

**Eni SpA** **DISTRETTO  
MERIDIONALE**



Doc. AMB\_ME\_06\_446

**[ID\_VIP 9601]**  
***Realizzazione dell'area Cluster  
Sant'Elia 1 - Cerro Falcone 7***

Relazione geologica

Comune di Marsicovetere (PZ)  
Regione Basilicata

MAGGIO 2024

 <b>Eni S.p.A.</b> <b>Natural Resources</b> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	Doc. AMB-ME-06-446	Rev. 00	Pagina 2 di 83
---	---------------------	-----------------------	------------	----------------

**Comune di Marsicovetere (PZ)  
Regione Basilicata**

**[ID\_VIP 9601]**

Istanza di proroga dei termini di validità del decreto di compatibilità ambientale rilasciato dalla Regione Basilicata con DGR n. 461 del 10.04.2015, relativa al “Progetto per la realizzazione dell’area Cluster Sant’Elia 1 - Cerro Falcone 7 in località la Civita del Comune di Marsicovetere (PZ)”

**RELAZIONE GEOLOGICA**

 <b>PROGER</b>	Commessa: P24004		Doc. n. AMB_ME_06_446		
	--	--	--	--	--
	00	Maggio 2024	Oriolo N.	Mazzone D.	Di Michele C.
	REV.	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

00	Emissione	Proger S.p.A.	Eni S.p.A.	Eni S.p.A.	Maggio 2024
REV.	DESCRIZIONE	PREPARATO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 3 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	---------------------------

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DI LAVORO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>INTERVENTI IN PROGETTO .....</b>	<b>7</b>
3.1	SBANCAMENTI E RILEVATI.....	7
3.2	MASSICIATA.....	8
3.3	OPERE IN CALCESTRUZZO .....	8
3.4	TERRAMESH – MURO DI SOSTEGNO - BERLINESE.....	9
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>11</b>
4.1	UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL PROGETTO.....	11
<b>5</b>	<b>QUADRO VINCOLISTICO E REGIMI URBANISTICI .....</b>	<b>13</b>
5.1	AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE.....	13
5.1.1	Ex AdB Basilicata.....	14
5.2	VINCOLO IDROGEOLOGICO .....	15
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....</b>	<b>18</b>
6.1	GEOMORFOLOGIA DELL'AREA .....	20
<b>7</b>	<b>LA GEOLOGIA DELL'ALTA VAL D'AGRI .....</b>	<b>21</b>
7.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLE AREE INTERESSATE DAL PROGETTO .....	23
7.2	FORMAZIONI AFFIORANTI NELLE AREE INTERESSATE DAL PROGETTO.....	24
<b>8</b>	<b>GEOLOGIA TECNICA DELL'AREA .....</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE 2011 .....</b>	<b>33</b>
9.1	SONDAGGI STRATIGRAFICI.....	33
9.2	PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO .....	37
9.3	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO TIPO SPT .....	38
9.3.1	Metodologia di Elaborazione.....	39
9.4	TOMOGRAFIA ELETTRICA ORIZZONTALE .....	51
<b>10</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE 2017-2018.....</b>	<b>53</b>
<b>11</b>	<b>INDAGINI ESEGUITE AD APRILE 2024.....</b>	<b>59</b>
11.1	INDAGINI SISMICHE MASW.....	59
11.2	INTERPRETAZIONE MASW 1.....	60
11.3	INTERPRETAZIONE MASW 2.....	62
11.4	INDAGINE CON ANTENNA SISMICA EsAC.....	64

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 4 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	---------------------------

11.5	MISURE HVSR .....	66
<b>12</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO-TECNICO .....</b>	<b>69</b>
<b>13</b>	<b>SISMICITÀ DELL'AREA .....</b>	<b>72</b>
13.1	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	75
13.2	RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	78
<b>14</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI .....</b>	<b>79</b>
14.1	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE -NTC/2018 – METODO SEMPLIFICATO ....	80
14.2	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA DELL'AREA DI PROGETTO .....	81
<b>15</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>82</b>

**ALLEGATI:**

<b>Allegato 01</b>	Corografia su Ortofoto
<b>Allegato 02</b>	Inquadramento su CTR
<b>Allegato 03</b>	Carta del Vincolo Idrogeologico
<b>Allegato 04</b>	Carta del PAI
<b>Allegato 05</b>	Carta dell'IFFI
<b>Allegato 06</b>	Carta Geolitologica
<b>Allegato 07</b>	Carta Geologica
<b>Allegato 08</b>	Carta Geomorfologica storica
<b>Allegato 09</b>	Carta Geomorfologica attuale
<b>Allegato 10</b>	Ubicazione delle indagini
<b>Allegato 11</b>	Sezioni Geologiche
<b>Allegato 12</b>	Sezioni Geotecniche

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 5 di 83</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	---------------------------

## 1 PREMESSA

Il presente documento è redatto a seguito della richiesta di integrazione del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale Via — Vas, all'istanza di proroga dei termini di validità del decreto di compatibilità ambientale rilasciato dalla Regione Basilicata con DGR n. 461 del 10.04.2015, relativa al "Progetto per la realizzazione dell'area Cluster Sant'Elia 1 - Cerro Falcone 7 in località la Civita del Comune di Marsicovetere (PZ)".

In sintesi, il progetto prevede la realizzazione di un piazzale suddiviso su due livelli rispettivamente con piano orizzontale alle quote 870 m s.l.m. e 864 m s.l.m. Nel piazzale a quota 870 m s.l.m. sarà collocata la piattaforma sulla quale verrà installato l'impianto di perforazione dei pozzi, mentre nel piazzale a quota 864 m. s.l.m. saranno principalmente collocate le strutture di impianto.

L'area sulla quale dovrà essere realizzata la postazione sonda ha una superficie di 22.000 mq circa, attualmente adibita a pascolo, individuata in catasto terreni al Foglio di Mappa n.9 del Comune di Marsicovetere (PZ) particelle n.105 - 37.

Lo scopo dell'indagine è di fornire, tutti quegli elementi utili a valutare la fattibilità geologica dell'opera. In particolare, lo studio è rivolto all'individuazione delle caratteristiche litologiche dei terreni, alla caratterizzazione geomorfologica, idrogeologica e sismica dei luoghi attraverso la raccolta di dati bibliografici e sopralluoghi in campo.

### 1.1 Riferimenti normativi

- **D.M. 11/03/1988**;
- **Circ. Min. LL.PP. 30483 del 24/09/1988**;
- **Legge L. R. 38/97** "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico";
- **D.M. 14/01/2008** "Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni";
- **Cons. Sup. LL.PP.** "Circolare 2 febbraio 2009 n° **617** – Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni";
- **Consiglio Regionale della Basilicata:** "Delibera n° **575** del 4 agosto 2009 – Regolamento per l'esecuzione dei controlli. Regolamento di attuazione della **L.R. 38/97**";
- **R.D. 3267** del 30/12/1923 – Vincolo idrogeologico;
- **Autorità di Bacino della Basilicata:** "Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (**PAI**) – aggiornamento 2016
- **Piano paesistico** Legge regionale 11 agosto 1999 n.23

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 6 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	---------------------------

- **DECRETO 17 gennaio 2018** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)
- **Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7** del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici «Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018». - Supplemento ordinario n. 5 alla Gazzetta ufficiale n. 35 dell'11 febbraio 2019.

## 2 METODOLOGIA DI LAVORO

Per la realizzazione dello studio sono state svolte una serie di indagini tecniche di natura geologica e geomorfologica.

L'impostazione metodologica delle indagini è stata distinta in due fasi:

- **La prima fase** è consistita in una analisi di fotografie aeree con visione stereoscopica di tutte le serie storiche disponibili al fine di avere una stima circa la localizzazione delle aree potenzialmente instabili.
- **Nella seconda fase** è stato eseguito un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio dell'area di interesse e di un intorno significativo. Si è ricostruito il profilo litostratigrafico dell'area con la restituzione di sezioni in scala 1:5.000. In questa fase, nell'aprile 2024, sono state eseguite delle indagini sismiche consistenti in:
  - N° 2 Sismiche con tecnica MASW con rilievo delle onde P
  - N° 1 Indagine sismica con antenna sismica ESAC
  - N° 9 Misure di microtremori a stazione singola HVSR
- **Successivamente** è stato redatto uno studio di compatibilità geologica geomorfologica e geotecnica di dettaglio analizzando compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area. Inoltre, sono stati eseguiti studi di riposta sismica locale in base alla NTC 2018 e alle leggi regionali vigenti, con la valutazione della stabilità in relazione al potenziale di liquefazione dei terreni interessati dall'opera.

Lo studio geologico, così organizzato, ha permesso la determinazione delle caratteristiche geologiche, l'analisi dei vincoli presenti nell'area e le problematiche interessanti l'intervento in progetto per definire la fattibilità geologica del progetto e segnalare eventuali criticità.

Per la stesura delle cartografie tematiche come base cartografica si è scelto di utilizzare la cartografia tecnica esistente sul territorio, che è a scala 1:5.000, sono stati utilizzati i fogli della CTR di Marsicovetere e Marsico Nuovo.

I rilievi e di conseguenza la cartografia tematica allegata tiene conto di un necessario intorno territoriale utile a comprendere meglio le condizioni esistenti.

### 3 INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto prevede, sinteticamente, le seguenti attività, riportate nei paragrafi a seguire, che hanno principale rilevanza geologica in relazione all’allestimento della postazione sonda “SE1 - CF7” (S. ELIA 1-CERRO FALCONE 7).

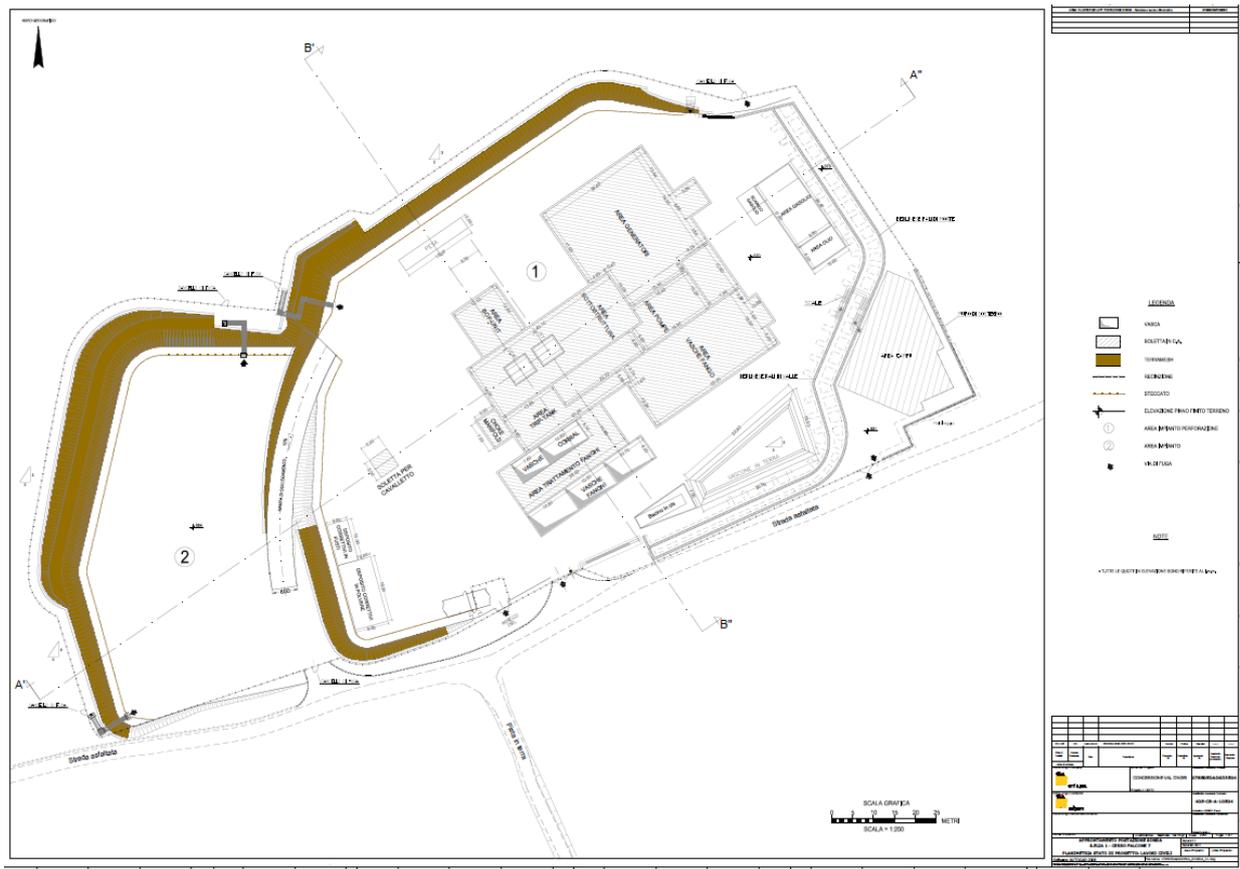


Figura 3.1: Planimetria di dettaglio

#### 3.1 Sbancamenti e rilevati

L’area si presenta morfologicamente con giacitura leggermente acclive con pendenza a partire dal centro piazzale di circa l’8-9%. Per la realizzazione del piazzale e relativi vasconi si dovrà sbancare e riportare terreno per un intaglio medio di circa 4.00 - 4.50 m, con una punta massima di circa 7.00 m di scavo e 6.50 m di riporto (Figura 2). Le scarpate di monte e di valle saranno realizzate con una pendenza di 1,5 su 1, al fine di garantire la massima stabilità. I rilevati saranno eseguiti a strati di spessore non superiori a cm.50, costipati con passate di rullo compressore sino ad ottenere una superficie compatta e livellata. L’area piazzale di progetto sarà realizzata a quota 870,00 m s.l.m., a valle sarà realizzata un’area impianto a quota 864 m s.l.m., mentre a monte sarà realizzata un’area campo a quota 881m s.l.m.

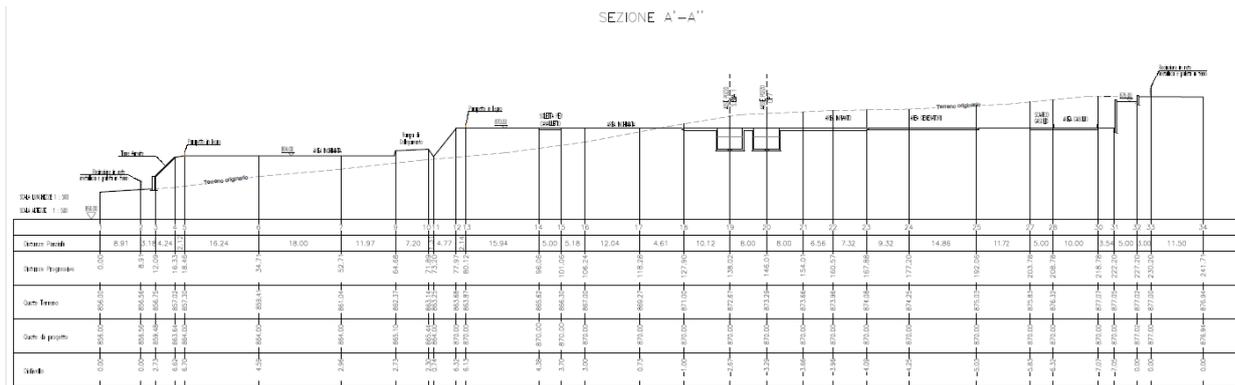


Figura 3.2: Sezione stato di fatto e progetto

### 3.2 Massicciata

Prima della posa della massicciata il piano di posa sarà preparato con la stesa di uno strato di tessuto non tessuto. La massicciata sarà costituita da uno strato di materiale inerte (misto di cava o di fiume) dello spessore finito di cm. 65/75 e pietrischetto e polvere di frantoio dello spessore finito di cm.4/5, compresa compattazione, bagnatura e rullatura fino alla completa chiusura del piano viabile con rullo compressore.

### 3.3 Opere in calcestruzzo

Per utilizzare l'impianto di perforazione saranno realizzate solette in calcestruzzo a quota piazzale per l'Area Campo, una soletta per l'Area Sottostruttura per accogliere e sostenere le attrezzature dell'impianto di perforazione, una soletta per l'Area Bop-Unit, una soletta Area Generatori, una per Area Pompe, una soletta Area Trip-Tank, una soletta per l'Area Choke Manifold e una soletta per l'Area Corral. Inoltre, saranno realizzate due solette per lo stoccaggio dei correttivi in fusti e in polvere.

Verranno realizzate solette con una cordolatura perimetrale e recinzione di protezione per alloggiare i serbatoi di stoccaggio del gasolio e dei fusti di olio per il funzionamento dell'impianto; attigualmente ad esse verrà realizzata una soletta per stazionamento autobotte durante il rifornimento di gasolio con pozzetto per il recupero delle eventuali perdite.

Inoltre, verrà realizzato il bacino fiaccola in calcestruzzo per la prova di produzione.

All'interno dell'area sottostruttura saranno realizzate due vasche "cantina" per contenere rispettivamente la teste pozzo SE1-CF7. La vasca in c.a. per il contenimento fanghi ed il corral saranno interrate con un bordo di cm 20 più elevato del livello finito del piazzale; il bordo sarà altresì sovrastato da recinzione di sicurezza.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p><b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 9 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	---------------------------

Tutte le opere in c.a. saranno in fase di progettazione esecutiva opportunamente calcolate e dimensionate secondo quanto previsto dalle NTC 2018 e dalla legge regionale 38/97.

### **3.4 Terramesh – Muro di sostegno - Berlinese**

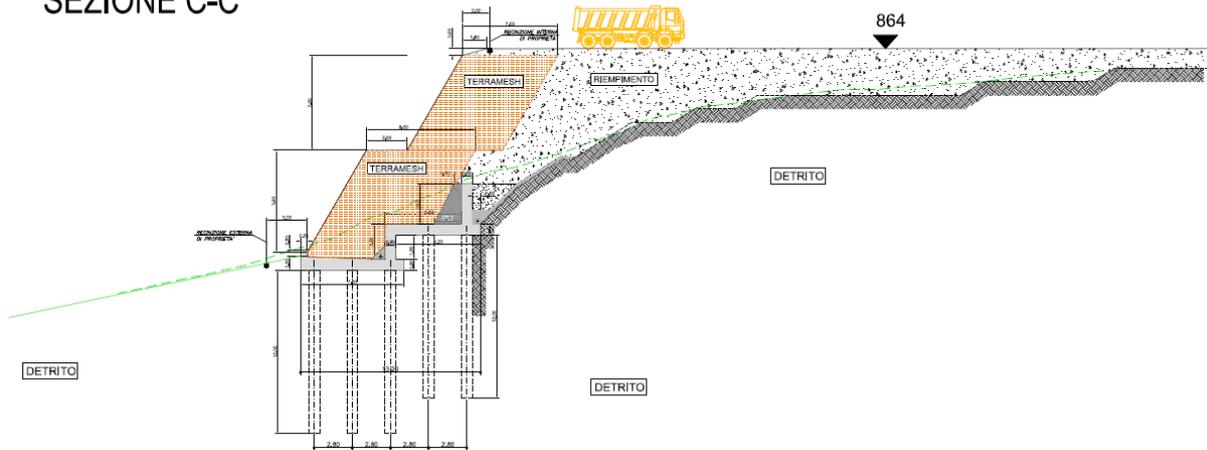
È prevista la realizzazione di “Terramesh” a nord-ovest dell’area piazzale e tra l’area impianto e l’area impianto di perforazione opportunamente dimensionate al fine di consolidare efficacemente il piede scarpata e superare il dislivello con la quota piazzale. La facciata dell’opera di contenimento sarà costituita da biostuoie preseminate con talee e temerici al fine di mitigare l’impatto visivo dell’opera stessa.

A est dell’area campo sarà prevista la realizzazione di un muro di sostegno per una lunghezza di circa 60 m al fine di consolidare efficacemente la scarpata e superare il dislivello con il piano campagna.

È prevista la realizzazione di una doppia berlinese di pali tra l’area impianto di perforazione e l’area campo opportunamente dimensionata da eseguire in parte prima dello scavo e in parte durante, in grado di sostenere il fronte di scavo ed evitare cedimenti causati dal terreno rimosso.



### SEZIONE C-C



### SEZIONE D-D

SEZIONE TIPO TERRAMESH SENZA BANCA

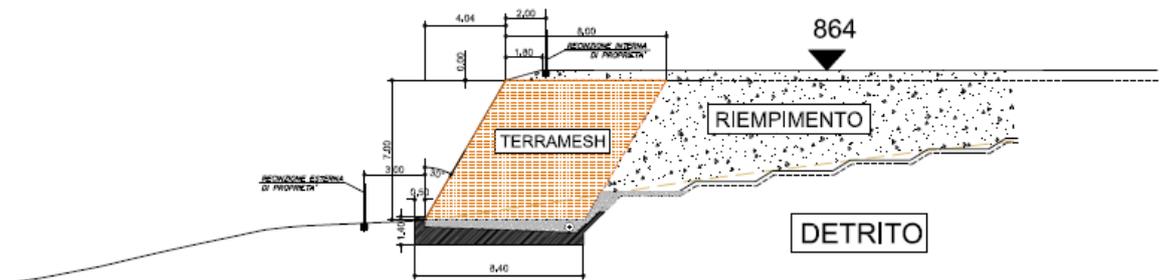


Figura 3.3: Sezioni tipologiche dei rilevati

Per un maggior approfondimento e descrizione si può far riferimento agli allegati progettuali prodotti.

## 4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

### 4.1 Ubicazione geografica del progetto

L'intero progetto sarà realizzato all'interno dei limiti amministrativi del Comune di Marsicovetere (PZ), nell'ambito della Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata "Val D'Agri", e si svilupperà in un'area da quota 877 a 856 m. L'area si presenta morfologicamente con giacitura leggermente acclive con pendenza di circa l'8-9%.

L'area pozzo è ubicata nella zona a Nord-Ovest del Comune di Marsicovetere, a circa 1200 m dal centro abitato.

Nelle immediate vicinanze non sono presenti nuclei abitativi ma solo alcune masserie rurali e case sparse. La distanza dalla frazione di Barricelle, posta a Sud - ovest ad una quota di 660 metri s.l.m., è di circa 1400 metri.

La piana dell'Agri carattere distintivo della area è posta a sud del nostro sito, ed ha inizio con l'abitato di Barricelle.

Immediatamente a nord del nostro sito scorre il Vallone La Calura affluente del torrente Molinara.

