alle profondità significative conformemente alle profondità di progetto degli scavi. Il set analitico dei parametri da ricercare è in relazione all'ubicazione del sito ed alla sua storia pregressa (soprattutto se industriale) con un minimo di sostanze come definito nell'allegato 4 al DPR.

Al termine della gestione delle terre e rocce da scavo e comunque entro la data di gestione comunicata o entro un anno se prorogata dovrà essere inviata la Dichiarazione di avvenuto utilizzo DAU debitamente compilata e firmata dal produttore e/o proponente l'opera a conclusione del procedimento.

Le terre oggetto di scavo saranno gestite sulla base della normativa vigente in funzione del loro riutilizzo c/o il sito di produzione o in altro sito e tale attività sarà oggetto della stesura in fase progettuale definitiva di adeguata documentazione, che individuerà il produttore (impresa affidataria degli scavi), la quantità dei volumi destinati a riutilizzo, i siti di destino e la classificazione del materiale dal punto di vista merceologico e chimico/fisico, nonché espletterà le prescritte pratiche autorizzative c/o gli enti preposti al rilascio delle autorizzazioni (Comune).

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 60
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

## 12. CONCLUSIONI

Il progetto prevede la realizzazione di nuovi campi agrivoltaici presso un'area sita nel comparto agricolo del territorio comunale di Codigoro (FE), in direzione del Comune Jolanda di Savoia.

La finalità specifica è la definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del sito, con particolare riguardo alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche ed alla proprietà fisico meccaniche dei terreni coinvolti dalle opere in progetto, per la valutazione della fattibilità dell'intervento sulla base del modello geologico-sismico e geotecnico dell'area, necessario alla successiva progettazione esecutiva delle nuove opere di fondazione.

I dati in possesso dello scrivente, ricavati da apposite indagini geognostiche e sismiche eseguite nell'area di intervento, hanno permesso di definire la natura e le caratteristiche dei terreni presenti nell'area di intervento; sulla base delle considerazioni dei paragrafi precedenti si traggono le seguenti conclusioni:

- Da un punto di vista geomorfologico la zona interessata dagli interventi si dispone sub-pianeggiante, impostata ad una quota altimetrica media di circa -4.0 m s.l.m.; analizzando le tavole proprie del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) l'area oggetto di intervento rientra nel seguente scenario:
  - Ambito territoriale denominato "Reticolo Idrografico Principale (RP)", nello scenario di pericolosità P1-L (Alluvioni a bassa probabilità, per alluvioni rare, con tempo di ritorno fino a 500 anni), e nell'ambito territoriale denominato "Reticolo Idrografica Secondario di Pianura (RSP)", nello scenario di pericolosità P2-M (Alluvioni a media probabilità, poco frequenti, con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni), e nella classe di rischio R1 (rischio moderato).

**Le opere in progetto prevedono la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico e non contemplano opere che interferiscono con il normale deflusso delle acque. Ciò premesso si ritiene quindi che le opere in progetto siano compatibili con i vincoli e le limitazioni presenti.**

- Durante la campagna di indagini geognostiche appositamente eseguita nell'area di studio è stato intercettato il livello statico della falda a quote variabili da -0.30 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 3 (zona sud-occidentale dell'area) a -2.00 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 6 (zona centro occidentale dell'area). Il livello piezometrico, nel corso dell'anno, è comunque soggetto ad oscillazioni in positivo ed in negativo rispetto alla misura rilevata. Le motivazioni sono molteplici e legate a fattori sia di carattere antropico (attività di emungimento dei pozzi, pratiche di irrigazione delle colture nei periodi tardo primaverili ed estivi, etc.), sia di indole naturale (ricarica delle falde in seguito alle precipitazioni in seguito a periodi più o meno piovosi, fenomeni di evapotraspirazione più o meno intensi, etc.).
- Da un punto di vista litologica l'area oggetto del presente studio risulta impostata in corrispondenza dei sedimenti fluvio-deltizi e palustri prevalentemente argillosi, limosi e sabbiosi costituenti l'Unità di

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA 61
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

Modena (Pleistocene – Olocene), frequentemente intercalati o ricoperti da livelli torbosi e organici di spessore variabile.

- Sulla base dell'indagine sismica eseguita il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{seq}$ ) nei terreni interessati dall'intervento in oggetto è pari a **142 m/sec**, pertanto la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la **D**: Depositi 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.
- Il DM 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) e precedente Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione. Detta valutazione è stata eseguita con metodi semiempirici di cui **al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC** che escludono per il sito in questione il fenomeno della liquefazione in quanto:
  - **accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a 0.1g ( $a < 1 \text{ m/sec}^2$ );**
  - **elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.**

In fase esecutiva, dato il carattere puntuale dei dati forniti dalle prove penetrometriche, sarà comunque opportuno verificare la rispondenza delle condizioni locali con le caratteristiche litologiche ed idrogeologiche (presenza di marcate disomogeneità, matrice fine abbondante o prevalente) indicate nella presente relazione e nel caso integrare le verticali di indagine.

Dalle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti e dall'esame delle condizioni geomorfologiche, geologiche dell'area e dei depositi indagati con indagine in sito, si può dedurre che le caratteristiche dell'area in oggetto appaiono compatibili con la destinazione d'uso prevista, adottando le prescrizioni sin qui esposte.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del DM 17.01.2018 e contempla i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica ivi prescritti, costituendo documento idoneo per il rilascio della concessione edilizia sulla base del progetto di costruzione ad esso allegato.

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA <b>62</b>
---------------	---------------------	--------	------------	------------------

A disposizione per ulteriori approfondimenti e chiarimenti, si coglie l'occasione per porgere cordiali saluti

**Il Geologo**

*Dott. Geol. Giuliano Donaera*

The image shows a circular professional stamp of the Ordine dei Geologi della Lombardia. The stamp contains the text: "Dr. Geologo GIULIANO DONAERA n. 1150". Below the stamp is a handwritten signature in black ink.

# ALLEGATI

COMMESSA: COD	RELAZIONE GEOLOGICA	REV.00	05/02/2026	PAGINA <b>64</b>
---------------	---------------------	--------	------------	------------------



<b>TITOLO ELABORATO</b>	<b>ESTRATTO CATASTALE</b>	<b>DATA</b> 06/06/2025	<b>SCALA</b> 1:7000
<b>COMMITTENTE</b>	<b>I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT</b>	<b>PRJ.093.25</b>	
<b>LAVORO</b>	<b>REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI</b>	<b>TAV. 02</b>	
<b>CANTIERE</b>	<b>Codigoro (FE)</b>		



Base Cartografica Catastale del CC di Codigoro (FE)

EPSG:32632

**LEGENDA SIMBOLI :**



**AREA DI INTERVENTO**





<b>TITOLO</b>	<b>UBICAZIONE INDAGINI</b>	<b>DATA</b> 06/06/2025	<b>SCALA</b> 1:8.000
<b>COMMITTENTE</b>	<b>I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT</b>	<b>N.PRJ.093.25</b>	
<b>LAVORO</b>	<b>REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI</b>	<b>TAV. 04</b>	
<b>CANTIERE</b>	<b>Codigoro (FE)</b>		



Base Cartografica Google Hearth Satellite - Indagini Geognostiche e Sismiche

EPSG:32632

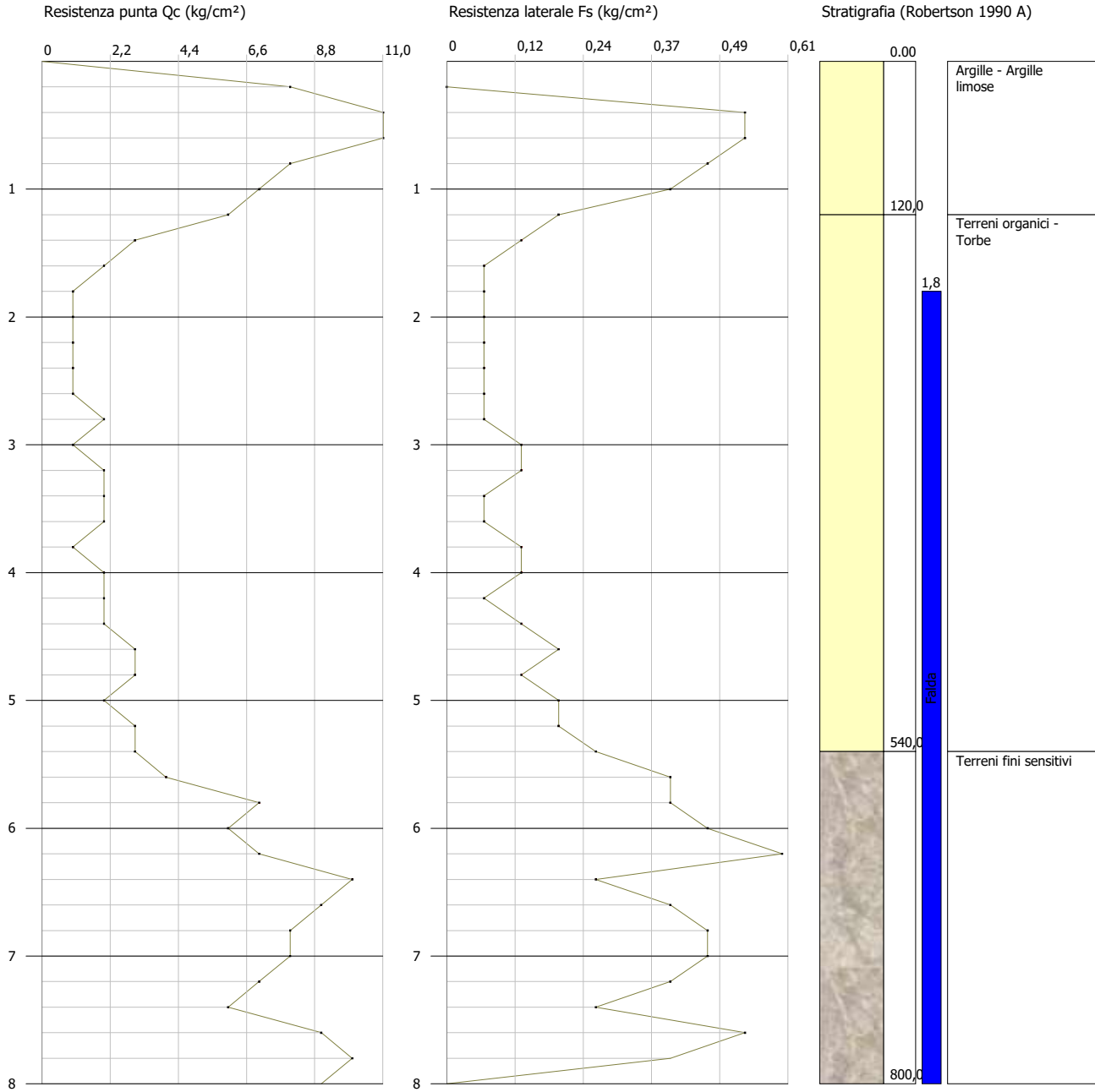
**LEGENDA SIMBOLI :**

**CPT** ●      **HVSR** ○      **MASW** - - - - -

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

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
 Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
 Località: CODIGORO (FE)