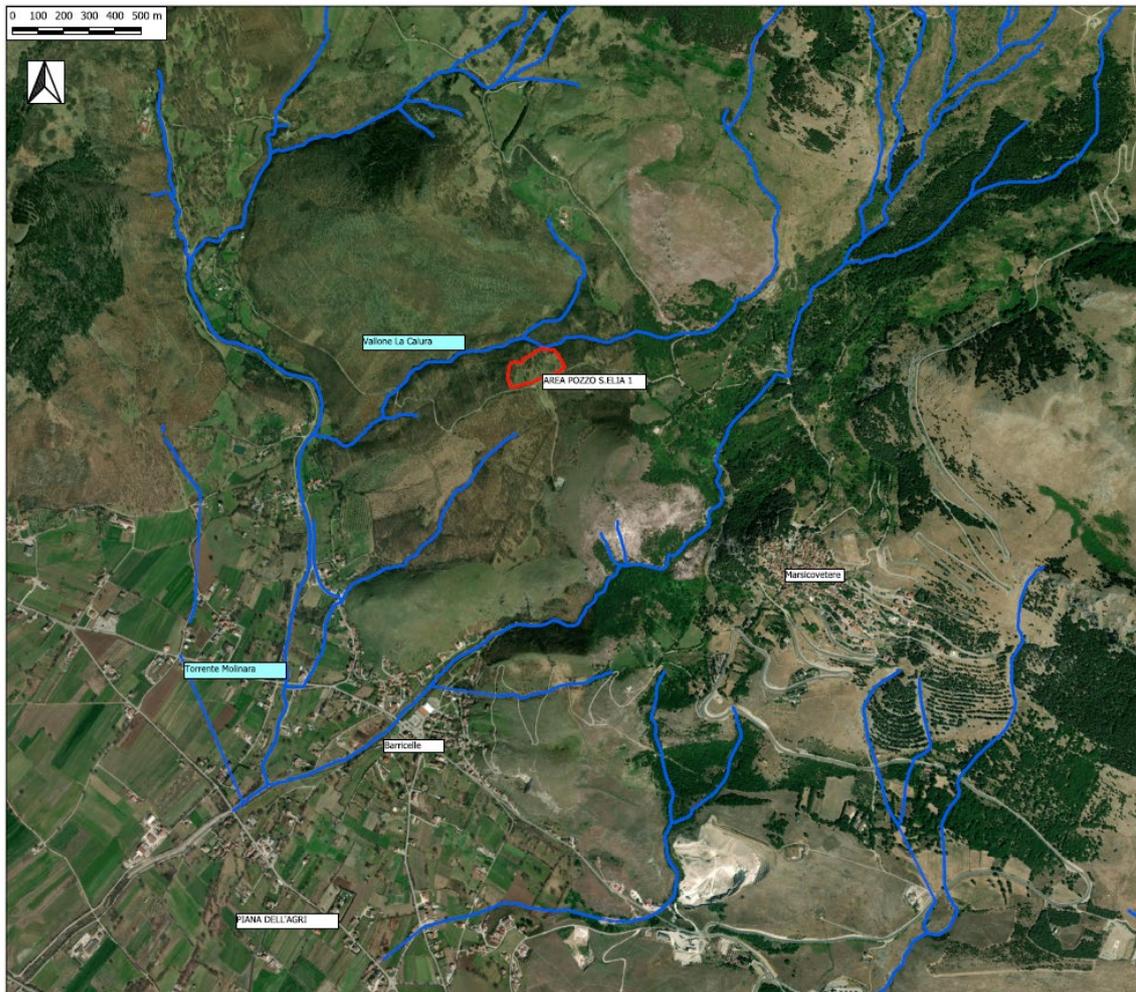


Figura 4.1: Inquadramento geografico su ortofoto

 <b>Eni S.p.A.</b> Natural Resources Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	<b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b>	Rev. 00	Pagina 12 di 83
--	---------------------	--	------------	--------------------

La cartografia ufficiale che interessa l'area indagata è la seguente:

- Carta geologica del settore nord-orientale della Val D'Agri (Basilicata, Italia) - Palladino G., Prosser G., Olita F., Avagliano D., Dello Iacovo B., Giano S.I., Bentivenga M., Agosta F, Grimaldi S.
- Foglio n. 505 "Moliterno", della Carta Topografica d'Italia, a scala 1: 50.000;
- Foglio n. 489 "Marsico Nuovo", della Carta Topografica d'Italia, a scala 1: 50.000;
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 489 Marsico Nuovo;
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 505 Moliterno;
- Carta tecnica regionale scala 1:10.000. Foglio n. 505021
- Carta tecnica regionale a scala 1:5.000.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 13 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

## 5 QUADRO VINCOLISTICO E REGIMI URBANISTICI

In questo capitolo è stato esaminato sia il quadro vincolistico dell'area che i principali strumenti di pianificazione, con attenzione alle problematiche di ordine geologico.

### 5.1 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'Appennino Meridionale, comprendente i bacini idrografici nazionali Liri-Garigliano e Volturno, i bacini interregionali Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno ed i bacini regionali della Campania, della Puglia, della Basilicata, della Calabria, del Molise.

Le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti. Con il DPCM del 4 aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela qualitativa-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico.

Il Piano interessato nella nostra analisi è quello redatto dall'ex AdB di Basilicata che ha competenze sul bacino dell'Agri.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 14 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

### 5.1.1 Ex AdB Basilicata.

Il territorio di competenza dell'ex AdB comprende i bacini idrografici dei fiumi Bradano, Basento, Cavone, Agri, Sinni e Noce, per una estensione complessiva di 8.830 kmq, dei quali circa 7.700 ricadenti nella regione Basilicata e i restanti nelle regioni Puglia e Calabria. La delimitazione attuale del territorio di competenza dell'Adb della Basilicata è il risultato ottenuto, a partire dalle perimetrazioni dei bacini idrografici approvate dai Comitati Istituzionali delle preesistenti Autorità di Bacino, a seguito di accordi intercorsi tra l'AdB della Basilicata ed alcune di quelle contermini (AdB Interregionale fiume Sele e Adb Calabria).

Il principale strumento di pianificazione dell'AdB è il Piano di Bacino, redatto ai sensi della legge sulla difesa del suolo n. 183 del 1989 e s.m.i., che è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato.

Il primo stralcio di settore funzionale del Piano di Bacino è il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) il quale costituisce il quadro di riferimento a cui devono adeguarsi e riferirsi tutti i provvedimenti autorizzativi e concessori. La valenza di Piano sovraordinato, rispetto a tutti i piani di settore, compresi i piani urbanistici, comporta quindi, nella gestione dello stesso, un'attenta attività di coordinamento e coinvolgimento degli enti operanti sul territorio. Il 21 dicembre 2016 il Comitato Istituzionale dell'AdB con delibera n.11 ha approvato il primo aggiornamento 2016 del PAI, vigente dal 9 febbraio 2017, data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (n.33.) Successivamente, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 luglio 2019, pubblicato su GU Serie Generale n. 265 del 12.11.2019, sono stati approvati il secondo aggiornamento 2016 PAI Aree di versante e Fasce Fluviale ed il primo aggiornamento 2017 PAI Aree di versante.

Il Piano Stralcio per le Aree di Versante individua le aree con fenomeni di dissesto in atto e/o potenziali e nella carta del rischio, individua le aree soggette a rischio idrogeologico. Il rischio idrogeologico è correlato ai livelli di pericolosità registrati o stimati nelle singole porzioni di territorio, ed è la misura del danno arrecabile dagli eventi calamitosi in una determinata area. Il rischio totale è espresso dal prodotto della pericolosità (probabilità di accadimento) moltiplicato il valore degli elementi a rischio moltiplicato la vulnerabilità:

$$R = P * V * E$$

Le aree di versante, in funzione della classe di rischio, sono distinte in:

- R4 - Aree a rischio idrogeologico molto elevato;

- R3 - Aree a rischio idrogeologico elevato;
- R2 - Aree a rischio idrogeologico medio;
- R1 - Aree a rischio idrogeologico moderato;
- P - Aree pericolose;
- ASV - Aree soggette a verifica idrogeologica.

Nel nostro caso la postazione non interseca nessuna area considerata a rischio per le aree di versante.

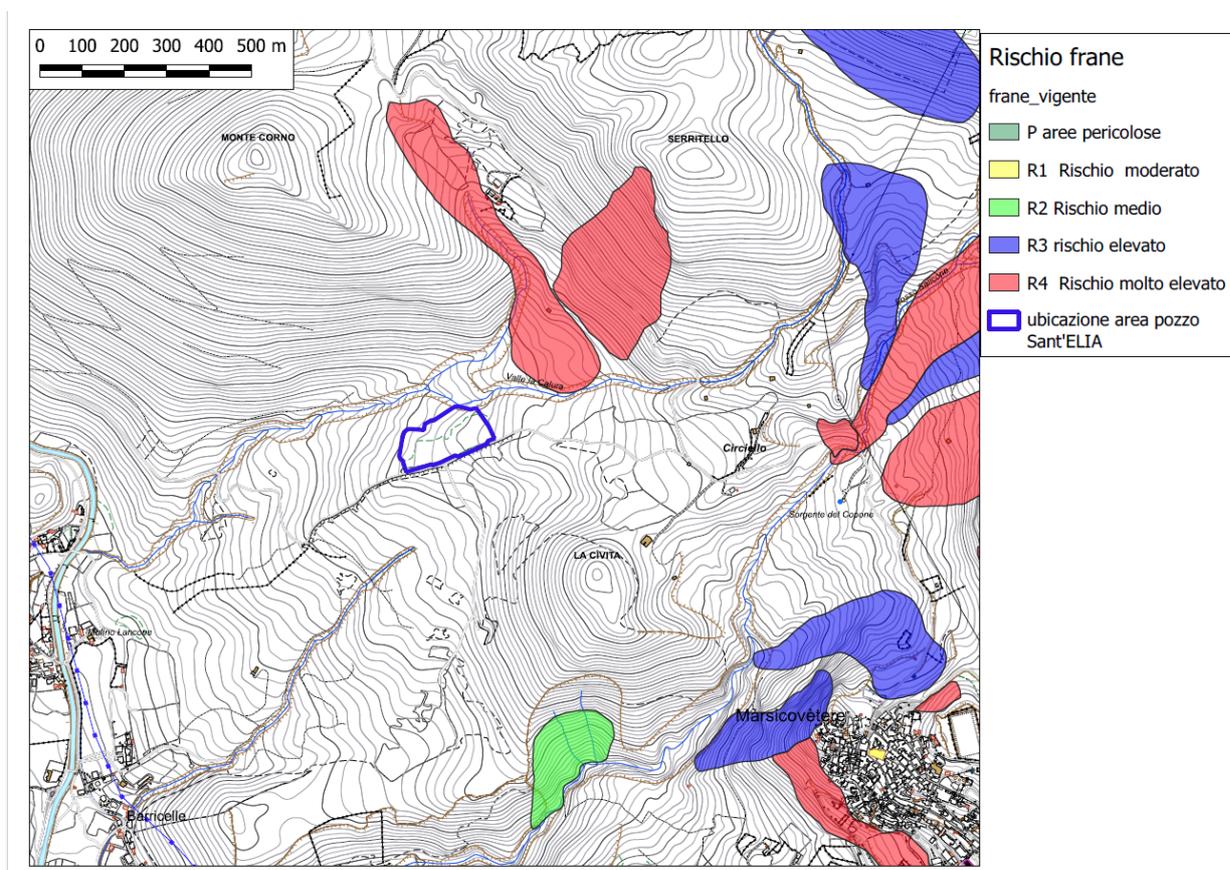


fig. 1 carta aree a rischio AdB

## 5.2 Vincolo Idrogeologico

Il R.D.L. 30/12/1923 n. 3267 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e territori montani” è la legge che istituisce il vincolo idrogeologico e altre norme per la difesa del suolo. Esso è regolato dal R.D.L. del 16/05/1926 n. 1126.

Nel citato R.D.L. sono contenute le norme relative alla garanzia della stabilità del suolo (tale termine si riferisce alla litologia del terreno) ed al buon regime delle acque, che comprendono limitazioni alla proprietà terriera discendenti dal vincolo stesso, soprattutto in materia di taglio di

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p><b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 16 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

boschi, di pascoli e movimento di terreno in genere e disposizioni per la sistemazione idraulico-forestale e rimboschimento nei terreni vincolati e nei bacini montani.

La legge stabilisce quali sono i terreni sottoposti a vincolo, le modalità e le conseguenti limitazioni, le cui prescrizioni vengono a costituire le *Prescrizioni di massima e di Polizia Forestale* e regolano il rapporto tra il proprietario e l'autorità forestale in termini di trasformazione del terreno e del soprassuolo.

Il limite del vincolo idrogeologico dell'intero territorio, riportato nella Tavola dei vincoli, è stato ricostruito dai fogli catastali a scala 1:10.000, redatti dalla Milizia Nazionale Forestale nell'anno 1939.

La Regione Basilicata ha regolamentato il Vincolo Idrogeologico con la L.R. n. 42 del 1998, e precisamente all'art. 16, comma 3 rinvia alle norme previste nelle Leggi Statali citate in precedenza. Il Dipartimento Politiche Agricole e Forestali - Ufficio Foreste e Tutela del Territorio ha, inoltre, emanato la Delibera di Giunta Regionale n. 412 del 31.03.2015, la successiva D.G.R. n. 454 del 25.05.2018 relativa alle "Disposizioni in materia di vincolo idrogeologico" e la Deliberazione 09 luglio 2020, n.473 "*DGR n. 412 del 31 marzo 2015 "Disposizioni In materia di vincolo Idrogeologico"- Modifiche ed integrazioni"*.

Nello specifico, tali delibere disciplinano la materia autorizzativa relativa agli interventi da svolgersi in ambiti sottoposti a vincolo idrogeologico, i quali devono essere progettati e realizzati in funzione della salvaguardia e della qualità dell'ambiente, senza alterare in modo irreversibile le funzioni biologiche dell'ecosistema in cui vengono inseriti in modo da arrecare il minimo danno possibile alle comunità vegetali e animali presenti, rispettando allo stesso tempo i valori paesaggistici dell'ambiente e dell'assetto geostrutturale del territorio.

La condotta, nella parte che si sviluppa sulle propaggini montuose, è inserita nelle aree vincolate; gli interventi previsti dal progetto per questi tratti, interferiscono con aree sottoposte a vincolo idrogeologico e quindi sono soggetti ad autorizzazione da parte della Regione Basilicata Dip. Politiche agricole e forestali. Figura 6 Carta del vincolo idrogeologico ((Fonte: Portale RSDI della Regione Basilicata).

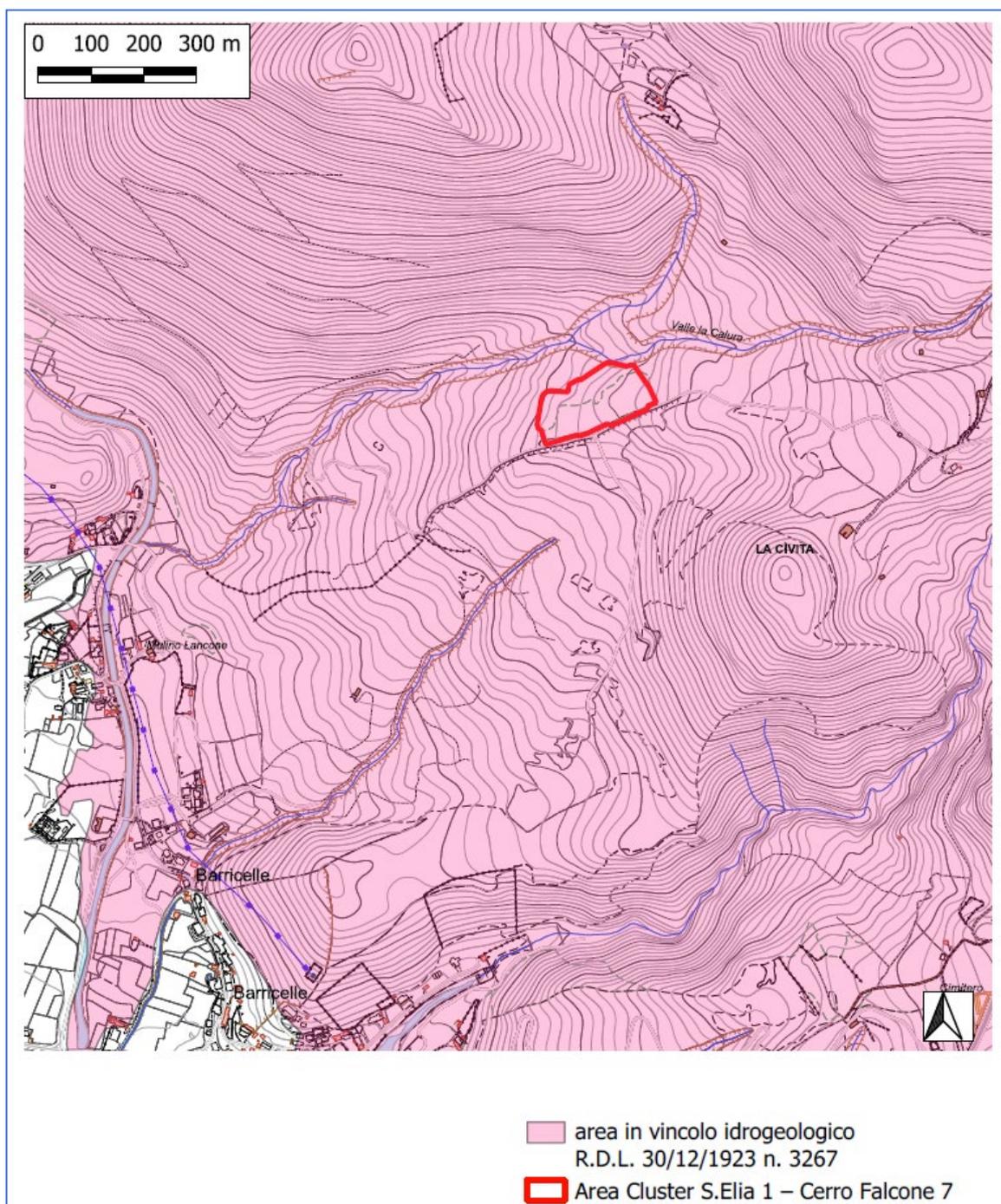


Figura 5.1: Stralcio planimetrico dell'area di studio (in rosso) con il perimetro dell'era soggetta a vincolo idrogeologico

**Il progetto con D.D. n. 14AJ.2014/D.00317 del 13.10.2014 ha già ottenuto il Nulla osta al Vincolo Idrogeologico da parte dell'Ufficio Foreste e Tutela del territorio della Regione Basilicata, ai sensi del R.D.L. 3267/1923 e della L.R. 42/98 e s.m.i. In data 20/10/2016 è stata presentata all'Ufficio Foreste e Tutela del territorio della Regione Basilicata l'istanza di rinnovo del Nulla Osta al Vincolo Idrogeologico, il cui iter autorizzativo è tuttora in corso**

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 18 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

## 6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area di studio è inserita per la maggior parte, nel bacino idrografico dell'Agri, situato nella zona assiale dell'Appennino meridionale. È un bacino controllato tettonicamente orientato in senso NW-SE con un fondovalle lungo circa 30 km e largo 9 km.

L'alta Val d'Agri è ubicata sull'asse principale dell'Appennino meridionale, ed è definita da rilievi le cui quote si aggirano dai 1.200 metri dei Monti della Maddalena ai 2.005 metri del Monte Sirino. Essa è delimitata a nord-nord-est dal gruppo montuoso Calvelluzzo-Volturino-Monte di Viggiano-Sant'Enoc, a ovest dai Monti della Maddalena, a sud dal Monte Sirino e dal Monte Raparo, aprendosi verso est-sud-est dove per circa un centinaio di chilometri scorre il fiume Agri prima di sfociare nel mar Ionio. La valle si estende da sud-est verso nord-ovest per circa 140 chilometri quadrati, ed è larga massimo 12 chilometri, sviluppandosi nella piana alluvionale a una quota media di circa 600 metri sul livello del mare.

La Val d'Agri si presenta prevalentemente **pianeggiante**, la sua regolarità è interrotta da conoidi di deiezione e incisioni fluviali, a testimonianza dell'attività di sollevamento dell'area e dell'erosione dei versanti, e da colline e rilievi di modeste dimensioni prevalentemente calcarei del substrato emergenti dalla piana, resti delle antiche strutture sedimentarie. Le conoidi alluvionali sono soprattutto riconoscibili alla base dei versanti meridionali del gruppo montuoso del Volturino-Monte di Viggiano e testimoniano le fasi di maggiore erosione degli stessi da parte degli agenti atmosferici e di ben precisi andamenti climatici.

La sequenza stratigrafica del bacino dell'alta Val d'Agri, caratterizzata da tassi di sedimentazione differenziabili in apporti di piana e di conoide alluvionale, ha costituito notevoli pile sedimentarie alternate da paleosuoli, testimonianze di periodi climatici caratterizzati da stabilità ambientale, intervallati da eventi di sollevamento e quindi di erosione nel corso del Quaternario.

Alla fine del Pleistocene superiore si registra un tasso di erosione maggiore rispetto a quello di sedimentazione che determina l'incisione della soglia da parte del fiume Agri e l'incisione dei sedimenti di piana alluvionale mettendo la sequenza sedimentaria a giorno su scarpate ripide che costeggiano lo stesso asse fluviale. Nel periodo olocenico, l'incisione dei depositi alluvionali dette inizio alla formazione dei terrazzi morfologici determinati all'interno della successione stratigrafica di età pleistocenica.