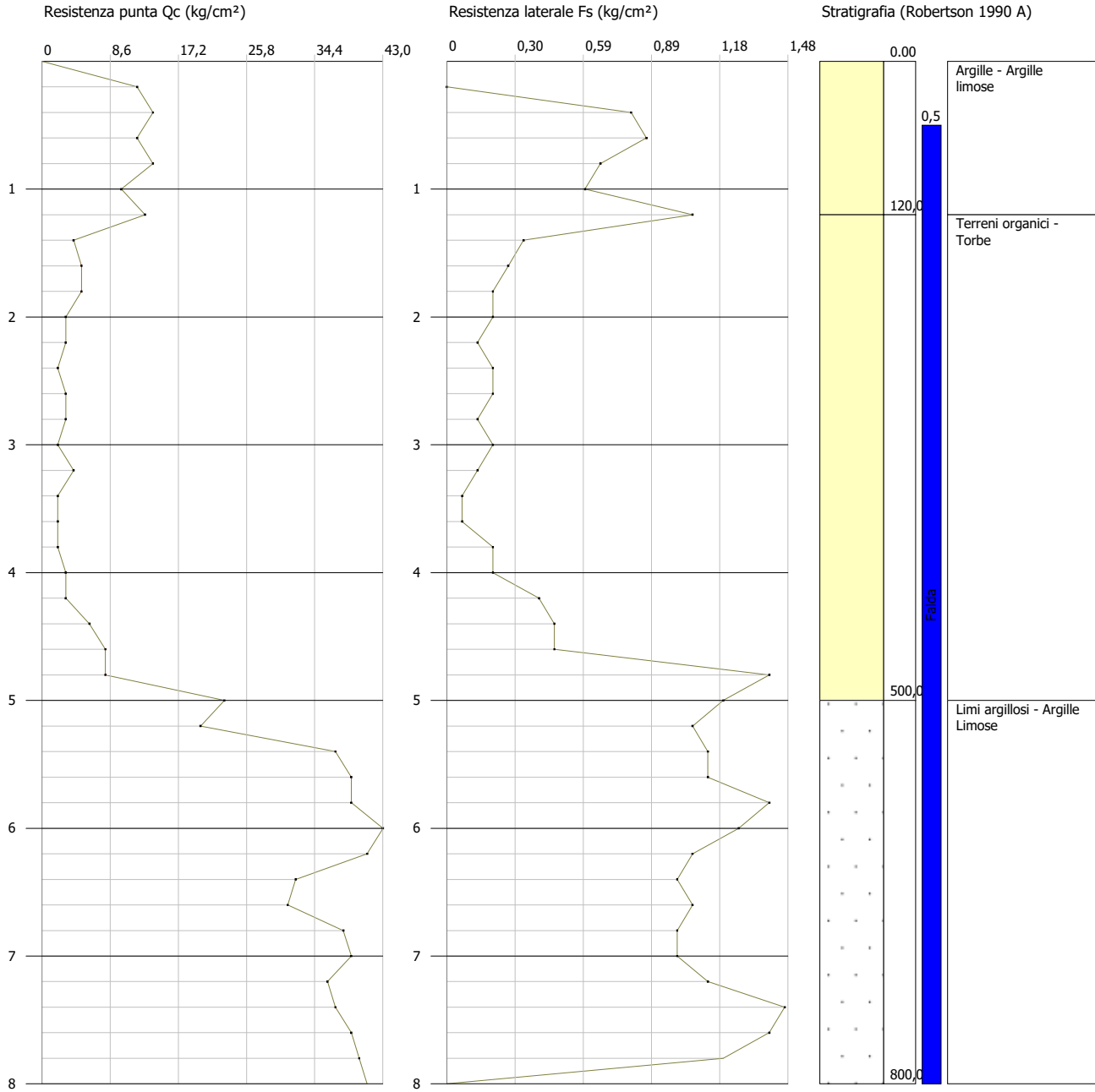
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 2  
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
 Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
 Località: CODIGORO (FE)

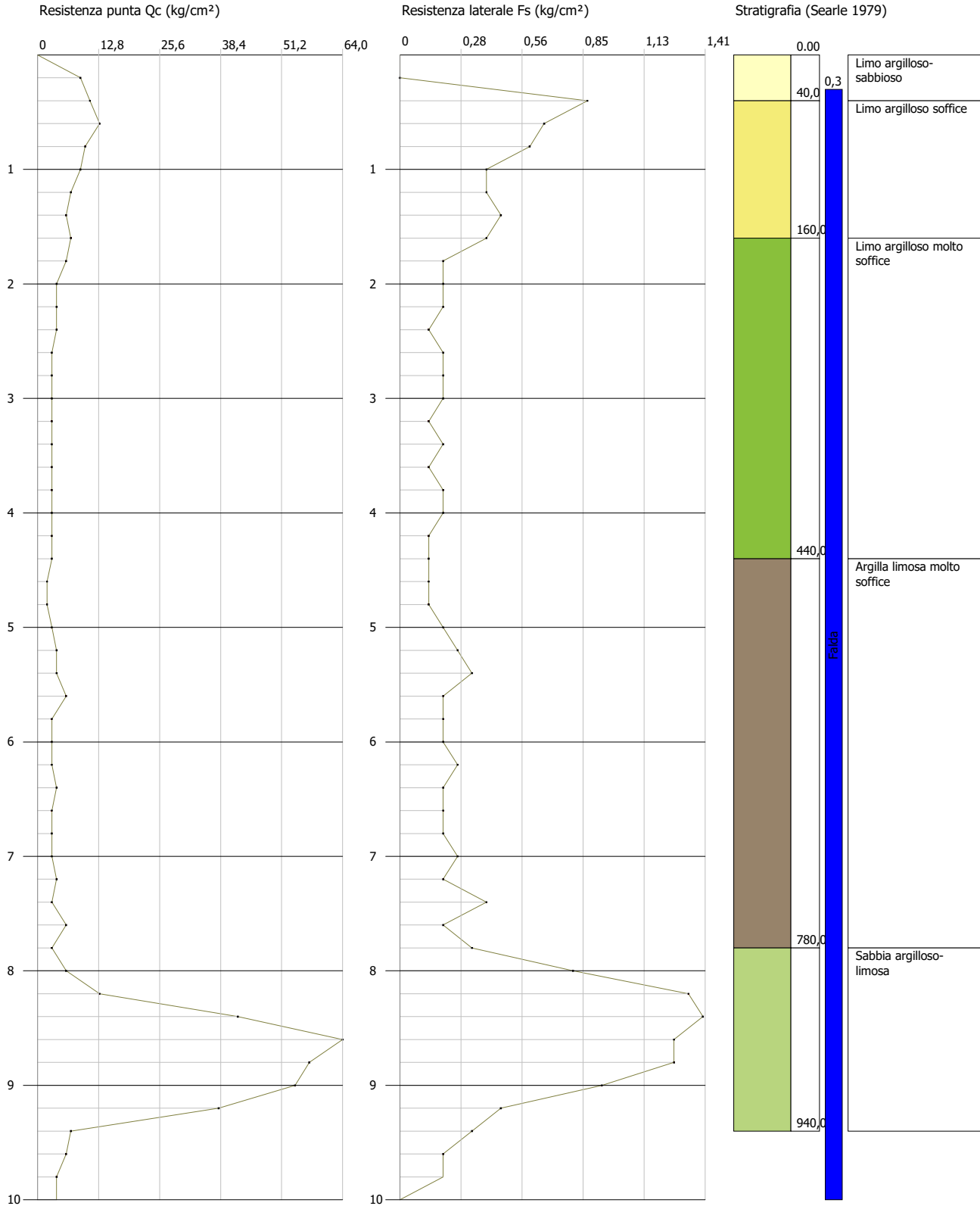
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 3  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
Località: CODIGORO (FE)

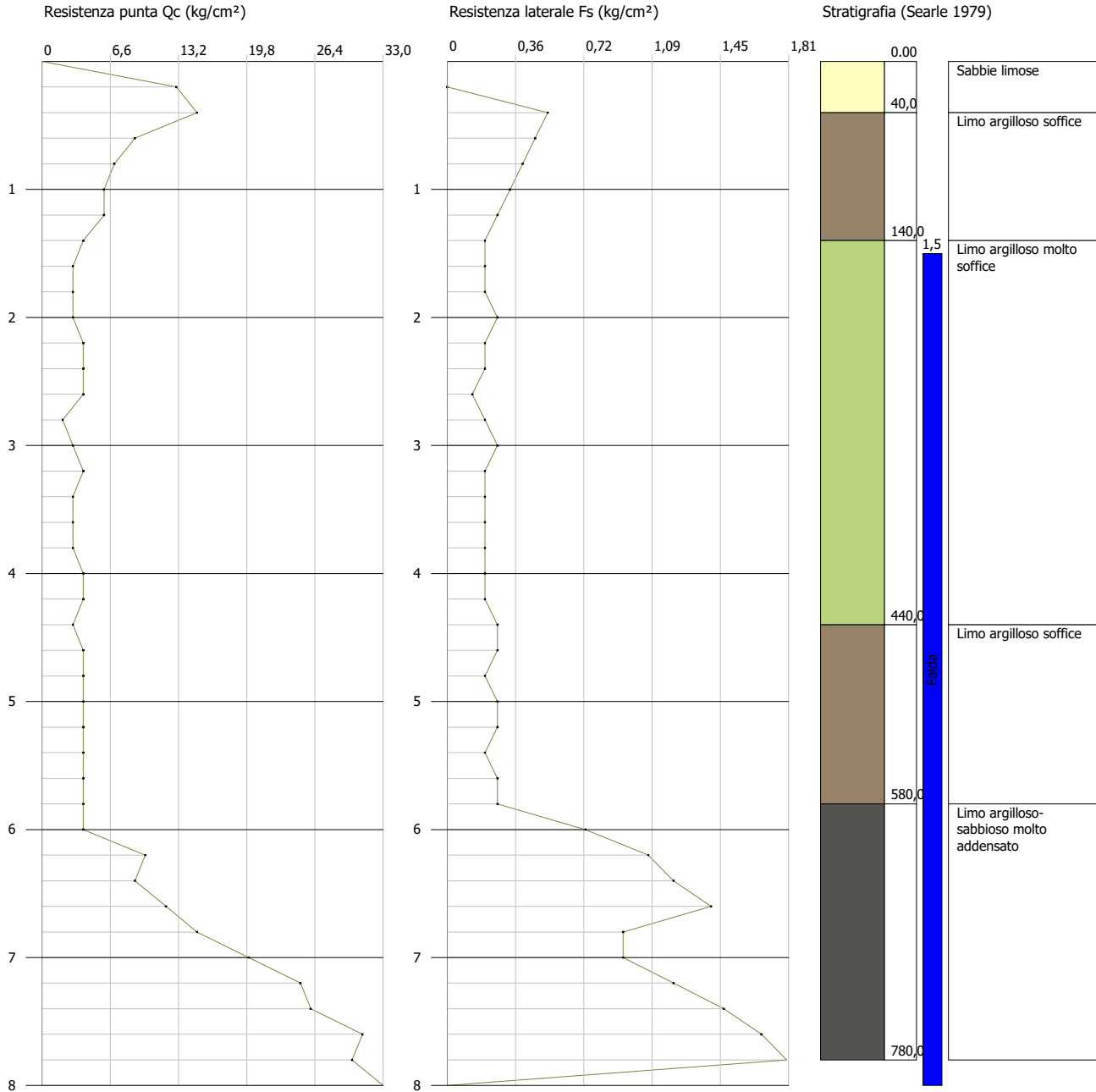
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 4  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
Località: CODIGORO (FE)