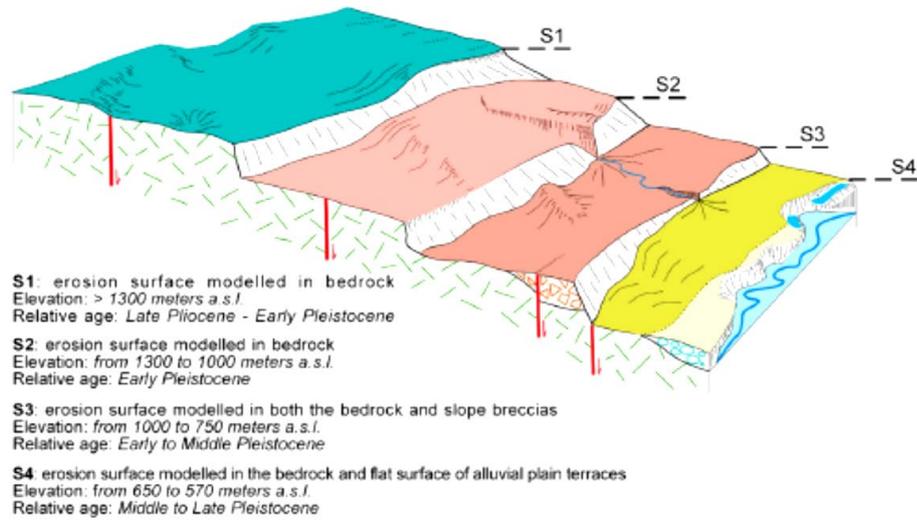


Figura 6.1: Schema delle superfici di spianamento residue

## 6.1 Geomorfologia dell'area

L'analisi geomorfologica effettuata di cui si riportano i dettagli nella relazione geomorfologica (AMB\_ME\_06\_449) è consistita nel cartografare tutti gli elementi geomorfologici presenti nell'area oggetto di studio, attraverso un'analisi storiche delle foto aeree dal 1951 al 2033 con il riconoscimento di caratteri geomorfologici dell'area, molti non più riconoscibili dalla morfologia attuale sia a seguito dei fenomeni di stabilizzazione soprattutto dovuti alla diffusa copertura arborea delle aree a maggiore pendenza, sia a causa delle modifiche avvenute negli anni per azione dell'uomo o da particolari eventi meteorologici.

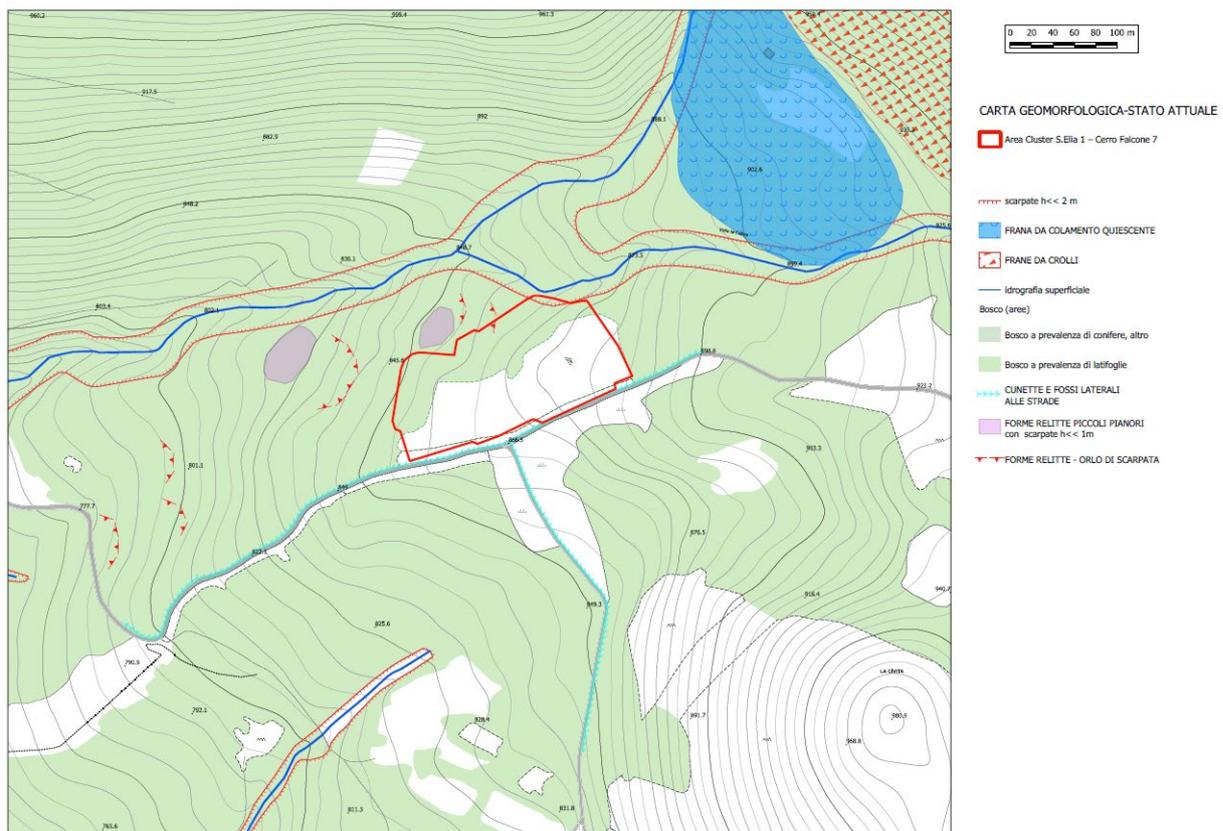


Figura 6.2: Carta Geomorfologica

La Carta Geomorfologica redatta alla scala 1: 2.000 (nella figura precedente è riportato lo stralcio fuori scala) è stata prodotta su un rilievo topografico di dettaglio.

Il modellamento del territorio per la realizzazione di stradine, e i rimboschimenti, hanno provveduto alla riduzione dei fenomeni erosivi soprattutto nelle aree interessate da colamenti, e hanno cancellato alcune forme ben riconoscibili sul terreno nel passato, attraverso le foto aeree. I dati sono stati ricostruiti anche attraverso il rilievo geomorfologico di dettaglio.

Attualmente non si riscontrano fenomeni franosi in atto, le condizioni geomorfologiche non sono ostative alla realizzazione dell'area Cluster.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 21 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

## 7 LA GEOLOGIA DELL'ALTA VAL D'AGRI

La Val d'Agri è una valle intermontana di età quaternaria a impostazione tettonica, legata ad una tettonica compressiva che ha comportato la creazione di una serie di coltri di sovrascorrimento. Lo schema geologico paleogeografico classico e semplificato presenta, da ovest verso est, alternanze di piattaforme e bacini, avendo almeno in questo settore geografico due piattaforme e due bacini tutti appartenenti alla placca africano-adriatica, ossia:

- Bacino Ligure o Sicilide (Cretaceo-Miocene inferiore – da 135 a 23 Ma);
- Piattaforma Appenninica (Trias superiore-Miocene inferiore – da 230 a 23 Ma);
- Bacino Lagonegrese (Trias-Miocene inferiore – da 250 a 23 Ma);
- Piattaforma Apula (divisa in Piattaforma Apula Interna ed Esterna; Trias superiore-Pliocene inferiore medio da 230 a 3,4 Ma).

La ricostruzione temporale del coinvolgimento dei vari domini paleogeografici nella fase orogenetica può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- **Fase Burdigaliana (tra 22 e 16,5 Ma fa):** la tettonica compressiva coinvolge le unità più interne. La Piattaforma Appenninica, con la propria copertura delle Unità Liguri, sovrascorre il Bacino Lagonegrese;
- **Fase del Miocene medio (tra 16,5 e 11,5 Ma fa):** le Unità Lagonegresi e le unità più interne sovrascorrono il margine interno del Bacino Irpino dove si deposita una potente successione torbidityca di avanfossa del Langhiano-Serravalliano (tra 16,5 e 11,5 Ma fa). In questa fase la Piattaforma Apula, posta al margine esterno dell'avanfossa Irpina, rappresenta l'avampaese ancora in deformato della catena appenninica;
- **Fasi del Miocene superiore e del Pliocene (fra 11,5 e 2,8 Ma fa):** la spinta orogenetica coinvolge anche la Piattaforma Apula Interna che viene sovrascorsa sul suo bordo occidentale dalla pila di falde del Complesso Alloctono. Sulla Piattaforma Apula Interna (margine occidentale), interessata da una intensa subsidenza tettonica, si imposta a partire dal Messiniano (tra 6,6 e 5,2 Ma fa) un bacino di avanfossa interessato da una sedimentazione prevalentemente torbidityca. Con il procedere della deformazione appenninica verso oriente, l'Avanfossa Bradanica migra progressivamente verso est sino ad occupare l'attuale posizione, mentre il margine occidentale (interno) della Piattaforma Apula viene gradualmente coinvolto nella deformazione compressiva e transpressiva con la formazione di ampie strutture positive.

In maniera esemplificativa la struttura appenninica ha una conformazione che è stata descritta e modificata dai diversi autori a seconda dei dati a disposizione e dei modelli scientifici di

riferimento utilizzati. La sovrapposizione delle coltri di ricoprimento con vergenza adriatica costituisce la catena, mentre in posizioni più orientali (esterne) si sedimentano i depositi plio-quadernari in posizione di avanfossa. Successivamente, durante la fase tettonica più recente pliocenica-pleistocenica, e più precisamente durante la riattivazione medio pleistocenica, in regime estensionale, con la formazione di faglie bordiere orientate 120° a nord, si è avuta la formazione di numerose depressioni tettoniche intermontane, tra le quali quella del bacino della Val d'Agri. La valle è riconducibile a un basso strutturale riempito da una successione prevalentemente alluvionale dello spessore anche di alcune centinaia di metri.

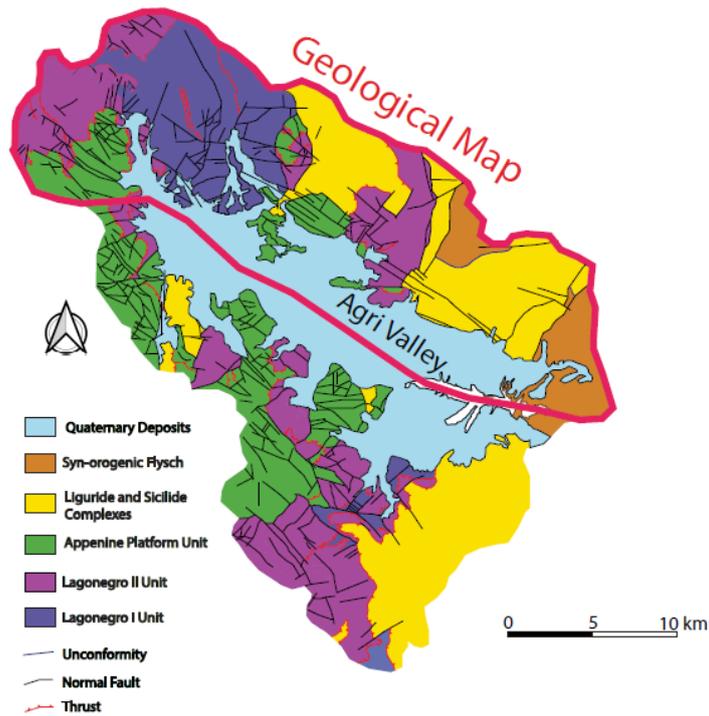


Figura 7.1: Carta geologico-strutturale semplificata dell'Appennino Meridionale - (Palladino et al. 2023)

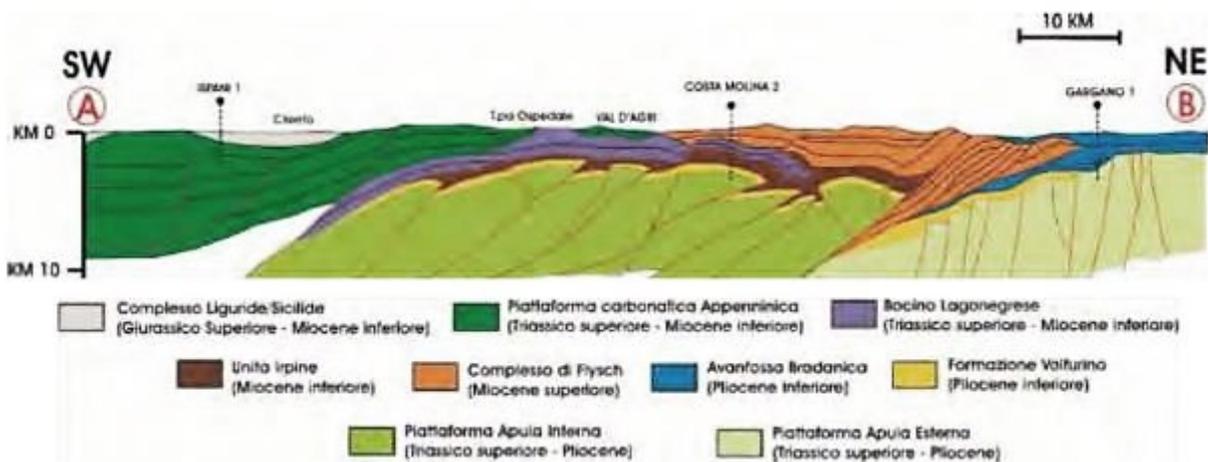


Figura 7.2: Sezione geologica che attraversa la Valle dell'Agri. (Menardi Noguera & Rea, 2000).

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 23 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

Gli areali di deposizione possono essere distinti in domini di conoide disposti nel settore settentrionale e domini di piana alluvionale nel settore meridionale. Studi geologici recenti hanno infatti confermato che nel corso del Pleistocene inferiore-medio si sono avuti sollevamenti di circa 0,5-1,2 millimetri l'anno, corrispondenti alla media appenninica di circa 1 millimetro l'anno. Mentre, nel Pleistocene superiore si è avuto il superamento del tasso di incisione verticale del fiume Agri rispetto a quello deposizionale, con la parziale incisione dei depositi lacustri e quindi lo svuotamento idrico del paleolago.

Nella valle durante il Plio-Pleistocene era presente anche un'area lacustre, la cui soglia di sbarramento coincideva all'incirca con l'attuale diga del Lago del Pertusillo. Come dimostrano molti reperti zoologici, nella valle erano presenti anche animali, quali l'*Elephas antiquus* e il *Cervus elaphus*, ormai scomparsi.

Tale soglia di chiusura a est, alla fine del Pleistocene superiore, venne incisa dall'erosione progressiva del fiume Agri che portò allo svuotamento dell'area lacustre e alla creazione lungo l'asse fluviale dei terrazzi morfologici olocenici. L'erosione e la formazione dei terrazzi è ben evidente soprattutto percorrendo la valle da est a ovest, e va riducendosi progressivamente verso la sorgente del fiume Agri, dove si registra comunque un sollevamento, sebbene non così consistente come nella parte bassa dell'alta Val d'Agri.

## 7.1 Inquadramento geologico delle aree interessate dal progetto

In questo capitolo si fornisce un'analisi dettagliata delle componenti geologiche affioranti e interessanti le opere in progetto. Cartograficamente queste informazioni sono riportate negli allegati al presente studio "Carta geologica".

La carta è stata ricostruita sulla base della "Carta geologica del settore nord-orientale della Valle dell'Agri d'Italia a scala 1:30.000", integrata dal rilevamento geologico e analisi stereoscopica delle foto aeree.

Le aree direttamente interessate dal progetto interessano le seguenti unità Geologiche:

- Unità Lagonegrese;
- Unità della Piattaforma appenninica (Monti della Maddalena);
- Unità Sicilidi;
- Depositi Continentali Quaternari;

La descrizione che segue tratta le varie unità tenendo conto dell'ordine di sovrapposizione delle diverse unità tettoniche, all'interno delle quali sono state ordinate le formazioni secondo la loro età, privilegiandone gli aspetti stratigrafici.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 24 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

## 7.2 Formazioni affioranti nelle aree interessate dal progetto.

Le formazioni affioranti nell'area sono:

- Depositi Continentali Quaternari -

Depositi alluvionali attuali

Sono composti da ghiaie prevalenti, sabbie e limi argillosi a stratificazione talora incrociata. La frazione grossolana è eterometrica ed è rappresentata da clasti appiattiti e arrotondati, ma spigolosi se di natura silicea. Costituisce l'alveo di piena e di magra attualmente in corso di formazione ed in elaborazione da parte delle acque dei corsi d'acqua, Sono separati dalle alluvioni recenti da una scarpata con altezza fino a 3 metri. (dall'Olocene ai giorni nostri).

Deposito di versante (DT)

Si tratta di un deposito detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, accumulato per gravità alla base dei versanti più o meno acclivi o legato a processi di alterazione esogena, disposto lungo rotture di pendio. Il detrito è costituito da areniti e da calcari di dimensioni e forme variabili a seconda dello stato di fratturazione delle rocce del substrato, con matrice limo-argillosa di colore bruno. Alle litologie precedenti sono associati anche blocchi isolati e paleosuoli. Localmente il deposito può raggiungere anche 100 m di spessore (dal Pleistocene superiore ai giorni nostri).

Depositi di frana (CF)

Depositi subaerei indotti dalla gravità organizzati caoticamente, eterometrici e poligenici. Questi depositi si presentano comunemente a matrice argillosa contenente blocchi di diversa dimensione. Particolarmente sviluppato in corrispondenza di terreni prevalentemente argillosi. Possono formare corpi spessi fino a qualche decina di metri (dall'Olocene ai giorni nostri).

- Unità del Bacino dell'Alta Val d'Agri. Supersintema del Pertusillo

Il supersintema racchiude i depositi clastici distribuiti nella parte meridionale del bacino dell'alta Val d'Agri; è costituito dai sintemi di Grumento Nova (GRUG, GRUM, GRUF), di Bosco dell'Aspro e di Bosco di San Lorenzo (SLOG, SLOM), inferiormente il supersintema è delimitato da una superficie di letto erosiva sul substrato pre-quaternaio, il tetto coincide con la superficie topografica attuale.

Subsintema di Villa d'Agri (VDAG, VDAF) - Sintema di Bosco dell'Aspro

Il fondovalle è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali del fiume Agri (FA) che, in cartografia ufficiale ISPRA, vengono definiti come terreni appartenenti al Subsintema di Villa d'Agri. Essi sono costituiti da un'alternanza di argille ed argille siltose di colore grigio o marrone contenente pezzame litoide ed intercalazioni di sabbie siltose e lenti o livelli di ghiaie poligeniche

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p><b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 25 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

a supporto in matrice argillosa tipica di depositi lacustre e/o palustre (VDAF). Il deposito raggiunge 20 metri circa di spessore in sondaggi geognostici eseguiti presso Galaino.

Lungo la fascia pedemontana la successione passa lateralmente a ghiaie poligeniche eterometriche in matrice argilloso sabbiosa, (VDAG). L'assetto del deposito testimonia una messa in posto per trasporto di massa tipo debris flow in facies di conoide alluvionale con spessori del deposito che non superano i 10 m. (Pleistocene sup.).

#### Brecce di Galaino (GLAB, GLAM)

Questa unità è stata divisa in due diverse litofacies. La litofacie detritica (GALB) è costituita da alternanza di strati di breccia carbonatica di spessore decimetrico, sostenuti da una matrice argilloso-sabbiosa e brecce eterometriche di grandezza decimetrica. La litofacie detritico-alluvionale (GALM) è costituita brecce con clasti di natura calcarea e silicea sostenuto da una matrice argilloso-limosa rossastra. Lo spessore è alcune decine di metri (Pleistocene inferiore-medio).

#### - Unità Sicilide -

#### Argille Varicolori (AVA)

Sono costituite da scisti e argille marnose sottilmente laminati, grigie, rossastre e verdastre, alternati a calcareniti bioclastiche di spessore da cm a dm e brecce, marne, ricche di mica arenarie e conglomerati (AVA). I calcari contengono comunemente un'abbondante fauna bentonica rappresentata da nummuliti, discocicline e alveolinidi. Calcari, marne e arenarie presentano geometrie lenticolari, con marcate superfici erosive basali. Le Argille Varicolori affiorano prevalentemente all'interno della depressione tettonica tra Monte Volturino e Monte di Viggiano. Il loro spessore dovrebbe essere qualche centinaio di metri. Sono legati ad una deposizione in un bacino di acque profonde occasionalmente interessato da eventi di torbidite e di flusso di massa (Oligocene).

#### - UNITA'DELLA PIATTAFORMA APPENNINICA -

#### Calcari con Requenie e Gasteropodi (CRG)

Sono un'alternanza di calcari detritici con biosclasti di requie nidi e gasteropodi, taloro calcilutitici grigiastre; lenti di calciruditi intraclastiche; calcilutiti grigiastre e bluastre Localmente alle litologie precedenti si alternano grani bioclastici e rudstone contenenti rudisti e gasteropodi. La macrofauna è per lo più rappresentato da radiolitidi, requienidi e nerineidi. Le rudiste possono essere trovate come frammenti o conservati in posizione di vita. Coralli ed echinodermi, sebbene

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 26 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

presenti, sono meno comuni. Lo spessore della formazione è di circa 600 m. A questi viene attribuito un ambiente deposizionale da subtidale a marginale calcari (Titoniano - Cenomaniano).

#### Calcari a palaedasycladus (CPL)

Sono costituite da calcari e calcari marnosi grigiastri, grigio-avana in strati medi, sottili e spessi talora con venature o intercalazione sottili marnose con livelli e lenti ricchi di grandi bivalvi, talora a guscio spesso. Nella porzione superiore prevalgono i grani di oolite, spesso alternati lungo tutta la successione. Le migliori esposizioni sono lo Scarrone La Macchia, a SE di Marsicovetere, e alcuni affioramenti isolati intorno a Viggiano. L'ambiente deposizionale varia dalla piattaforma interna alle condizioni marine aperte consentendo la deposizione di banchi di sabbia oolitica. (Liassico)

#### Dolomie (DOL)

Dolomie dal grigio al bianco intensamente interessate dalla deformazione cataclastica. Il limite inferiore è sconosciuto poiché coincide con le superfici tettoniche. Il tetto è conservato solo localmente presso La Civita, a NW di Marsicovetere e a SW di Barricelle. In queste località le dolomie sono organizzate su scala da decimetrica a metro che mostrano rare laminazioni di stromatoliti e oncoidi. Il contenuto faunistico è rappresentato dai gasteropodi (*Worthenia* sp.) e dai bivalvi (megalontidi). Le dolomie sono state riconosciute in gran parte tra Marsicovetere e Villa d'Agri. Sono stati riconosciuti tratti di dolomia a N del Monte Caldarosa. Lo spessore è difficile da valutare tuttavia, dovrebbero essere circa alcune centinaia di metri. La formazione è legata all'ambiente della piattaforma interna (Norico).