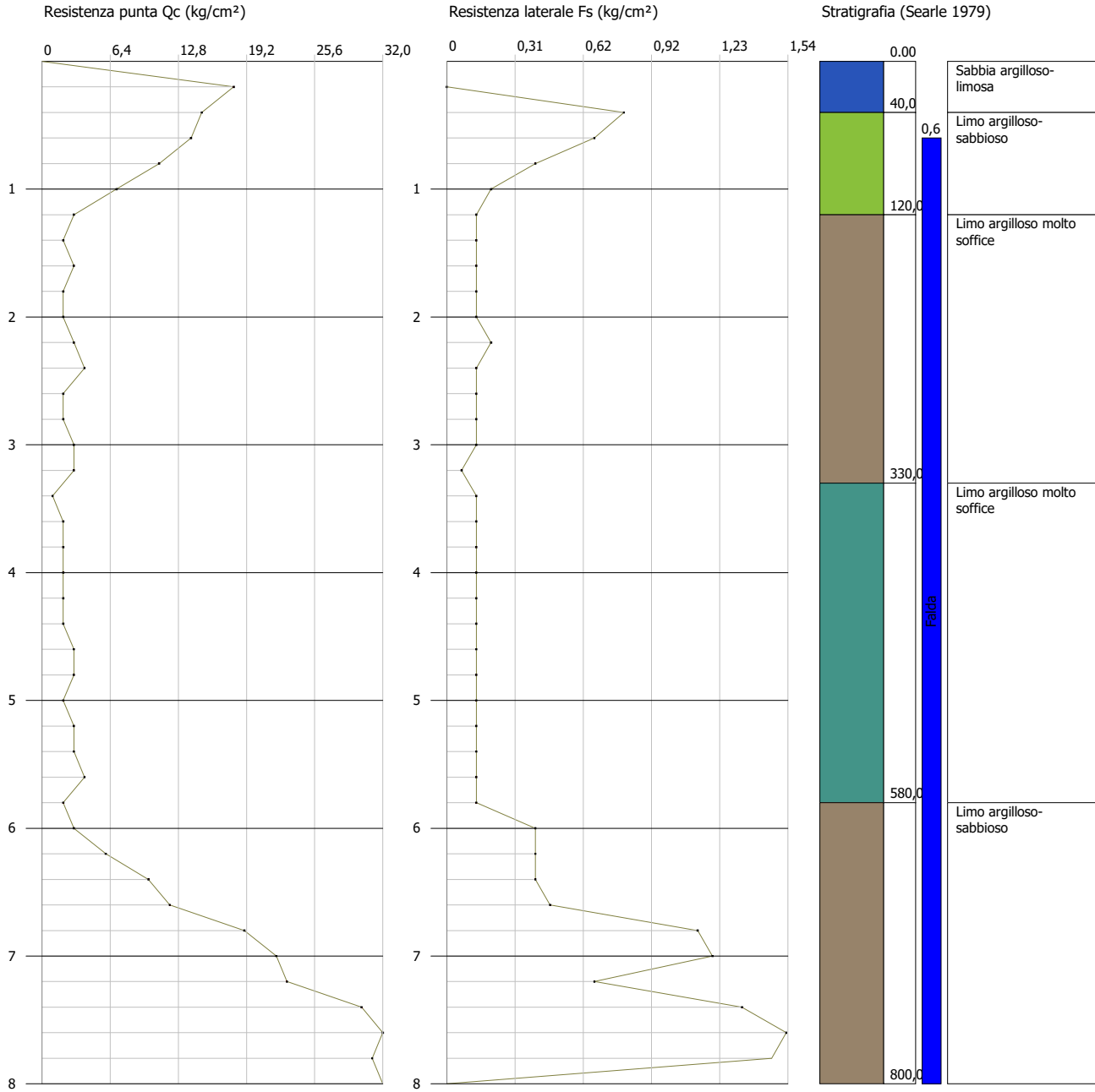
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 5  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
Località: CODIGORO (FE)

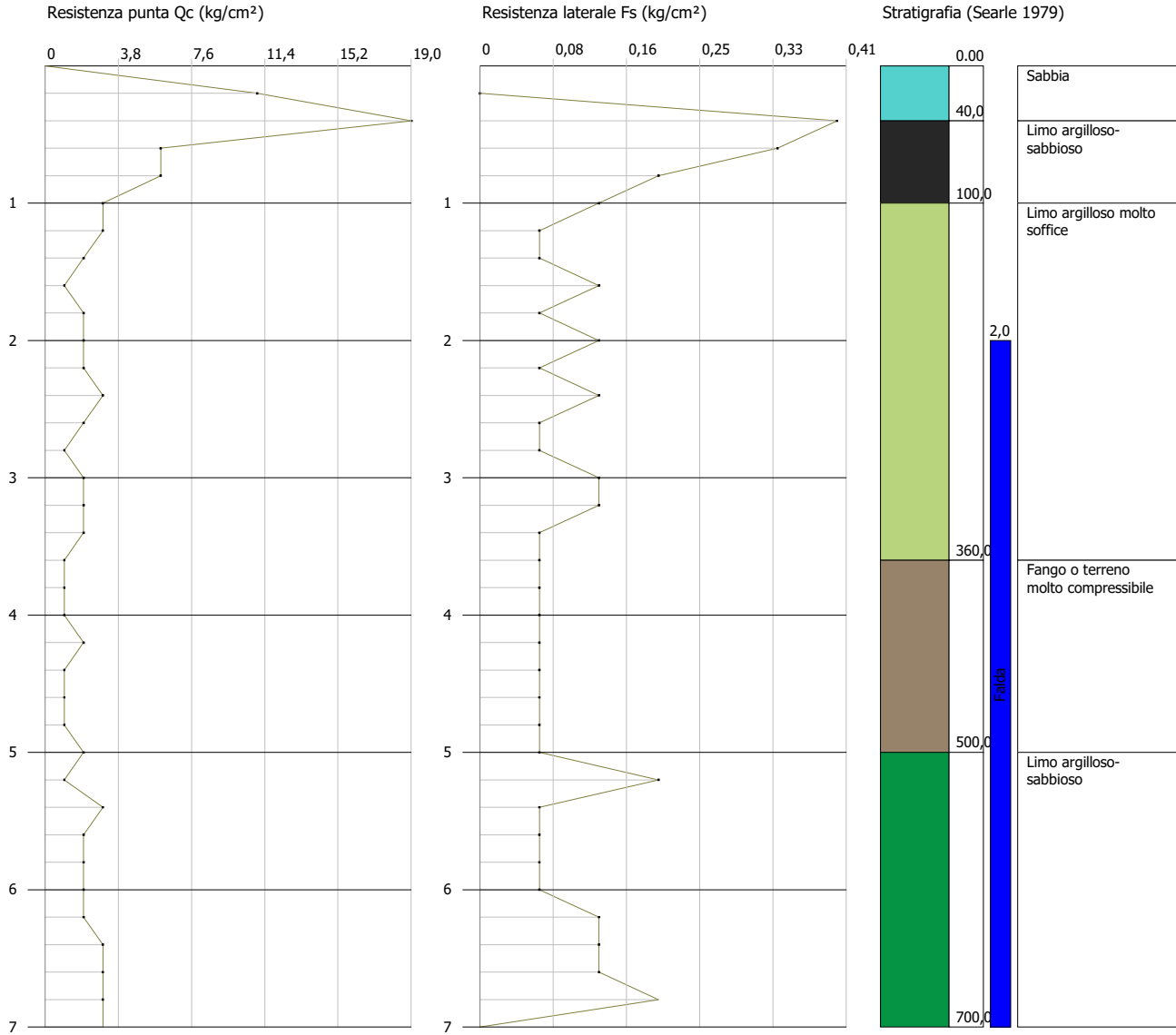
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 6  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
Località: CODIGORO (FE)