#### - UNITÀ LAGONEGRESI -

Comprendono le successioni mesozoico-paleogeniche interpretate come depositi in facies bacinali di un originario bacino esterno ("Dominio Lagonegrese"), affioranti al di sotto delle unità della Piattaforma Appenninica. Pur occupando originariamente un orizzonte strutturale relativamente profondo, si trovano attualmente in una posizione più arretrata rispetto al cuneo frontale dell'edificio alloctono, sul quale sono in parziale accavallamento, costituendo sistemi di thrust fuori sequenza. Verso Ovest le successioni lagonegresi si immergono al di sotto dei terreni carbonatici panormidi, costituendo un sistema a thrust estesamente sovrapposto ad orizzonti supramiocenici od infrapliocenici delle unità della Catena Apula sepolta. Esse sono state deformate e traslate lungo il livello di scollamento corrispondente alla Formazione di M. Facito. La sequenza poggia in profondità sul substrato apulo sepolto tramite una serie di unità silicoclastiche mio-plioceniche. Si tratta prevalentemente di calcari siliciferi, selci, radiolariti e

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p><b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 27 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

marne, noti in letteratura come “serie calcareo-silico-marnosa”. Tali unità rappresentano gli affioramenti più significativi dell’esteso settore montuoso.

Secondo Scandone (1967, 1972) e Miconnet (1988) le successioni Lagonegresi possono essere suddivise in una serie di “facies” che sono il risultato della sedimentazione in porzioni differenti del bacino, rispettivamente “Lagonegro 2” (a tetto) e “Lagonegro 1” (a letto). Nella nostra area le formazioni sono per la maggior parte appartenenti all’unità “Lagonegro 1”, l’unità “Lagonegro 2” è presente con una fascia di Scisti Silicei su Monte Corno.

#### Formazione Galestri 1 (GAL1)

Questa formazione è costituita da scisti grigio scuro e marroni dello spessore di mm alternati a calcari e marne silicificate di colore dal giallo al marrone. Questi ultimi mostrano uno spessore che varia da pochi centimetri ad alcuni decimetri e strutture sedimentarie tipiche delle torbiditi come gradazione piano-parallela laminazione e fusioni alla base degli strati. Il contenuto faunistico è rappresentato da radiolari, spicole di spugna e rari calpionellidi. Le migliori esposizioni sono nella zona del Monte Volturino e del Marsico Nuovo. Lo spessore è di circa 250 m. Questa formazione è ascritta ad un ambiente deposizionale pelagico.

(Giurassico superiore - Cretaceo inferiore).

#### Scisti Silicei 1 (SCS1)

Questa formazione comprende diverse associazioni litologiche che hanno permesso di distinguere tra due membri principali. Il membro inferiore (SCS1a) è costituito da scisti silicei rossi, bruni e neri alternati, calcari selcistici, calcilutiti con spessore da cm a dm e calcareniti interpretate come torbiditi carbonatiche, brecce carbonatiche spesse fino a 1 m e radiolariti a letto sottile. Gli intervalli carbonatici mostrano superfici basali erosive, gradazione e geometria a forma di lente. Le migliori esposizioni sono al Monte Cugnone, al Monte Farneta e al Monte Volturino. Lo spessore è di alcune decine di metri. L’età, soprattutto sulla base dei radiolari e dei conodonti è del Triassico superiore-Giurassico inferiore. Il membro inferiore della Formazione Scisti Silicei 1 è ascritto a base dell’ambiente deposizionale pendio-bacinoso. Il membro superiore (SCS1) è costituito principalmente da selci radiolari rosse e verdi alternate a sottili intervalli di scisti silicei. Le migliori esposizioni sono al Monte Cugnone e al Monte Volturino. Lo spessore è di alcune decine di metri.

(Triassico superiore – Giurassico).

#### Calcari con Selce 1 (CCS1, USA)

Questa formazione (CCS1) è costituita da calcari selciati alternati con scisti. I calcari sono costituiti da calcilutiti a letto sottile, di spessore variabile da pochi centimetri a 1 dm, e rare

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p><b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 28 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

calcareniti graduate di spessore decimetrici. Strutture sedimentarie come la laminazione è comune. La selce può presentarsi come noduli o nastri. Il contenuto faunistico è rappresentato principalmente da radiolari e bivalvi dal guscio sottile. Intervalli ricchi di halobia e posidonomya sono stati spesso riconosciuti. Sono visibili grandi esposizioni lungo il crinale che collega il Monte Lama con il Monte Volturino. Gli scisti sono molto abbondanti alla base della formazione e costituiscono il membro USA. Questo membro è costituito da scisti grigio-marroni alternati ad isolati calcari. A differenza dei calcari precedenti, questi ultimi lo caratterizzatoo dall'assenza di selce, marcata erosione basale e la presenza, nella parte inferiore dei letti, di un intervallo bioturbato riconoscibile dello spessore centimetrico. Fratture riempite di calcite orientate ortogonalmente o parallelamente (calcite bovina) al piano della lettiera sono stati spesso osservati. Le migliori esposizioni sono a Sorgente Acero e ad ovest del Monte San Nicola. Anche pacchetti di scisti rossi dello spessore di metri si verificano nella parte superiore della formazione che segna la transizione (CCS1a) verso la Formazione Scisti Silicei più alta. Il Monte Cugnone, Monte Lama e Monte Volturino sono i più adatti posti per osservare questo membro. I Calcari con Selce 1 sono ascritti ad un ambiente deposizionale bacinale distale. Lo spessore medio della successione carbonatica è di 550 m. Lo spessore del membro Sorgente Acero è di circa 130 m mentre lo spessore dell'intervallo transitorio è di circa 15-20 m. (Carnico – Norico).

#### Scisti Silicei 2 (SCS2)

Può essere diviso in due membri diversi. Il membro inferiore (SCS2a) è costituito da una fitta successione di scisti alternati a calcari marnosi giallastri. Le marne sono molto abbondanti nella porzione inferiore della successione e diminuiscono progressivamente verso l'alto. Le migliori esposizioni sono al Monte di Tigliano nei pressi di Pergola e al torrente Alli a Nord di Viggiano. Lo spessore è di 150 m. Questo intervallo è attribuito ad un ambiente di bacino di acque profonde. Il membro superiore (SCS2) è costituito da una successione monotona in cui prevalgono selci a strato sottile, radiolariti e orizzonti sottili di scisti silicizzati. Le migliori esposizioni si hanno lungo il crinale M. S. Enoc - M. Caldarosa e nella zona del M. di Tigliano. Lo spessore è di 150 m. Questo intervallo è attribuito ad un'acqua profonda ambiente di bacino al di sotto del livello CCD (Triassico superiore - Giurassico). Affiorano abbondantemente in sequenza stratigrafica con i sottostanti Calcari con selce.

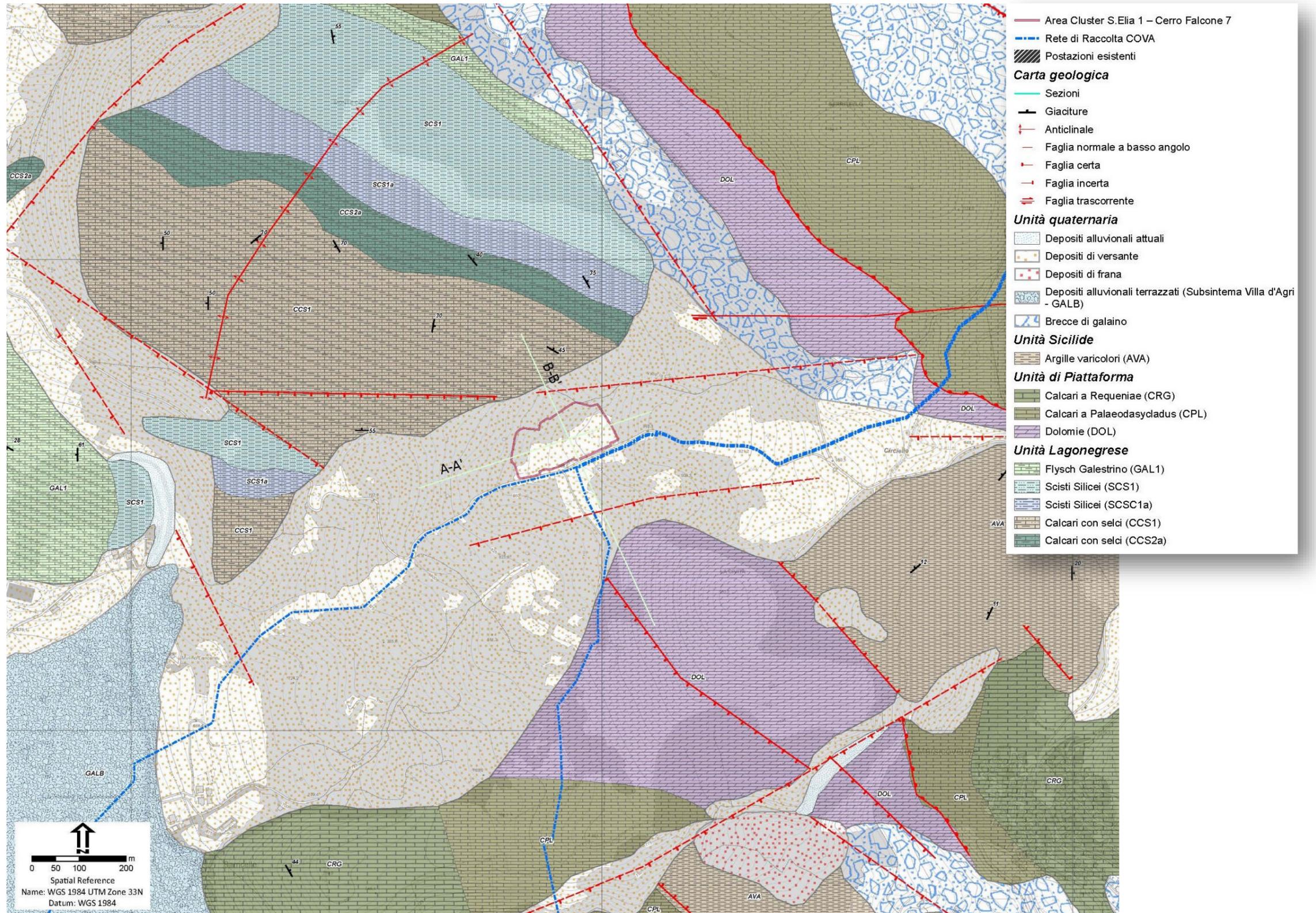
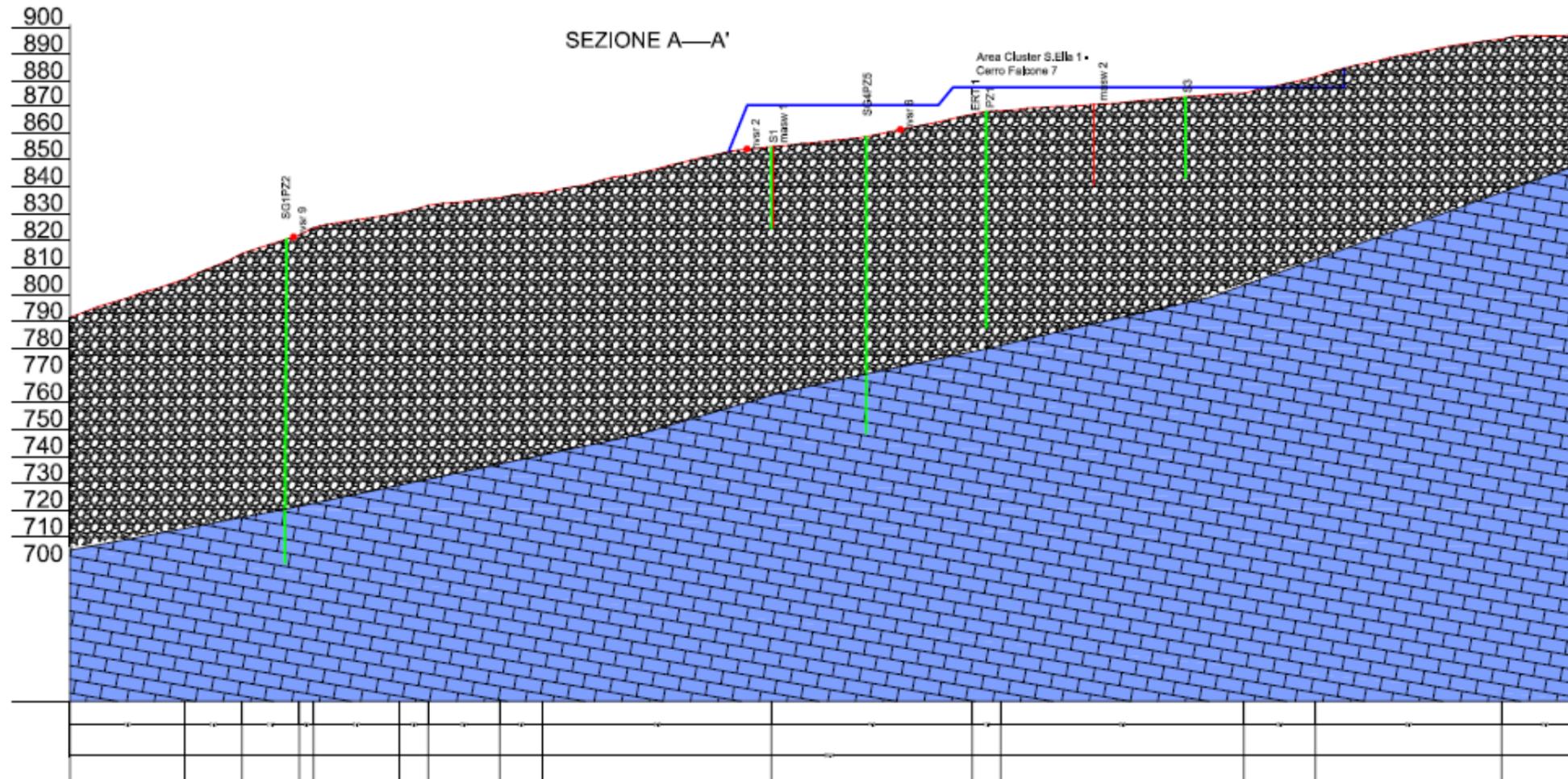
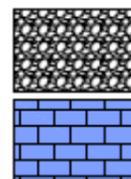


Figura 7.3: Carta Geologica Fonte: Palladino et al. (2023) Geological map of the north-eastern sector of the Agry Valley (Basilicata, Italy)



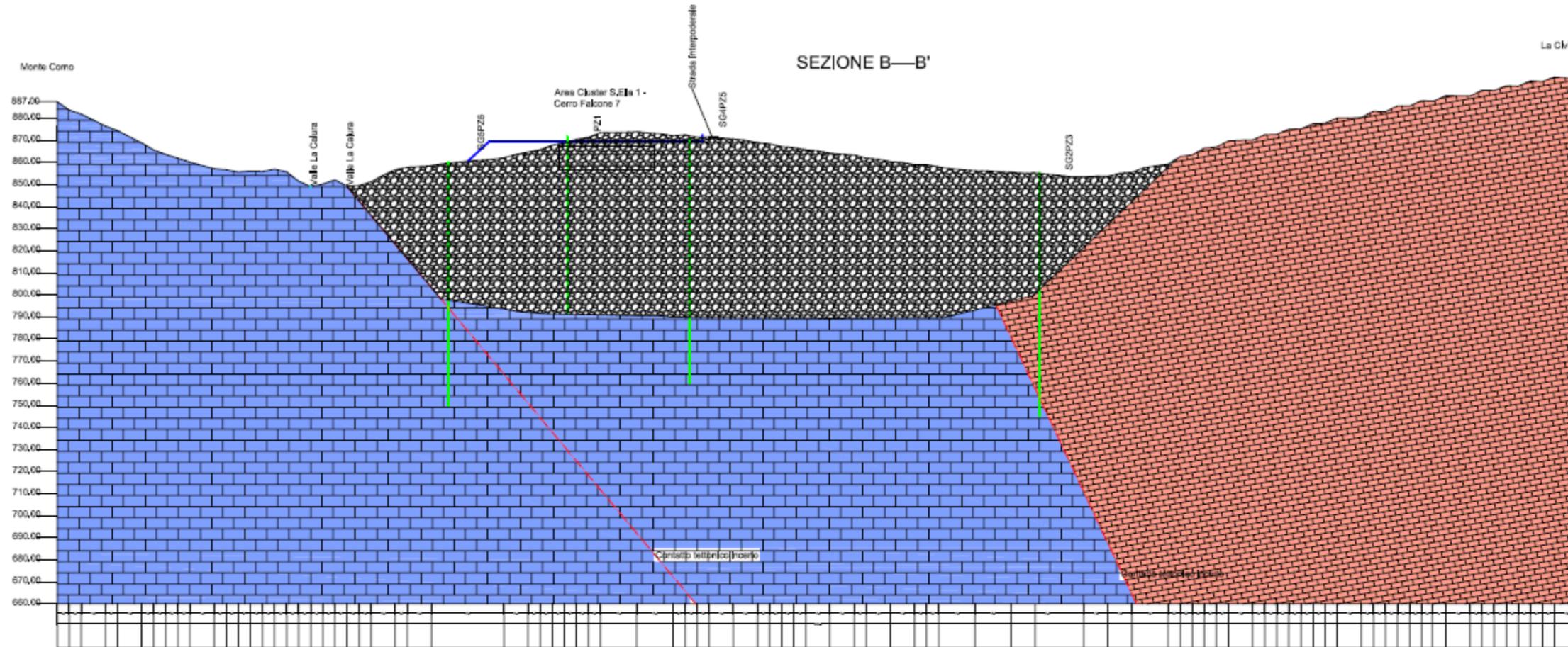
LITOLOGIA



deposito detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, accumulato per gravità alla base del versanti più o meno acclivi o legato a processi di alterazione esogena, disposto lungo rotture di pendio.

calcarli selciati alternati con scisti. I calcarli sono costituiti da calcilutiti a letto sottile, di spessore variabile da pochi centimetri a 1 dm, e raro calcareniti graduate di spessore decimetrici.

Figura 7.4: SEZIONE GEOLOGICA A—A' - lungo la massima pendenza del versante



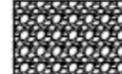
LITOLOGIA	
	<p>deposito detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, accumulato per gravità alla base del versanti più o meno acclivi o legato a processi di alterazione esogena, disposto lungo rotture di pendio.</p>
	<p>calcarei selciati alternati con scisti. I calcarei sono costituiti da calcilutiti a letto sottile, di spessore variabile da pochi centimetri a 1 dm, e raro calcareniti graduate di spessore decimetrici.</p>
	<p>dolomie dal grigio al bianco intensamente interessate dalla deformazione cataclastica. Il limite inferiore è sconosciuto poiché coincide con le superfici tettoniche.</p>

Figura 7.5: SEZIONE GEOLOGICA B---B'

## 8 Geologia tecnica dell'area

Per definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche superficiali dei terreni sono state eseguite delle campagne geognostiche nel sito.

Nei mesi di settembre e ottobre del 2011 è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche, che ha previsto l'esecuzione delle seguenti attività:

- sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo;
- prospezione geofisica mediante tomografia elettrica di superficie.

In dettaglio sono state realizzate n. 2 stendimenti di tomografia elettrica e n. 3 sondaggi geognostici di cui n. 1 attrezzato a piezometro.

Successivamente nel periodo di tempo da ottobre 2017 a febbraio 2018 è stata condotta una seconda campagna geognostica che ha previsto la realizzazione di n.5 sondaggi spinti fino ad una profondità di circa 100 metri la cui profondità mira alla ricostruzione geometrica della conoide detritica e alla creazione di una rete di monitoraggio dei livelli piezometrici e di alcuni caratteri chimico-fisici ed isotopici delle acque sotterranee che defluiscono all'interno della conoide stessa.

Nel mese di aprile 2024 nell'ambito del presente studio geologico sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- N° 2 Sismiche con tecnica Masw con rilievo delle onde P
- N° 1 Indagine sismica con antenna sismica ESAC
- N° 9 Misure di microtremori a stazione singola HVSr.

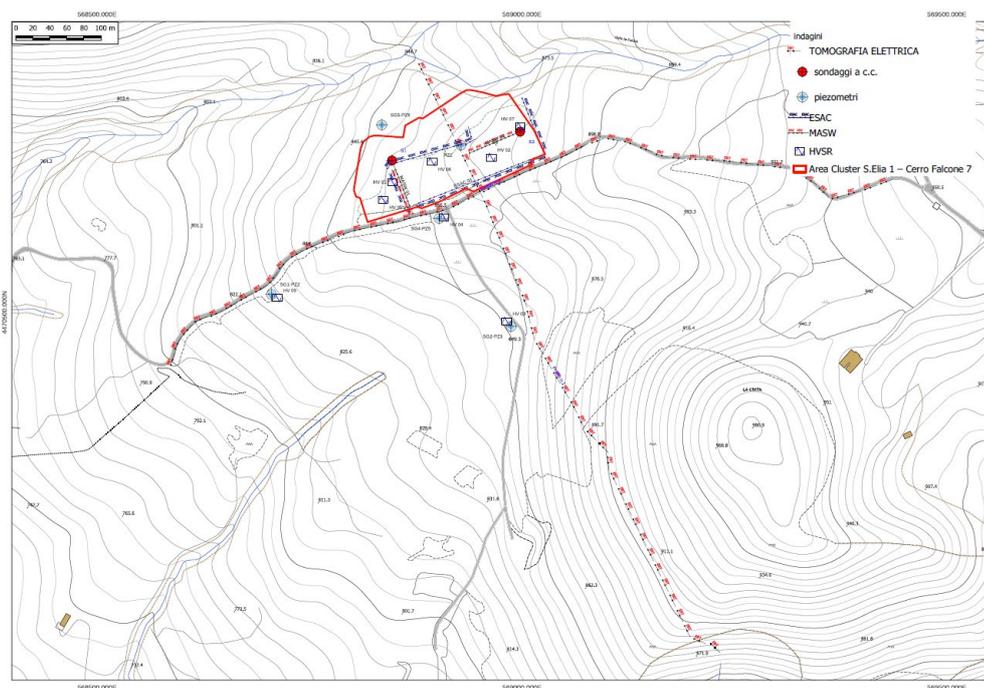


Figura 8.1: Carta di ubicazione delle indagini

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 33 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

## 9 INDAGINI GEOGNOSTICHE 2011

### 9.1 Sondaggi stratigrafici

Nel periodo compreso tra il 27 ed il 30 settembre 2011 sono state eseguite, a cura della Toma Abele Trivellazioni Srl di Matera, n.3 sondaggi a carotaggio continuo (S1÷S3), spinti a profondità comprese tra 30 e 80 metri dal piano di campagna.