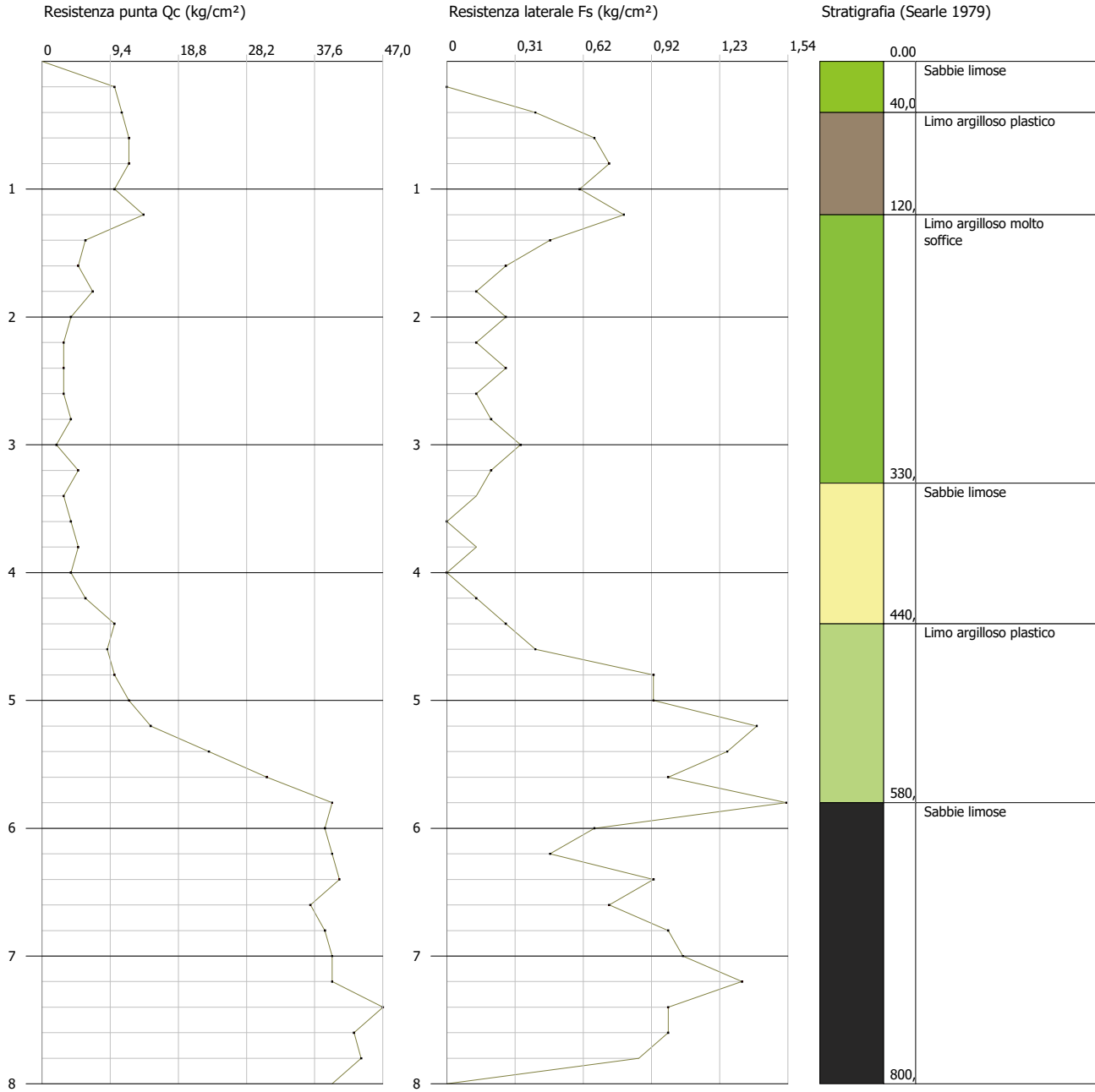
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 7  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
Località: CODIGORO (FE)

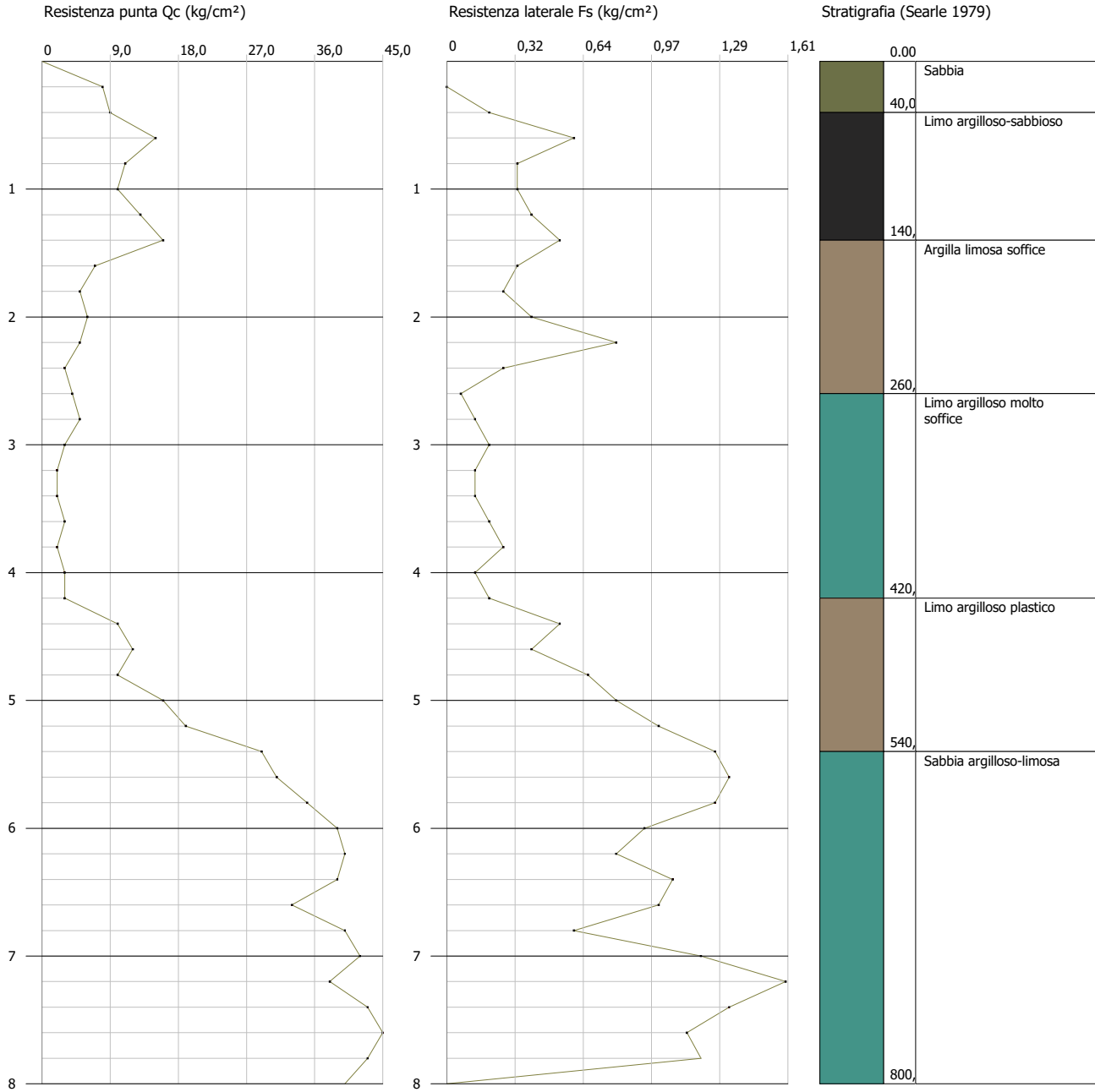
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 9  
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
 Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
 Località: CODIGORO (FE)