L'esecuzione dei sondaggi ha inoltre previsto le seguenti attività:

- esecuzione di n.30 prove in foro di tipo S.P.T. (*Standard Penetration Test*), ad intervalli di 3 metri entro i primi 30 metri di profondità dal piano di campagna;
- prelievo di n.4 campioni;
- esecuzione di n.4 prove di permeabilità di tipo Lefranc nella verticale di sondaggio S2, ad intervalli di 10 metri entro i primi 40 metri di profondità dal piano di campagna;
- installazione di un tubo piezometrico di tipo Norton Ø 2.5" nella verticale di sondaggio S2, con il tratto finestrato compreso tra 6 e 79 metri di profondità dal piano di campagna.

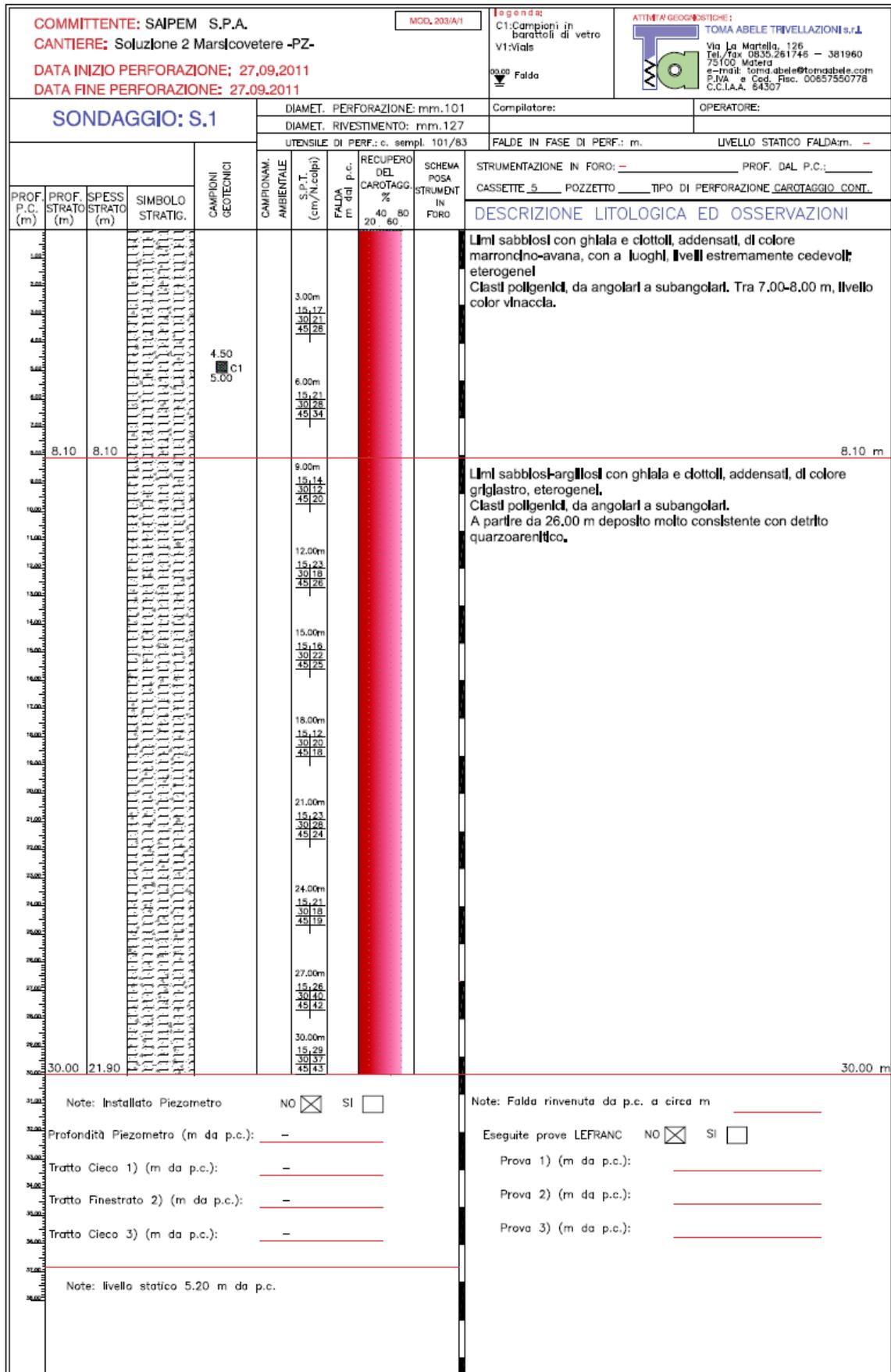


fig. 2 STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

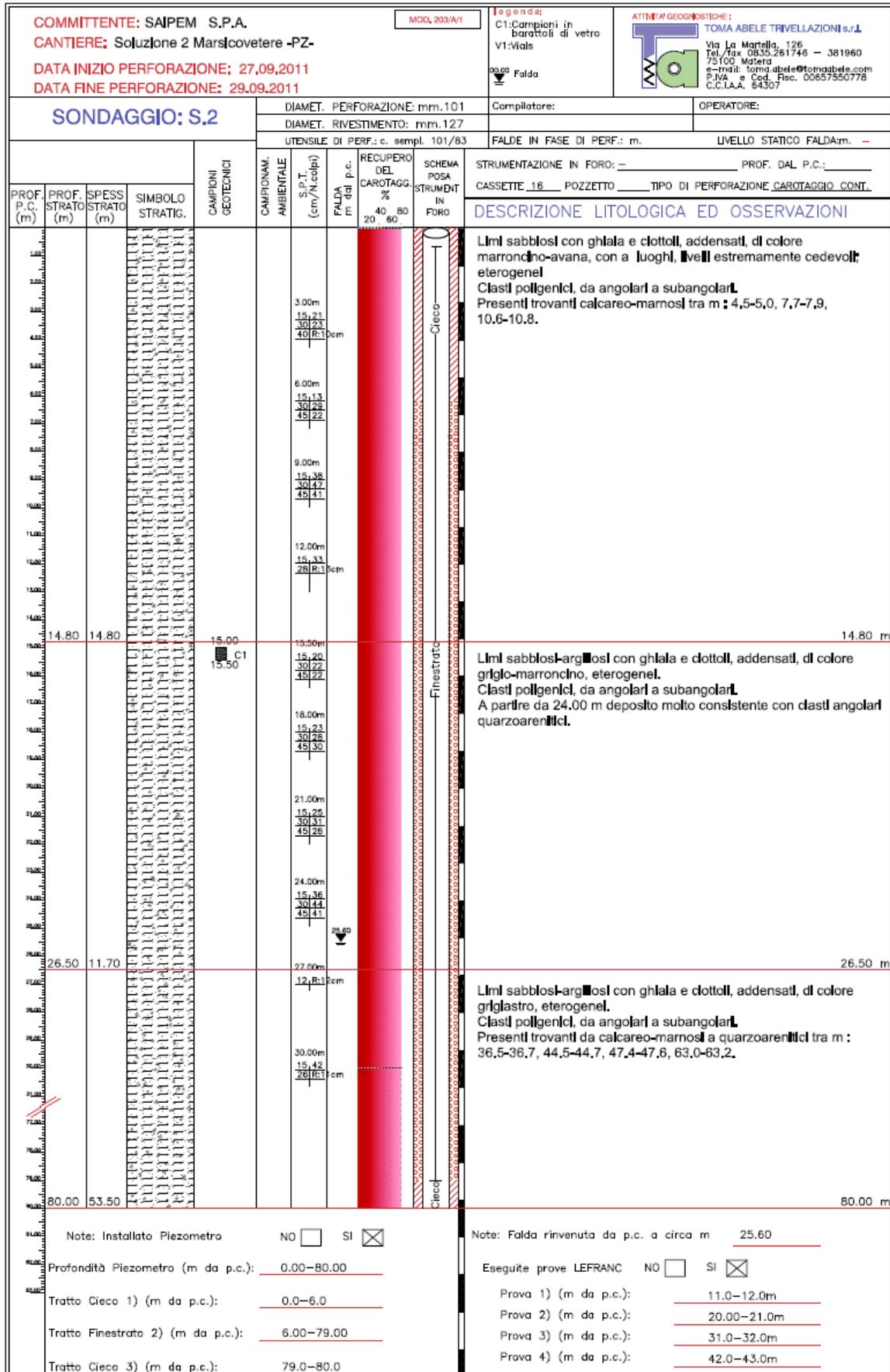


fig. 3 STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2

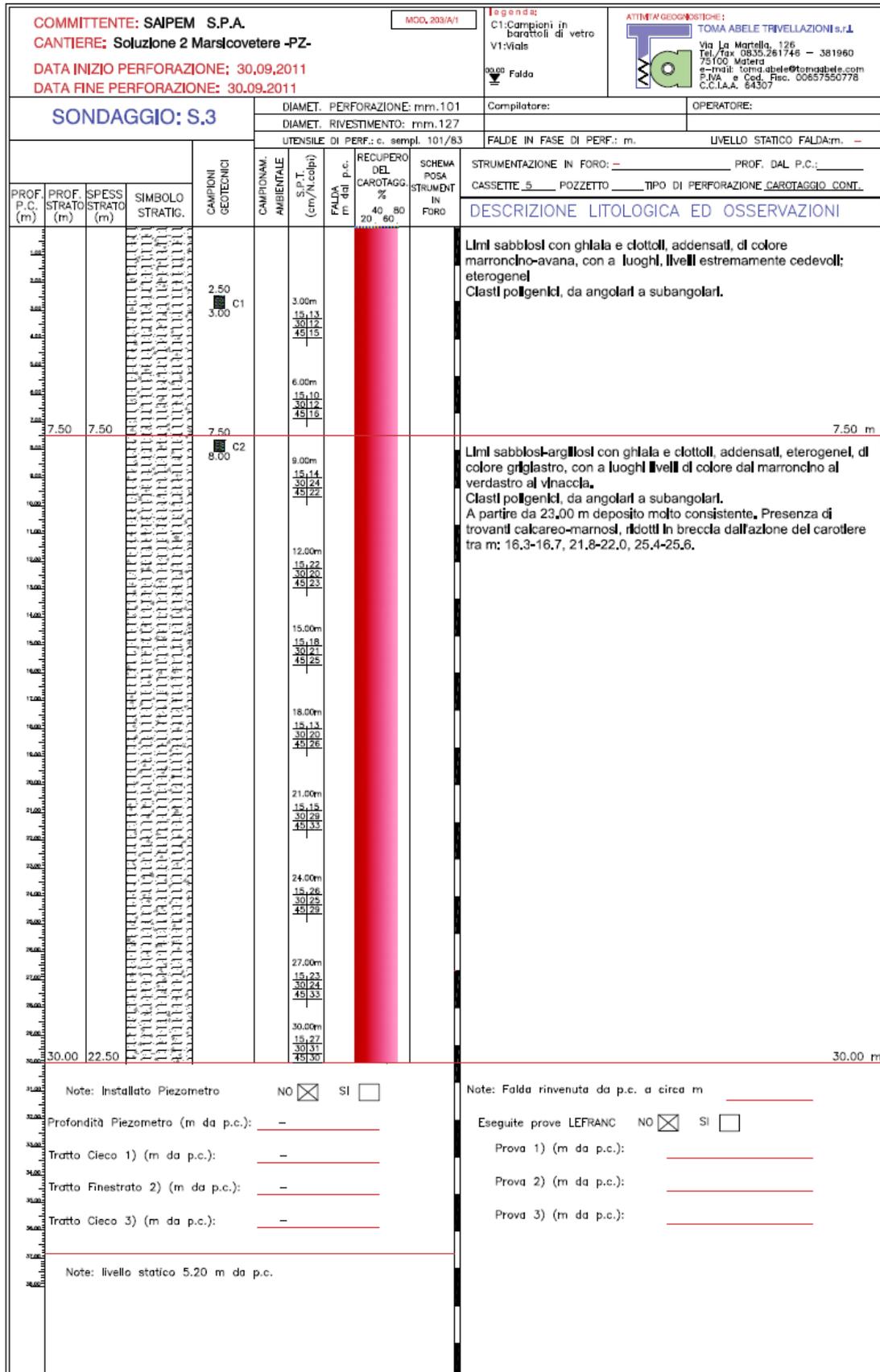


fig. 4 STRATIGRAFIA SONDAGGIO S3

Dai risultati dei sondaggi stratigrafici disponibili è stato possibile riconoscere un'unica unità stratigrafica, caratterizzata da depositi eterogenei di copertura fino alla massima profondità indagata in questa campagna (80 metri); attraverso l'interpretazione dei profili di resistività è stato inoltre possibile stimare l'interfaccia tra i depositi di copertura ed il substrato sottostante, a profondità comprese tra 80 e 105 metri dal piano di campagna.

I depositi di copertura detritica del versante, nel seguito definiti brevemente "detrito", sono costituiti da limi argillosi e limi sabbioso-argillosi con clasti poligenici da angolari a sub-angolari, di colore da marroncini-avana negli strati più superficiali (fino a 7.5-14.8 metri di profondità circa), fino a grigio più in profondità. A partire dalla profondità di 23÷26 metri dal piano di campagna il deposito diventa molto consistente, con presenza di detrito di natura quarzarenitica.

## 9.2 Prove di laboratorio geotecnico

Sui quattro campioni prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi stratigrafici sono state eseguite, a cura del Laboratorio Geomeccanico di Mombaroccio (PU), le seguenti prove di laboratorio geotecnico:

- determinazione del contenuto d'acqua ( $w_N$ );
- determinazione del peso di volume umido e secco ( $\gamma_N$  e  $\gamma_D$ );
- analisi granulometrica;
- determinazione dei limiti di consistenza ( $w_L$ ,  $w_P$ ,  $I_P$ ,  $I_c$ ,  $I_L$ );
- classificazione dei terreni sulla base della CNR-UNI 10006 e della U.S.C.S.;
- prova di taglio diretto.

Sond.	Camp.	Prof. [m]	Granulometria						Limiti di consistenza					Classificazione		Taglio diretto	
			$w_N$ [%]	$\gamma_N$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_D$ [KN/m <sup>3</sup> ]	G+S (%)	L (%)	A (%)	$w_L$ [%]	$w_P$ [%]	IP	IC	IL	CNR-UNI 10006	U.S.C.S.	$c'$ [kPa]	$\phi'$ lab [°]
S1	C1	4,75	10,7	20,8	18,8	55,8	22,6	21,6	50	27	23	1,71	-0,71	A7-6	SC	1,1	24,3
S2	C1	15,25	11,1	20,8	18,7	56,6	26,8	16,6	47	24	23	1,56	-0,56	A7-6	SC	4,8	25,8
S3	C1	2,75	12,6	20,9	18,6	50,6	28,5	20,9	47	27	20	1,72	-0,72	A7-6	SC	-	-
S3	C2	7,75	11,7	20,7	18,5	50,5	33,0	16,5	45	26	19	1,75	-0,75	A7-6	SC	2,1	27,3

Figura 9.1: Sintesi parametri geotecnici

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio non sempre è stato agevole. Per la classificazione e la caratterizzazione di questi terreni, ci si è avvalsi di diagrammi e relazioni empiriche, applicabili alle prove penetrometriche SPT effettuate nel corso dei sondaggi.

### 9.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO TIPO SPT

La prova penetrometrica standard o prova penetrometrica dinamica (SPT dall'inglese Standard Penetration Test) è un tipo di indagine geotecnica per ricavare e studiare le caratteristiche di un terreno. Questa prova consiste nel far penetrare nel terreno una punta conica metallica, collegata ad un'asta di acciaio prolungabile con l'aggiunta di successive aste, di dimensioni standard, infissa verticalmente nel terreno per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio con peso di 63,5 kg e da un'altezza di 76 cm. Le misure vengono effettuate per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi necessari ( $N_{spt}$ ) per ogni avanzamento. La *resistenza alla penetrazione* del terreno è caratterizzata dalla somma del numero di colpi per il secondo e terzo avanzamento, cioè  $N=N_2+N_3$ . La prova viene eseguita al fondo di un foro di sondaggio (possibilmente alterando il meno possibile il terreno), scavato in precedenza alla profondità desiderata. Attraverso formule di correlazione è stato possibile ricavare dai dati Spt, alcuni principali parametri caratteristici.

Sono state eseguite n.30 Prove SPT ad intervalli circa regolari (n.10 per verticale), di seguito vengono riportati i dati.

SONDAGGIO	Profondità m.	n.15	n.30	n.45
S1	3.00	17	21	28
S1	6.00	21	28	34
S1	9.00	14	12	20
S1	12.00	23	18	26
S1	15.00	16	22	25
S1	18.00	12	20	18
S1	21.00	23	28	24
S1	24.00	21	18	19
S1	27.00	26	40	42
S1	30.00	29	37	43

SONDAGGIO	Profondità m.	n.15	n.30	n.45
S2	3.00	21	23	R:10cm
S2	6.00	13	29	22
S2	9.00	38	47	41
S2	12.00	33	R:13cm	
S2	15.00	20	22	22
S2	18.00	23	28	30
S2	21.00	25	31	28



SONDAGGIO	Profondità m.	n.15	n.30	n.45
S2	24.00	36	44	41
S2	27.00	R:12cm		
S2	30.00	42	R:11 cm.	

SONDAGGIO	Profondità m.	n.15	n.30	n.45
S3	3.00	13	12	15
S3	6.00	10	12	16
S3	9.00	14	24	22
S3	12.00	22	20	23
S3	15.00	18	21	25
S3	18.00	13	20	26
S3	21.00	15	29	33
S3	24.00	26	25	29
S3	27.00	23	24	33
S3	30.00	27	31	30

### 9.3.1 Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Permette di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche. Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare, consente di ottenere informazioni su:

- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

PROVE SPT IN FORO SONDAGGIO n.1

PROVA ... Nr.1

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	17
3,30	21
3,45	28

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	3,6	49,00	Coesivo	3,42	---	--	3,31	224,81	490,00	--	--

PROVA ... Nr.2

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	21
6,30	28
6,45	34

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	6,6	62,00	Coesivo	6,23	---	--	4,19	284,46	620,00	--	--

PROVA ... Nr.3

Profondità (m)	Nr. Colpi
9,15	14
9,30	12
9,45	20

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	9,6	44,00	Coesivo	2,84	2,92	--	2,97	201,87	440,00	--	--

PROVA ... Nr.4

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	23
12,30	18
12,45	26

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,6	44,00	Coesivo	2,84	2,92	--	2,97	201,87	440,00	--	--

PROVA ... Nr.5

Profondità (m)	Nr. Colpi
15,15	16
15,30	22
15,45	25

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,6	47,00	Coesivo	3,16	---	--	3,17	215,64	470,00	--	--

PROVA ... Nr.6

Profondità (m)	Nr. Colpi
18,15	12
18,30	20
18,45	18

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	18,6	38,00	Coesivo	2,41	2,65	--	2,57	174,34	380,00	--	--

	Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446	Rev. 00	Pagina 42 di 83

PROVA ... Nr.7

Profondità (m)	Nr. Colpi
21,15	23
21,30	28
21,45	24

STIMA STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	21,6	24,00	Coesivo	2,11	2,20	--	1,62	110,11	240,00	--	--

PROVA ... Nr.8

Profondità (m)	Nr. Colpi
24,15	21
24,30	18
24,45	19

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8

Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturato(t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )
73,815	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	29,54	4,98	338,66	738,15	0,2	3706,55

PROVA ... Nr.9

Profondità (m)	Nr. Colpi
27,15	26
27,30	40
27,45	42

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	27,6	82,00	Coesivo	15,76	---	--	5,54	376,22	820,00	--	--

 <b>Eni S.p.A.</b> <b>Natural Resources</b> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	<b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b>	Rev. 00	Pagina 43 di 83
---	---------------------	--	------------	--------------------

PROVA ... Nr.10

Profondità (m)	Nr. Colpi
30,15	29
30,30	37
30,45	43

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.10

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	30,6	90,00	Coesivo	21,92	---	--	6,08	412,92	900,00	--	--

PROVE SPT IN FORO SONDAGGIO n.2

PROVA ... Nr.1

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	21
3,30	23
3,45	100

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	3,6	73,00	Coesivo	10,54	---	--	4,93	334,92	730,00	--	--

PROVA ... Nr.2

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	13
6,30	29
6,45	22

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	6,6	51,00	Coesivo	3,72	---	--	3,44	233,99	510,00	--	--

PROVA ... Nr.3

Profondità (m)	Nr. Colpi
9,15	38
9,30	47
9,45	41

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	9,6	88,00	Coesivo	20,23	---	--	5,94	403,74	880,00	--	--

PROVA ... Nr.4

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	33
12,30	100
12,45	0

 <b>Eni S.p.A.</b> <b>Natural Resources</b> Distretto Meridionale	<b>Data</b> Maggio 2024	<b>Relazione geologica</b> <b>doc n.</b> <b>AMB_ME_06_446</b>	<b>Rev.</b> 00	<b>Pagina</b> 45 di 83
---	----------------------------	---	-------------------	---------------------------

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,6	100,00	Coesivo	3,57	---	--	3,38	229,40	500,00	--	--

**PROVA ... Nr.5**

Profondità (m)	Nr. Colpi
15,15	20
15,30	22
15,45	22

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,6	44,00	Coesivo	2,84	2,92	--	2,97	201,87	440,00	--	--

**PROVA ... Nr.6**

Profondità (m)	Nr. Colpi
18,15	23
18,30	28
18,45	30

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	18,6	58,00	Coesivo	5,14	---	--	3,92	266,10	580,00	--	--

**PROVA ... Nr.7**

Profondità (m)	Nr. Colpi
21,15	25
21,30	31
21,45	28

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	24,6	59,00	Coesivo	17,89	---	--	5,74	389,98	850,00	--	--

PROVA ... Nr.8

Profondità (m)	Nr. Colpi
24,15	36
24,30	44
24,45	41

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	24,6	85,00	Coesivo	17,89	---	--	5,74	389,98	850,00	--	--

PROVA ... Nr.9

Profondità (m)	Nr. Colpi
27,15	N. residuo
27,30	
27,45	

PROVA ... Nr.10

Profondità (m)	Nr. Colpi
30,15	42
30,30	RESIDUO
30,45	0

 <b>Eni S.p.A.</b> <b>Natural Resources</b> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	<b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b>	Rev. 00	Pagina 47 di 83
---	---------------------	--	------------	--------------------

PROVE SPT IN FORO SONDAGGIO n.3

PROVA ... Nr.1

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	13
3,30	12
3,45	15

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	3,6	27,00	Coesivo	2,13	2,28	--	1,82	123,88	270,00	--	--

PROVA ... Nr.2

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	10
6,30	12
6,45	16

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	6,5	28,00	Coesivo	2,14	2,31	--	1,89	128,46	280,00	--	--

PROVA ... Nr.3

Profondità (m)	Nr. Colpi
9,15	14
9,30	24
9,45	22

	Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446	Rev. 00	Pagina 48 di 83

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	9,6	46,00	Coesivo	3,05	---	--	3,11	211,05	460,00	--	--

### PROVA ... Nr.4

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	22
12,30	20
12,45	23

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,6	43,00	Coesivo	2,75	2,87	--	2,90	197,28	430,00	--	--

### PROVA ... Nr.5

Profondità (m)	Nr. Colpi
15,15	18
15,30	21
15,45	25

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,6	56,00	Coesivo	4,67	---	--	3,78	256,93	560,00	--	--

 Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446	Rev. 00	Pagina 49 di 83

PROVA ... Nr.6

Profondità (m)	Nr. Colpi
18,15	13
18,30	20
18,45	26

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	18,6	46,00	Coesivo	3,05	---	--	3,11	211,05	460,00	--	--

PROVA ... Nr.7

Profondità (m)	Nr. Colpi
21,15	15
21,30	29
21,45	33

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	21,6	62,00	Coesivo	6,23	---	--	4,19	284,46	620,00	--	--

PROVA ... Nr.8

Profondità (m)	Nr. Colpi
24,15	26
24,30	25
24,45	29

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	24,6	54,00	Coesivo	4,26	---	--	3,65	247,75	540,00	--	--

 <b>Eni S.p.A.</b> <b>Natural Resources</b> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	<b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b>	Rev. 00	Pagina 50 di 83
---	---------------------	--	------------	--------------------

PROVA ... Nr.9

Profondità (m)	Nr. Colpi
27,15	23
27,30	24
27,45	33

TIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	27,6	57,00	Coesivo	4,90	---	--	3,85	261,52	570,00	--	--

PROVA ... Nr.10

Profondità (m)	Nr. Colpi
30,15	27
30,30	31
30,45	30

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.10

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	30,6	61,00	Coesivo	5,94	---	--	4,12	279,87	610,00	--	--

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 51 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

## 9.4 Tomografia elettrica orizzontale

Le prospezioni geoelettriche, insieme a quelle sismiche, sono le indagini geofisiche più conosciute e usate per il rilievo di strutture sepolte, rinvenimento di falde acquifere, studio di agenti inquinanti e ricerca di discariche.

Questa tecnica consiste nel misurare in diversi punti del suolo, mediante opportuni stendimenti di elettrodi, la resistività apparente; l'elaborazione al computer di queste misure permette di visualizzare i risultati in forma di immagini tomografiche molto esplicative. La misura di questo valore prende il nome di "resistività apparente", in quanto dipende dalla disposizione degli elettrodi nel terreno. La raccolta di queste informazioni avviene lungo tutto il tratto percorso dai filetti elettrici e, di conseguenza, da tutta la semisfera prodotta dall'immissione di corrente nel sottosuolo. Questa tecnica di consente di:

Creare una sezione del sottosuolo e quindi di restituire le superfici stratigrafiche orizzontali. Individuare eventuali discontinuità come cavità, presenza di sostanze inquinanti o di falde acquifere.

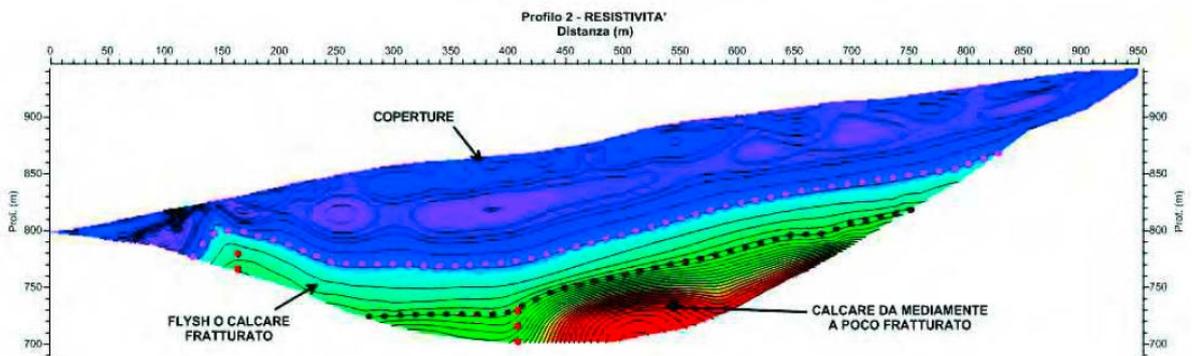
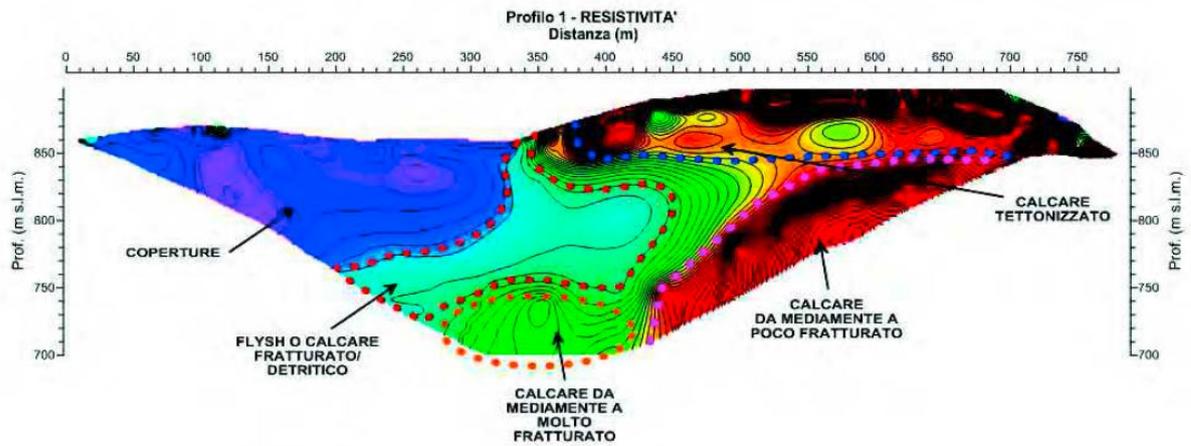
Di seguito si riporta la restituzione delle tomografiche elettriche. I diversi colori rappresentano valori diversi di resistività registrati con lo stendimento effettuato; la scala verticale riporta la profondità di indagine, quella orizzontale le distanze progressive dello stendimento. Accanto alla sezione compare la scala delle resistività che compongono il modello interpretativo.

Le zone viola e blu, in cui i valori di resistività sono bassi ( $< 250$  ohm m), individuano terreni sciolti di copertura; nell'areale in esame questo tipo di depositi (dati desumibili dai sondaggi geognostici) sono costituiti da clasti calcarei spigolosi in matrice prevalentemente argilloso-limosa; in particolare si può supporre che le aree in toni di viola ( $\rho < 50$  ohm m) siano indicative di depositi in abbondante matrice argillosa, mentre le aree in toni di blu ( $50 < \rho < 250$ ) siano rappresentative di depositi in matrice limosa o debolmente sabbiosa o anche con clasti calcarei più grossolani.

Le aree di colore azzurro ( $250 < \rho < 1000$  ohm m) possono essere attribuite a depositi caratterizzati da proprietà meccaniche intermedie tra le coperture recenti e le formazioni calcaree litoidi; nel sito in esame tali valori di resistività possono pertanto essere imputabili o alla presenza di depositi di tipo flyschoidi, o anche a formazioni calcaree fortemente alterate e/o fratturate o persino in facies detritica.

Anche le aree arancioni e gialle, se poste tra due picchi di resistività adiacenti, possono indicare un abbassamento relativo dei valori resistivi e pertanto la presenza di depositi più fratturati e degradati rispetto ai circostanti.

Le aree rosse indicano invece la presenza di depositi litoidi calcarei più compatti rispetto ai precedenti.



## 10 INDAGINI GEOGNOSTICHE 2017-2018

Al fine di pervenire ad una più accurata ricostruzione del modello idrogeologico dell'area in esame è stata pianificata una campagna geognostica integrativa finalizzata ad acquisire informazioni dettagliate sulla geometria dei complessi idrogeologici presenti nell'area interessata della futura area cluster Sant'Elia 1 e Cerro Falcone 7.

La campagna geognostica ha previsto la realizzazione di n.5 sondaggi (Tabella 3-2) spinti fino ad una profondità di almeno 100 metri la cui profondità mira alla ricostruzione geometrica della conoide detritica e alla creazione di una rete di monitoraggio dei livelli piezometrici e di alcuni caratteri chimico-fisici ed isotopici delle acque sotterranee che defluiscono all'interno della conoide stessa. La realizzazione dei sondaggi geognostici è stata effettuata nel periodo di tempo da ottobre 2017 a febbraio 2018.

Di seguito si riporta l'elenco dei sondaggi attrezzati a piezometro e le relative profondità raggiunte.

piezometri	Profondità in m.
SG1 PZ2	120
SG2 PZ3	100
SG3 PZ4	100
SG4 PZ5	110
SG5 PZ6	110

Per le finalità del presente capitolo e per la necessità di sintesi, di seguito sono riportate le stratigrafie dei sondaggi per i primi metri, negli allegati sono presenti le stratigrafie complete.

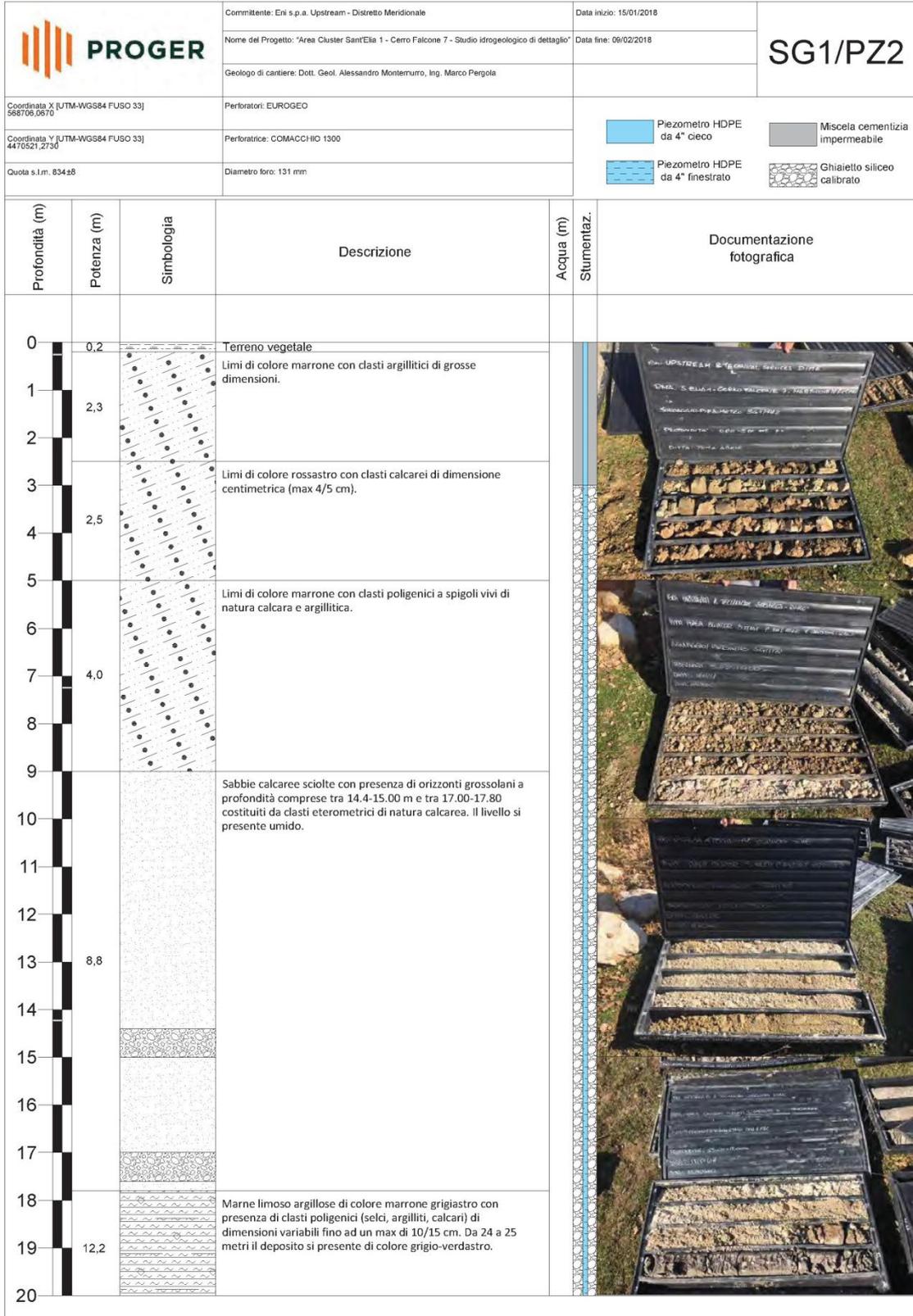


Figura 10.1: stratigrafia SG1PZ2 (primi 20m)

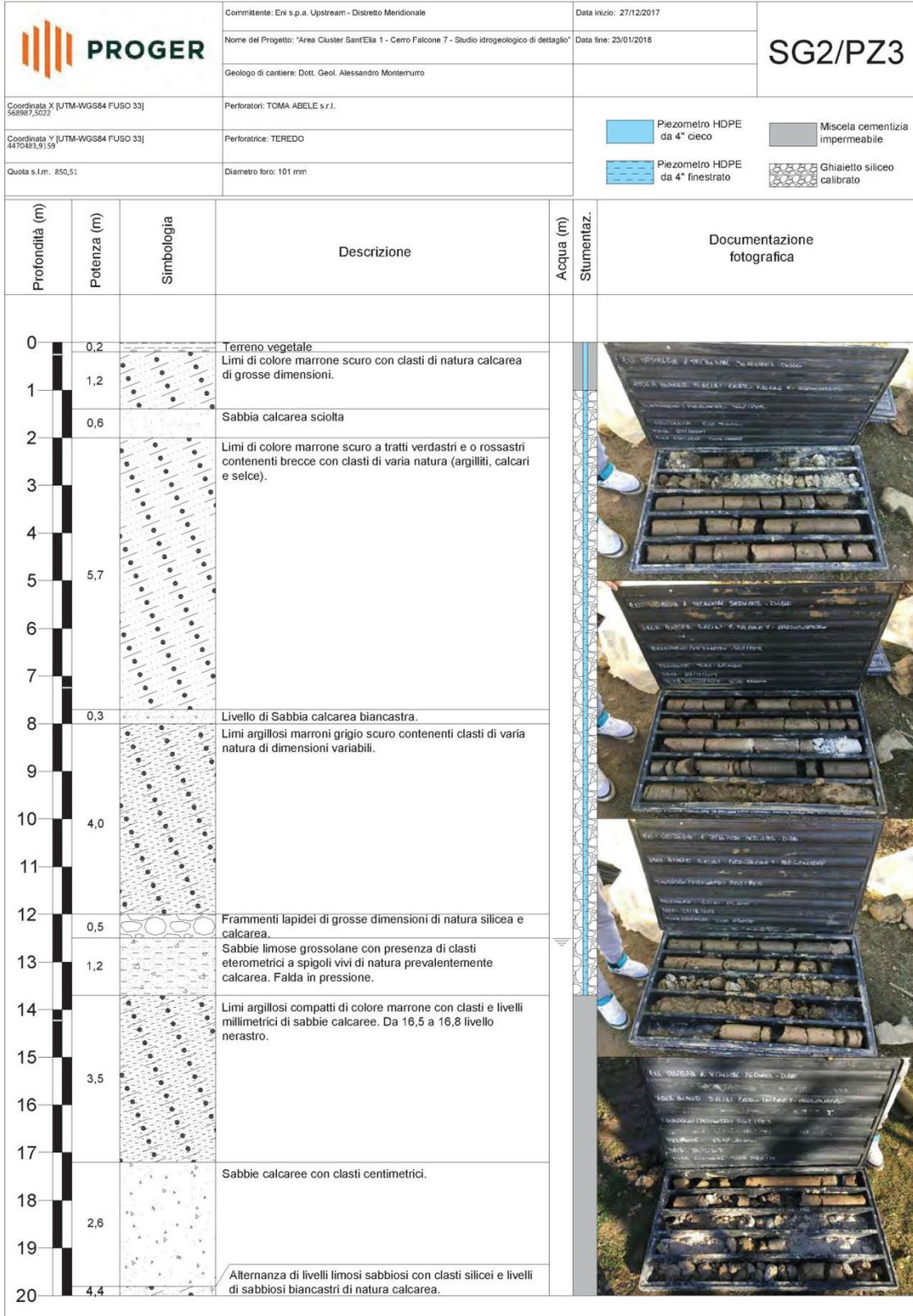


Figura 10.2: Stratigrafia SG2PZ3 (primi 20m)

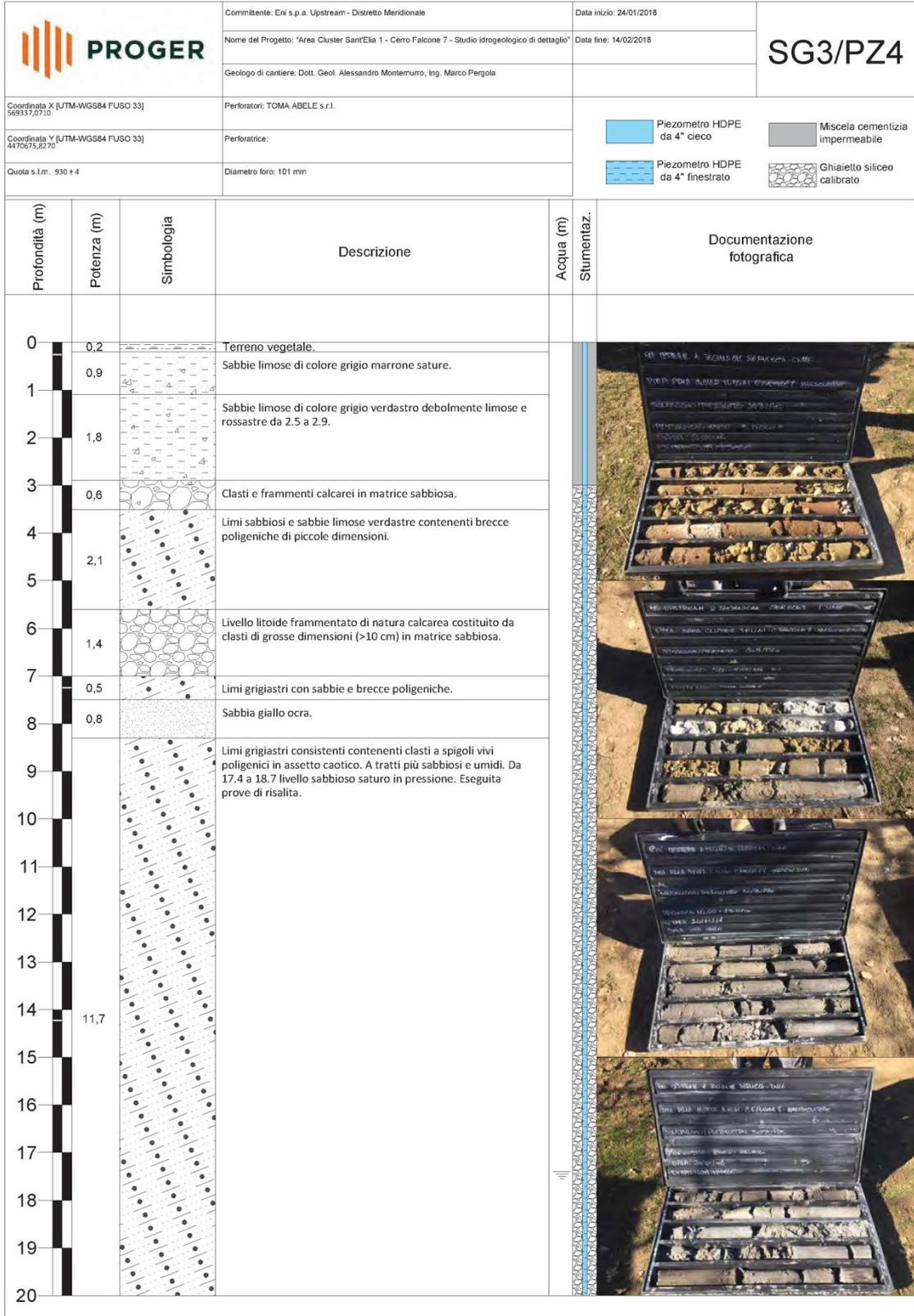


Figura 10.3: Stratigrafia SG3PZ4 (primi 20m)