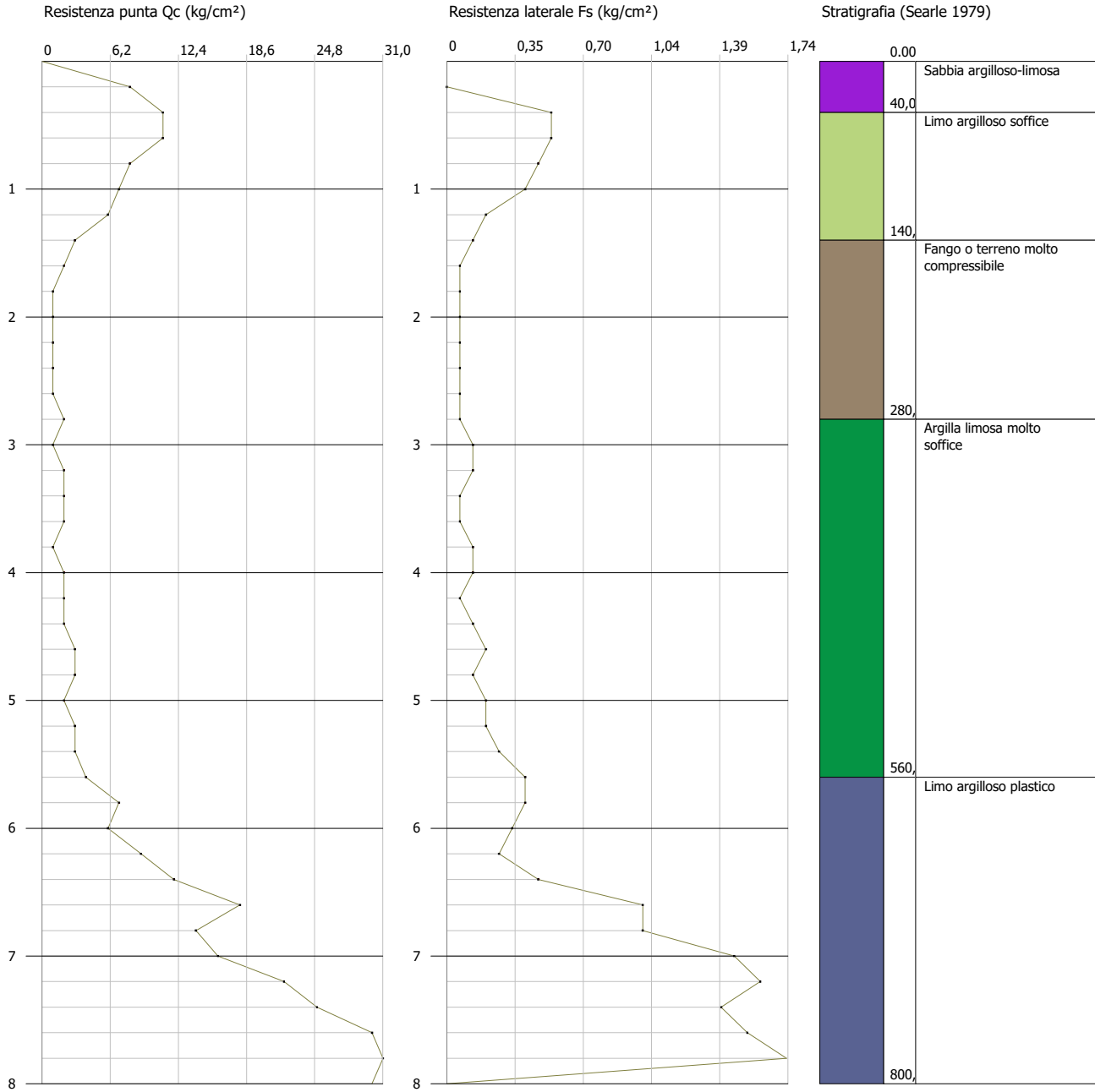
Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 8  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
Località: CODIGORO (FE)

Data: 04/06/2025



Probe CPT - Cone Penetration CPT 10  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT  
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI  
Località: CODIGORO (FE)

Data: 04/06/2025