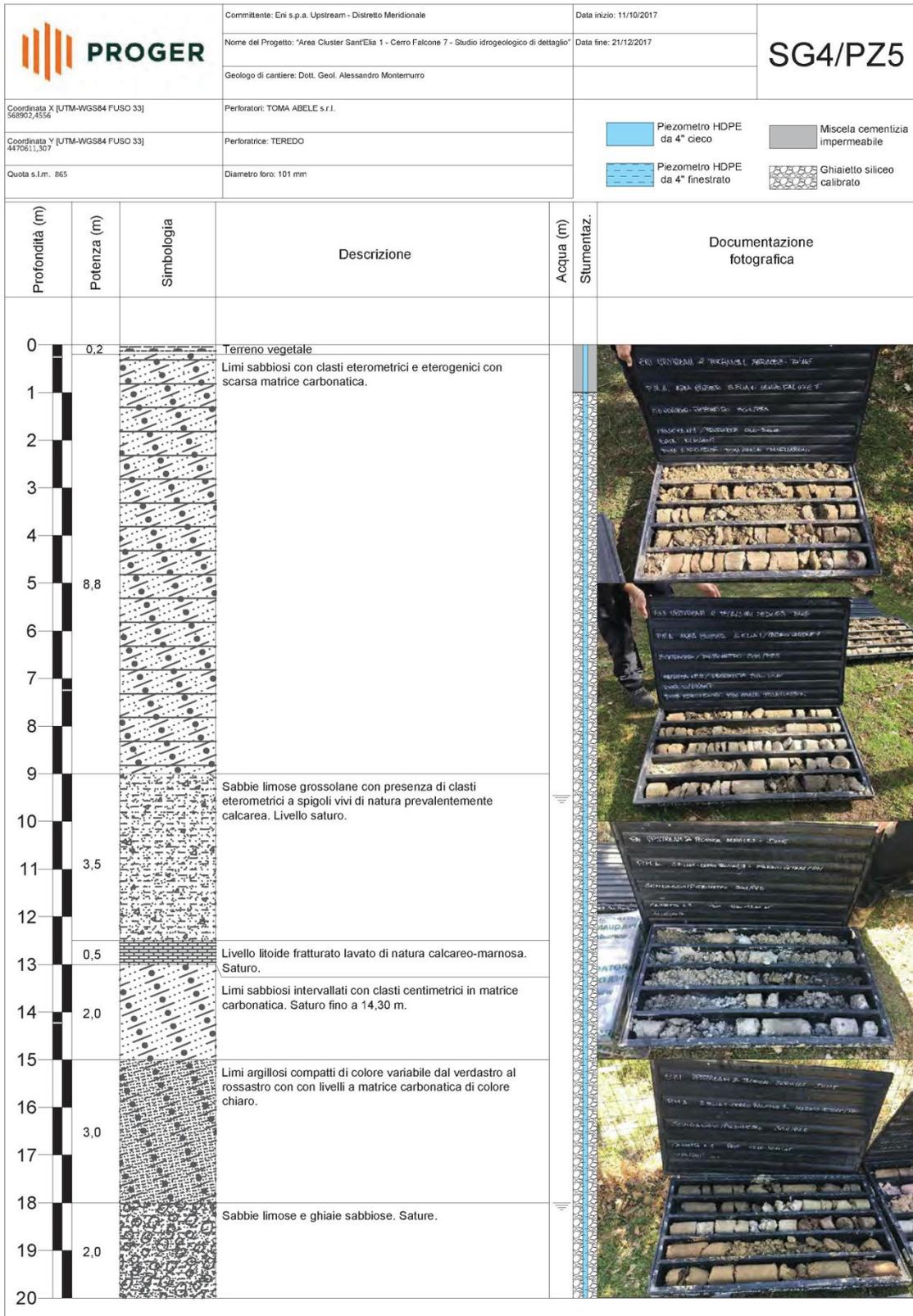


Figura 10.4: Stratigrafia SG4PZ5 (primi 20m)

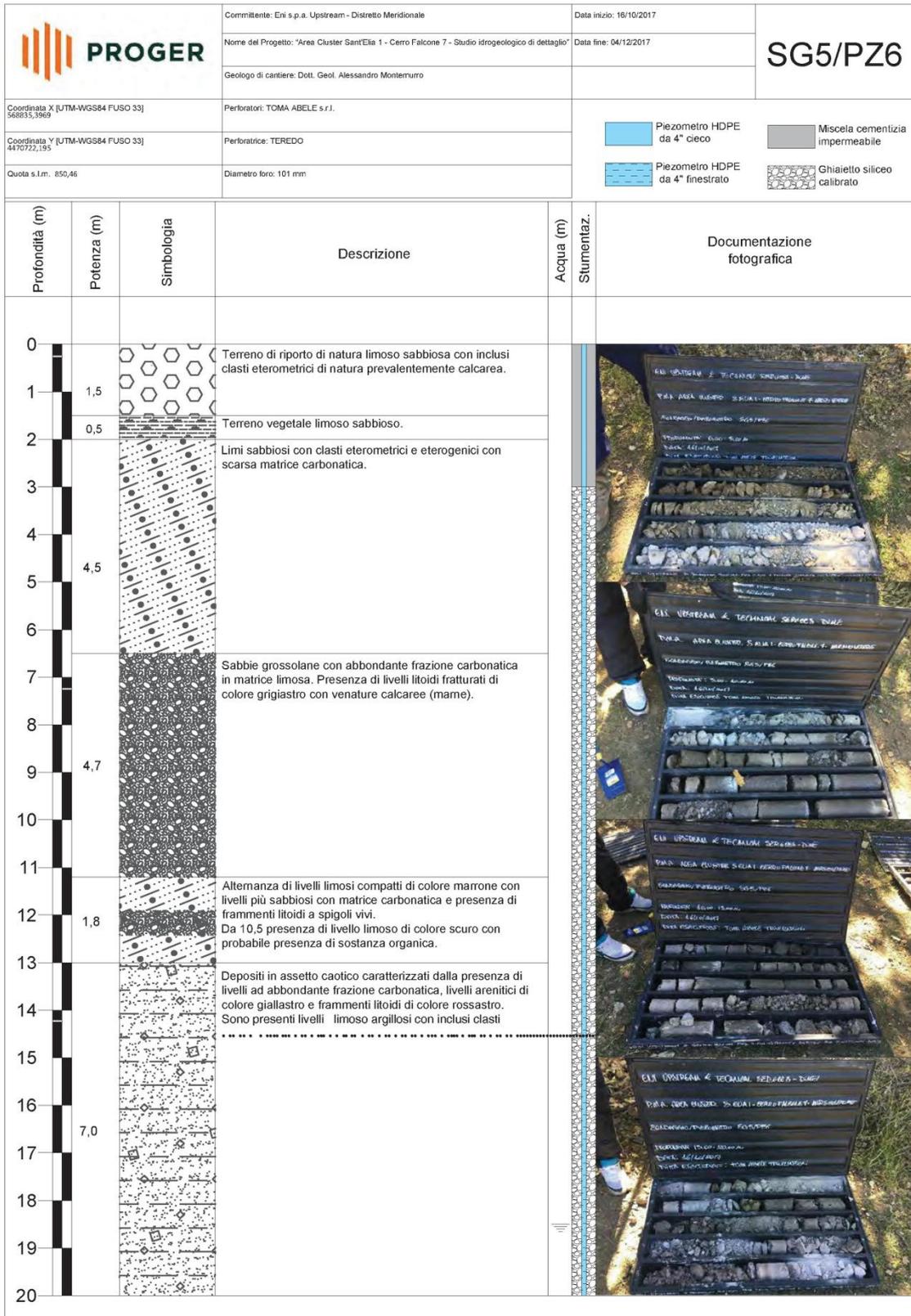


Figura 10.5: Stratigrafia SG5PZ6 (primi 20m)

## 11 Indagini eseguite ad aprile 2024

Nel mese di aprile 2024 sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- N° 2 Sismiche con tecnica Masw con rilievo delle onde P
- N° 1 Indagine sismica con antenna sismica ESAC
- N° 9 Misure di microtremoni a stazione singola HVSR

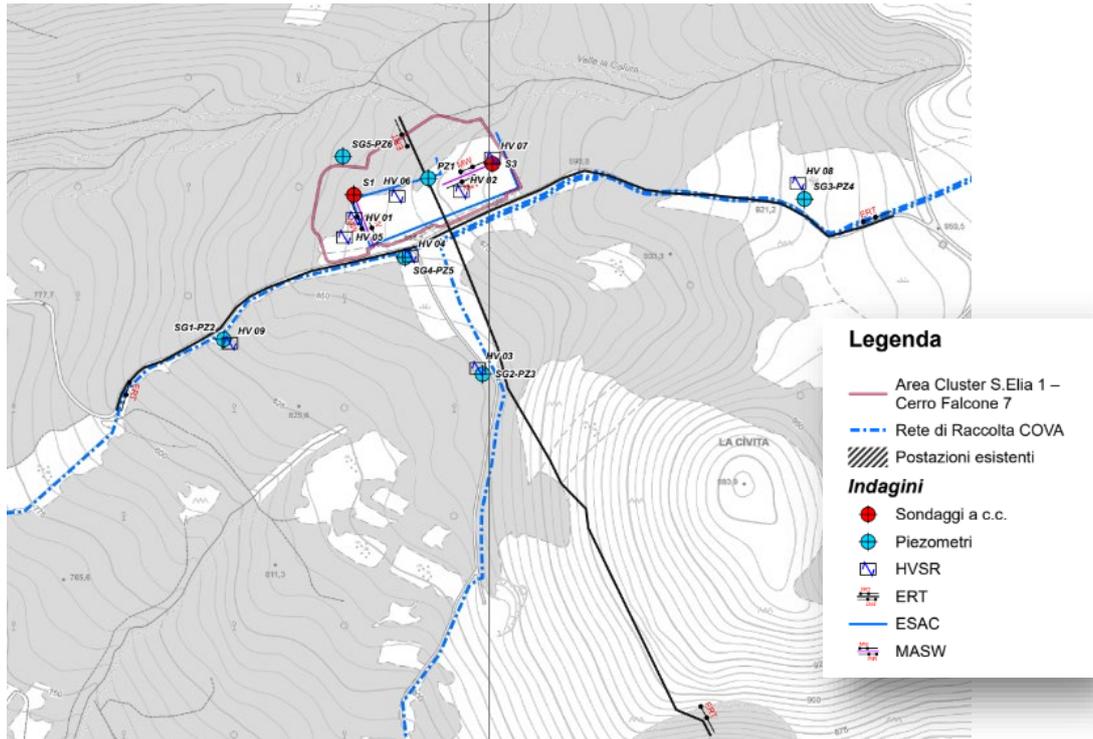


Figura 11.1: stralcio cartografico con l'ubicazione delle indagini

### 11.1 Indagini sismiche MASW

La tecnica MASW è una metodologia sismica utilizzata per la caratterizzazione delle unità litologiche (fino ed oltre 30 m di profondità) presenti nel sottosuolo mediante la generazione di profili unidimensionali e tomografie bidimensionali del campo di velocità delle onde S (Vs). Infatti, come è noto, le onde S sono direttamente correlabili ai parametri geomeccanici delle rocce che attraversano.

Questa metodologia utilizza le onde superficiali di Rayleigh normalmente chiamate ground roll. La registrazione avviene attraverso un sismografo multicanale connesso a più geofoni. La modalità di propagazione delle onde di superficie viene analizzata attraverso tecniche di processamento particolari che permettono di associare un profilo verticale delle Vs alle onde di superficie registrate.

La notevole energia delle onde di superficie (tipo Rayleigh) permette di lavorare e di effettuare prospezioni anche in aree dove normalmente non è possibile con le classiche indagini sismiche

a riflessione o a rifrazione data la bassa energia delle onde riflesse o rifratte che facilmente possono essere disturbate da onde di altro tipo legate al normale noise ambientale.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono **dispersive**, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; invece, onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo

## 11.2 INTERPRETAZIONE MASW 1

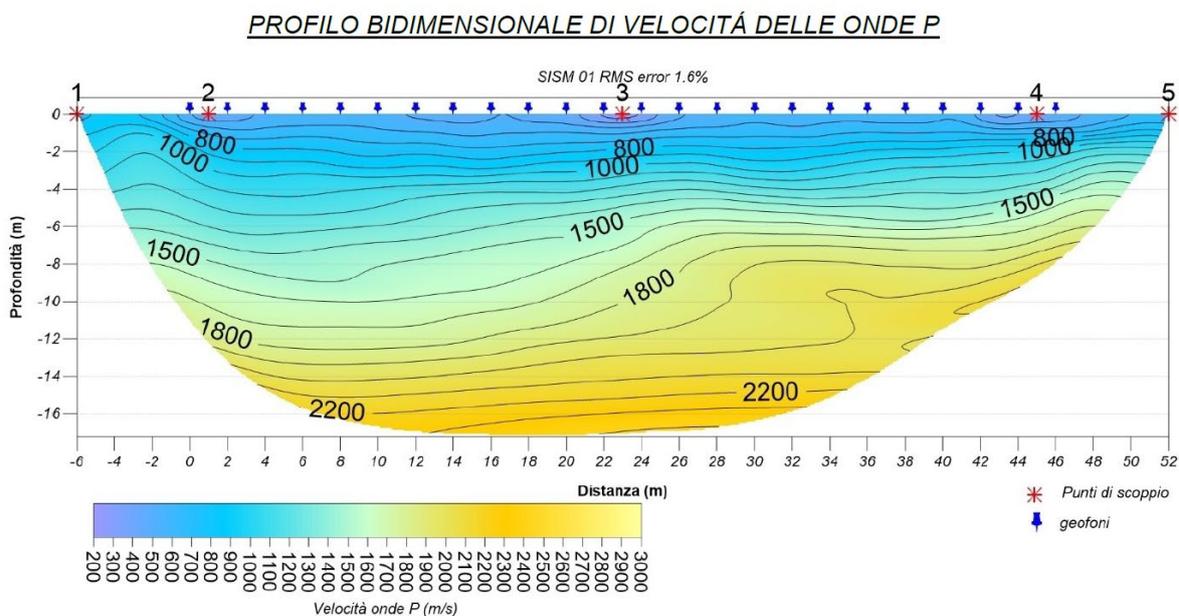


Figura 11.2: Profilo bidimensionale di velocità onde P

Dall'analisi del profilo della velocità delle onde P si evidenzia una stratigrafia costituita da:

1. uno strato superficiale con spessore di circa 4 metri e velocità delle onde P compresa fra 600 e 1000 m/s.
2. Al disotto è presente uno strato di circa 7 – 8 metri di spessore e velocità delle onde di compressione di 1400 – 1800 m/s.
3. Lo strato sottostante che si estende fino alla massima profondità investigata (circa 16.5 metri) ha velocità delle onde di compressione di 1800 – 2200 m/s.

PROFILO MONODIMENSIONALE DI VELOCITÀ DELLE ONDE S

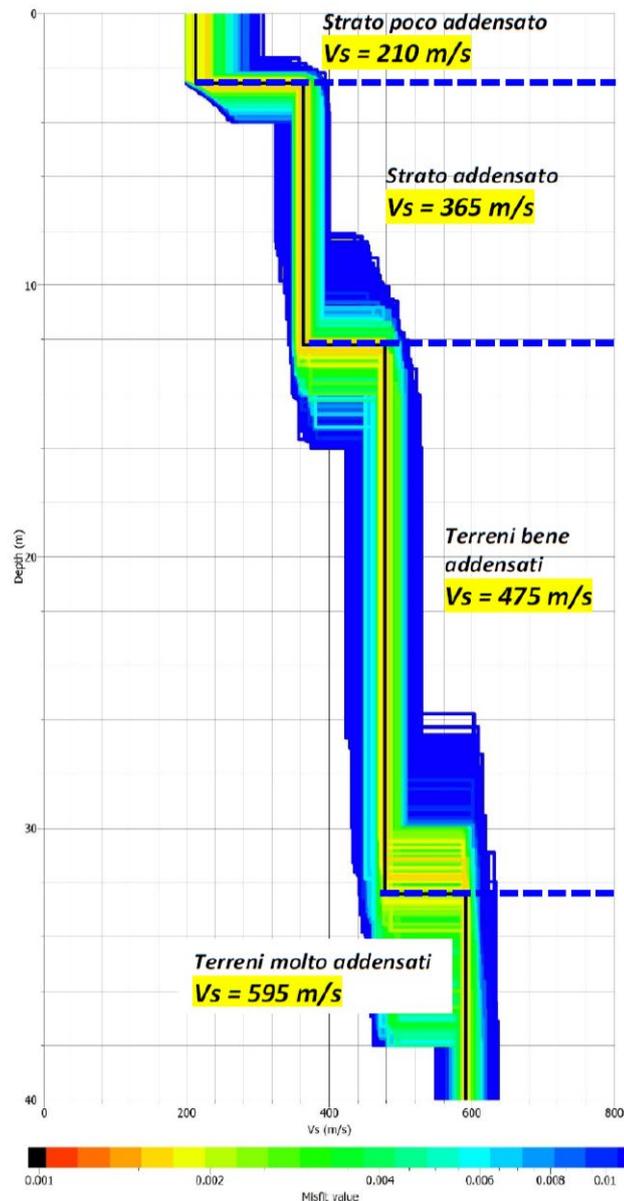


Figura 11.3: MASW 1 - Profilo di propagazione delle onde S con la profondità

Dall'analisi del profilo della velocità delle onde S si individuano i seguenti sismostrati:

1. Il primo strato ha uno spessore di circa 2.5 metri ed ha una velocità delle onde di taglio di 210 m/s. Tale strato, avente  $V_p$  relativamente basse (circa 600 – 700 m/s), può essere associato a terreni poco addensati riferibili alla coltre eluviale.
2. Al disotto è presente uno strato avente spessore di circa 9.7 metri e velocità delle onde S di 365, questo strato che ha velocità delle onde P di 1500 - 1600 è associabile a terreni



addensati rappresentati da limi e limi ghiaiosi, con la componente ghiaiosa prevalente nella parte alta (da 2.5 a 4 metri) dove vi sono vp di 800 – 1000 m/s.

3. Dalla profondità di circa 12.5 metri fino a circa 32 - 35 metri dal p.c. si rinvencono terreni con Vs di 475 m/s associabili a terreni con grado di addensamento buono.
4. A profondità maggiori di 32 - 35 metri dall'attuale piano campagna, la velocità delle onde S è di circa 595 m/s, questo strato può essere associato a terreni molto addensati.

### 11.3 INTERPRETAZIONE MASW 2

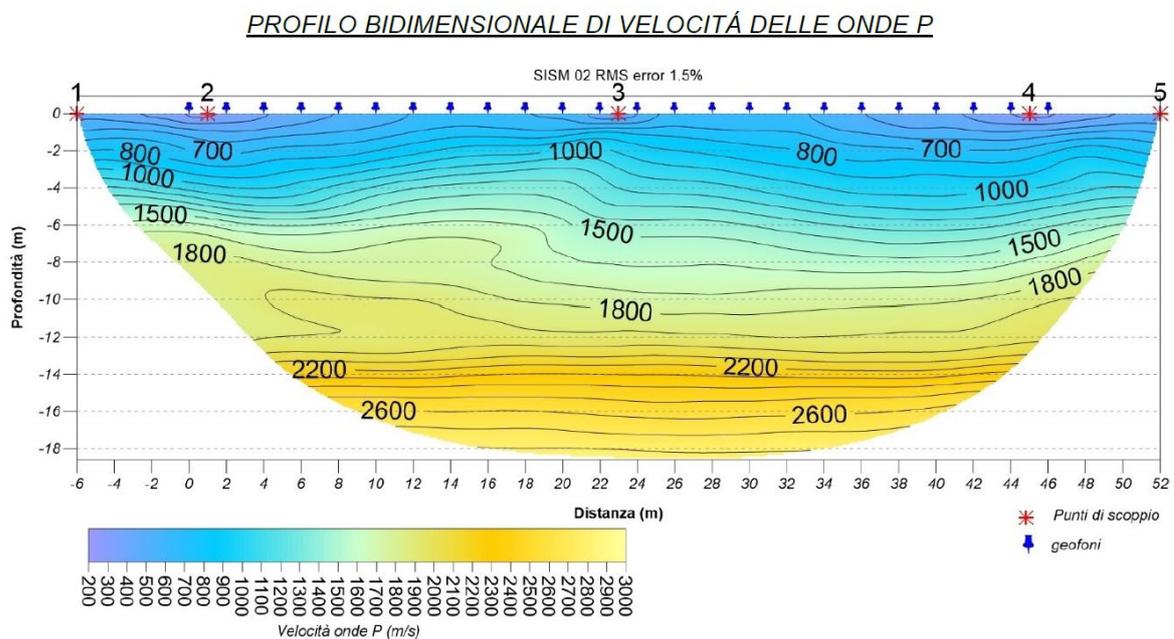


Figura 11.4: MASW 2 - profilo onde P

Dall'analisi del profilo della velocità delle onde P si evidenzia una stratigrafia costituita da:

1. uno strato superficiale con spessore di circa 4 metri e velocità delle onde P compresa fra 600 e 1000 m/s.
2. Al di sotto è presente uno strato di circa 9 – 10 metri di spessore e velocità delle onde di compressione di 1400 – 1800 m/s.
3. Lo strato sottostante che si estende fino alla massima profondità investigata (circa 18 metri) ha velocità delle onde di compressione di 2200 – 2600 m/s.

PROFILO MONODIMENSIONALE DI VELOCITÀ DELLE ONDE S

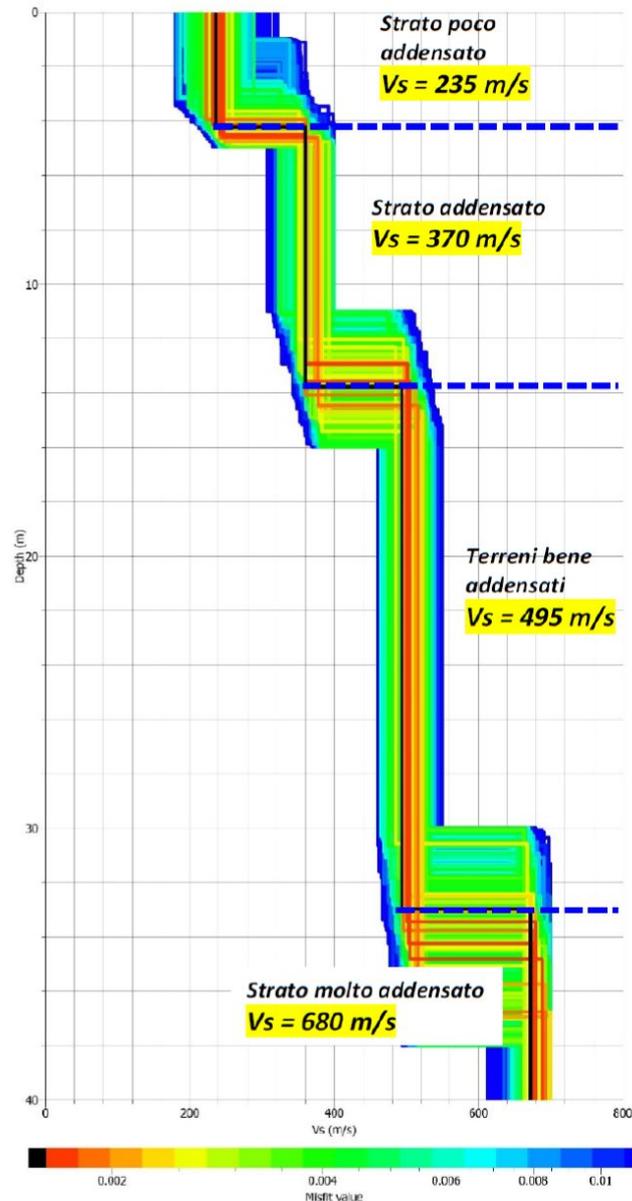


Figura 11.5: MASW 2 - Profilo di propagazione delle onde S con la profondità

Dall'analisi del profilo della velocità delle onde S si individuano i seguenti sismostrati:

1. Il primo strato ha uno spessore di circa 4.2 metri ed ha una velocità delle onde di taglio di 235 m/s. Tale strato, avente  $V_p$  relativamente basse (circa 600 – 1000 m/s), può essere associato a terreni poco addensati riferibili alla coltre eluviale;

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 64 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

2. Al disotto è presente uno strato avente spessore di circa 9.6 metri e velocità delle onde S di 370, questo strato che ha velocità delle onde P di 1500 - 1600 è associabile a terreni addensati rappresentati da limi e limi ghiaiosi;
3. Dalla profondità di circa 13.8 metri fino a circa 32 - 35 metri dal p.c. si rinvencono terreni con Vs di 495 m/s associabili a terreni con grado di addensamento buono;
4. A profondità maggiori di 32 - 35 metri dall'attuale piano campagna, la velocità delle onde S è di circa 680 m/s, questo strato può essere associato a terreni molto addensati.

#### 11.4 Indagine con antenna sismica Esac

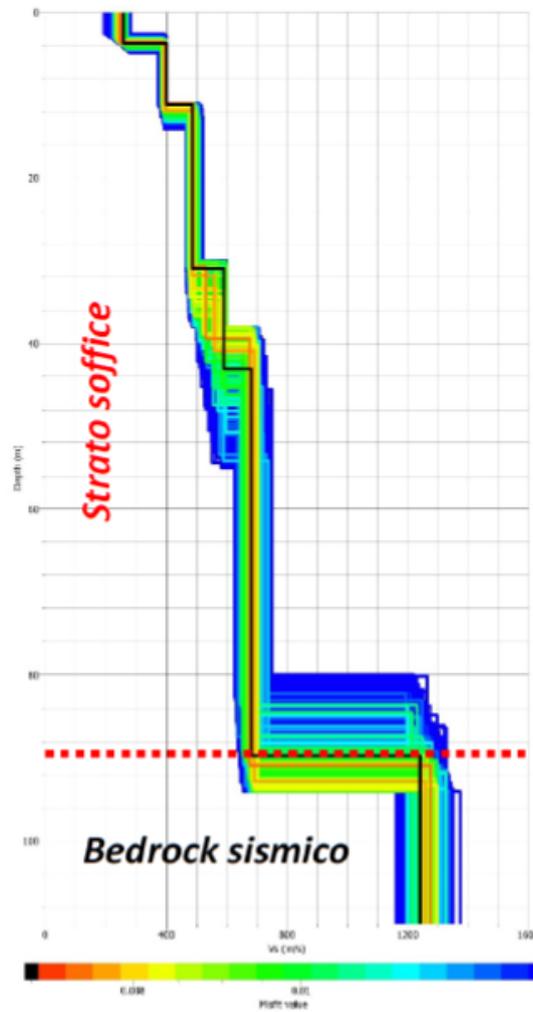
L'antenna sismica (seismic array) è una configurazione di sensori sismici distribuiti secondo geometrie variabili sull'area di indagine (Okada, 2003). Le registrazioni di rumore effettuate dai singoli sensori vengono combinate mediante una tecnica ESAC (Okada, 2003) che mette in evidenza la coerenza di fase delle varie registrazioni. Se si utilizzano solo sensori verticali, la componente del segnale identificata da questo sistema di acquisizione risulta essenzialmente costituita dalla combinazione dei diversi modi di vibrazione delle onde di Rayleigh.

L'antenna sismica è costituita da un insieme di sensori sismici sincronizzati distribuiti sulla superficie del terreno con geometrie variabili. Le informazioni relative alle caratteristiche del sottosuolo vengono ottenute a partire da una analisi di correlazione fra i segnali registrati dai diversi sensori alle diverse frequenze (funzione di coerenza).

Nella tabella seguente sono riportati gli spessori e le velocità delle onde S di tutti i sismostrati individuati. Il passaggio dai terreni di copertura al bedrock sismico ( $V_s > 1200$  m/s) può essere collocato a circa 85 metri dal p.c., mentre i terreni di copertura mostrano velocità comprese fra 250 m/s, dello strato più superficiale fino ad arrivare, a 680 m/s degli strati più profondi. Tale modello sismostratigrafico trova perfetto accordo con il picco di 1.94 Hz individuato dalle curve H/V.



**PROFILO MONODIMENSIONALE DI VELOCITÀ DELLE ONDE S DA INVERSIONE  
CONGIUNTA MASW 01 + ESAC**



<b>Strato</b>	<b>Profondità m</b>	<b>Spessore m</b>	<b>Velocità m/s</b>
1	0.00	3.60	250
2	3.60	8.40	380
3	12.00	18.00	480
4	30.00	13.00	590
5	43.00	42.00	680
6	85.00	/	1250

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 66 di 83</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

## 11.5 Misure HVSR

Scopo di questa misura è stato quello di valutare la presenza di fenomeni di amplificazione locale di sito. Infatti, la misura di microtremori elaborata secondo la tecnica di Nakamura permette di individuare l'eventuale frequenza di risonanza del sito investigato. Come è noto, la frequenza di risonanza di un sito è strettamente legata alla velocità ed allo spessore dello "strato soffice" posto al disopra del substrato rigido (strato con  $V_s > 800\text{m/s}$ ) secondo la relazione:

$$F = V_s / 4H$$

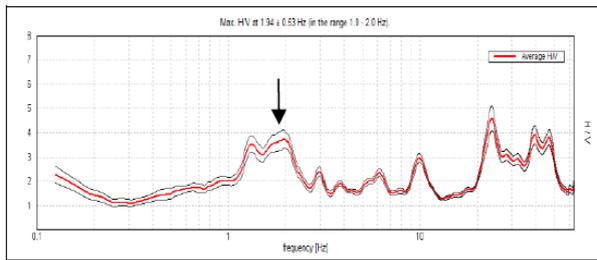
dove

F = frequenza di risonanza del sito,

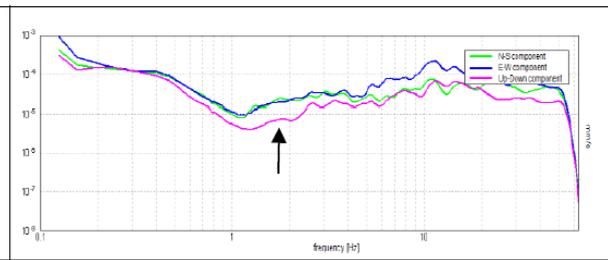
$V_s$  = velocità media delle onde di taglio dello strato soffice,

H = spessore delle coperture.

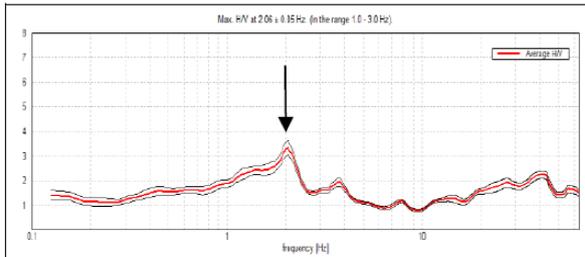
Le misure di rumore sismico eseguite nell'area di intervento (Allegato 10) hanno fornito le seguenti curve del rapporto H/V:



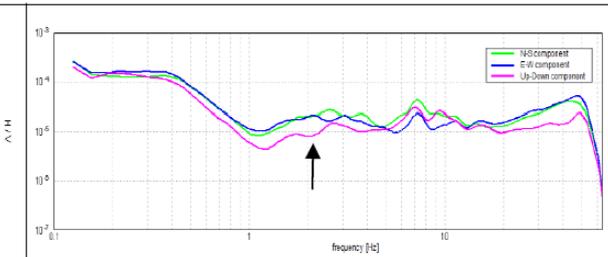
**Rapporto spettrale H/V 01**



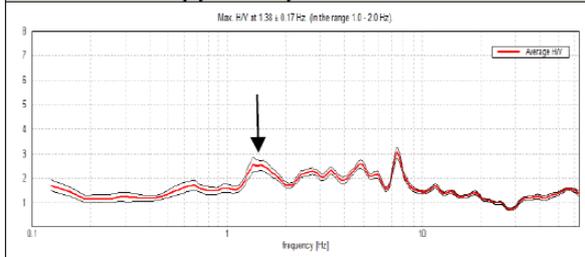
**Spettro delle singole componenti H/V 01**



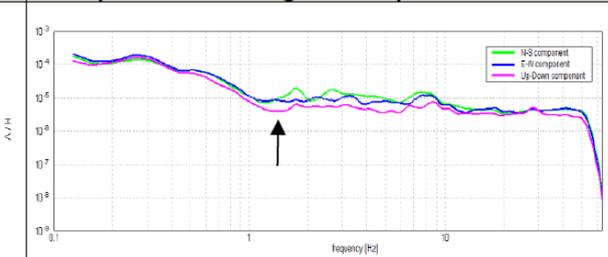
**Rapporto spettrale H/V 02**



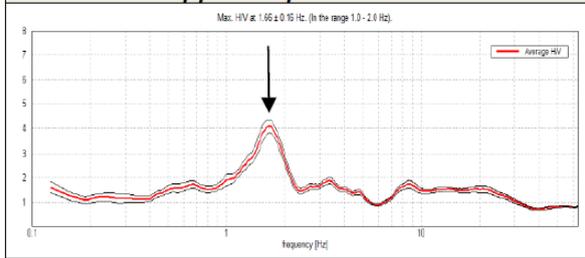
**Spettro delle singole componenti H/V 02**



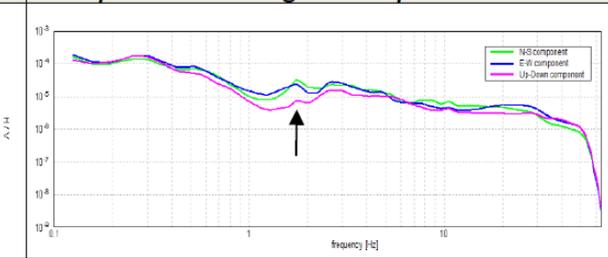
**Rapporto spettrale H/V 03**



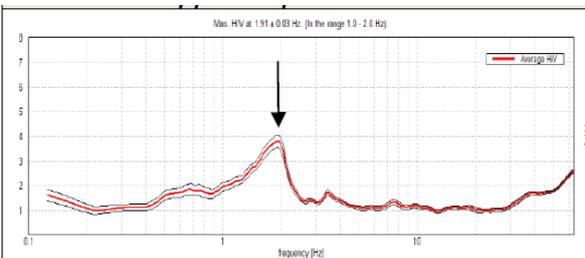
**Spettro delle singole componenti H/V 03**



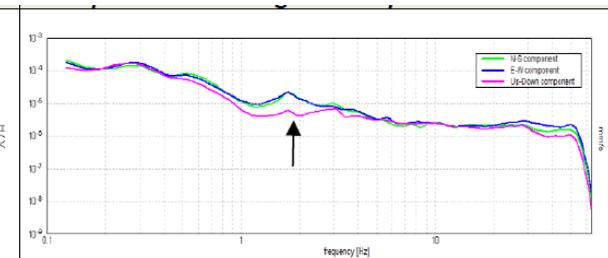
**Rapporto spettrale H/V 04**



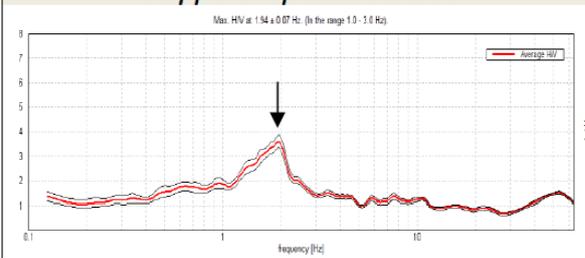
**Spettro delle singole componenti H/V 04**



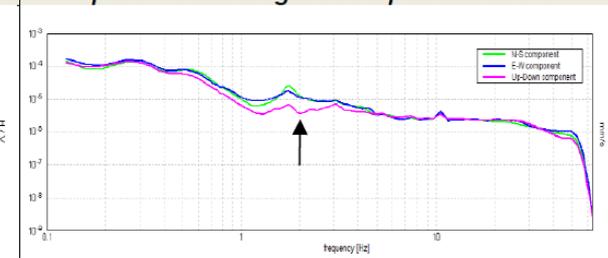
**Rapporto spettrale H/V 05**



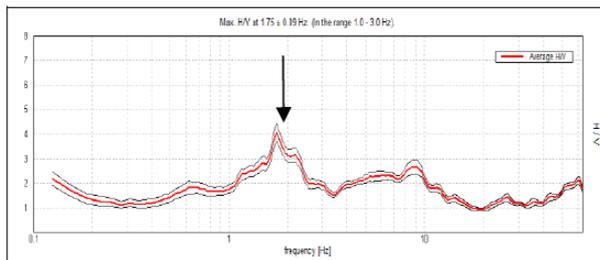
**Spettro delle singole componenti H/V 05**



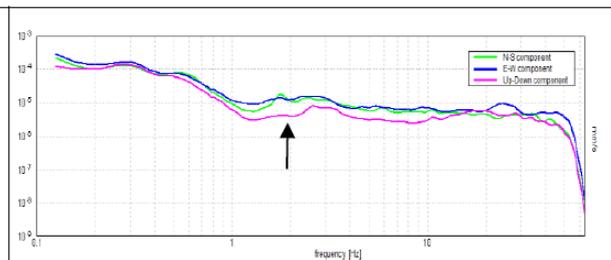
**Rapporto spettrale H/V 06**



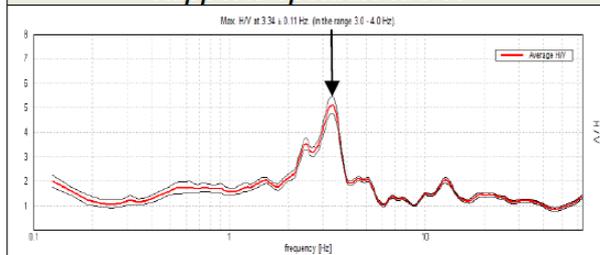
**Spettro delle singole componenti H/V 06**



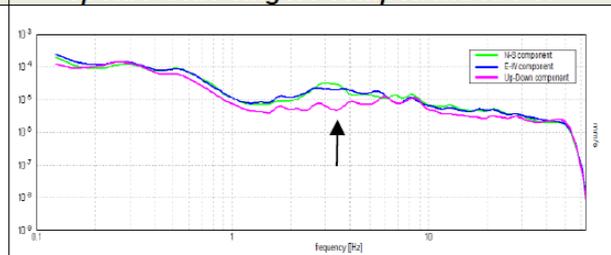
**Rapporto spettrale H/V 07**



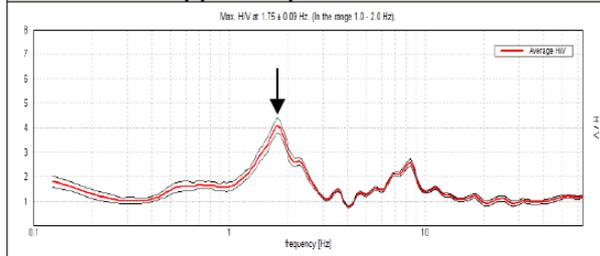
**Spettro delle singole componenti H/V 07**



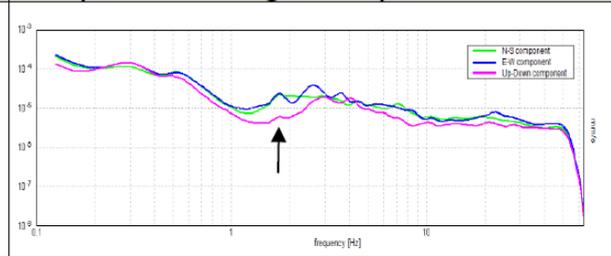
**Rapporto spettrale H/V 08**



**Spettro delle singole componenti H/V 08**



**Rapporto spettrale H/V 09**



**Spettro delle singole componenti H/V 09**

Le misure eseguite in corrispondenza dell'area di intervento (HV 01, HV 02, HV05, HV 06, HV 07) mostrano picchi alla frequenza di circa 1.95 Hz compatibile con un contrasto di impedenza fra strato soffice e il bedrock sismico posto alla profondità di circa 80 – 90 metri.

Le misure effettuate nelle aree circostanti evidenziano un approfondimento del bedrock nell'area Sud, infatti le misure HV 03, HV 04 e HV 09 mostrano picchi compresi fra frequenze di 1.38 e 1.75 Hz, mentre la misura HV 07, eseguita a Est dell'area di intervento mostra, un picco alla frequenza di 3.34 Hz, compatibile con una profondità del bedrock di circa 50 metri.

## 12 Modello geologico-tecnico

I risultati delle indagini geognostiche e sismiche eseguite nel sito ci hanno consentito di elaborare il modello geologico tecnico del sito.

Sia i sondaggi che le indagini simiche sono stati correlati per la miglior definizione del modello geologico e geotecnico.

Sulla base dei risultati ottenuti, è stata effettuata la ricostruzione litostratigrafica dei vari strati ed è stato verificato lo spessore dei materiali di copertura.

Dall'esame dei prospetti stratigrafici emerge che, l'area presenta sinteticamente dall'alto verso il basso dapprima i depositi di riempimento antropici costituiti da ghiaie e sabbie-limose posti ai lati dell'arco del ponte e in basso il terreno del substrato geologico costituito da argille, argille marnose che con l'approfondirsi mostrano anche presenza di marne ed argilliti.

Si riporta il modello geologico e geologico tecnico del "volume significativo", quello nel quale si osserva un'influenza non trascurabile delle perturbazioni meccaniche o idrauliche provocate dalla struttura.

### UNITA' GEOTECNICHE

I **valori caratteristici Fk** suggeriti per i parametri geotecnici del terreno, quali stima ragionata e cautelativa dei parametri medi misurati Fm (\*), possono essere assunti come:

Unità geotecnica	Profondità strato dal p.c. (m)	Litologia prevalente	C Coesione (kPa)	Φ Angolo di resistenza a al taglio (gradi)	Y <sub>n</sub> peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	Y peso di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )
U.G. 1	7.50 ÷ 14.50	Limi sabbiosi con ghiaia e ciottoli addensati con a luoghi livelli estremamente cedevoli	1 ÷ 2	20 ÷ 25	18 ÷ 18.5	20.5 ÷ 21
U.G. 2	23.00 ÷ 26.00	Limi sabbiosi argillosi con ghiaia e ciottoli addensati	2 ÷ 3	24 ÷ 27	18.5 ÷ 19	20.5 ÷ 21
U.G. 3	80.00 ÷ 105.00	Limi sabbiosi argillosi con ghiaia e ciottoli addensati. Presenti trovanti da calcareo-marnosi quarzarenitici	5 ÷ 7	27 ÷ 30	19.5 ÷ 21	21 ÷ 22



Eni S.p.A.  
Natural Resources  
Distretto Meridionale

Data  
Maggio 2024

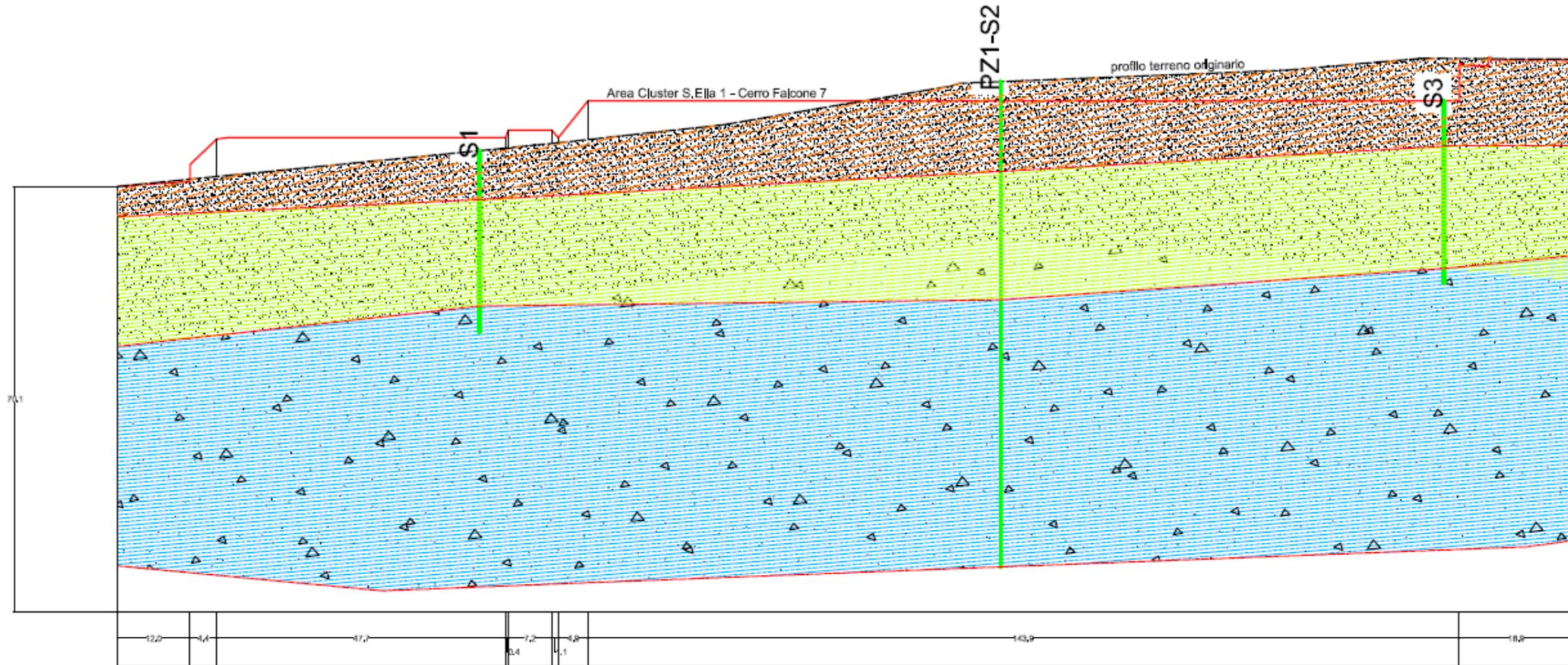
**Relazione geologica**  
doc n.  
**AMB\_ME\_06\_446**

Rev.  
00

Pagina  
70 di 83



fig. 6 sezione geotecnica



	Unità geotecnica	Profondità dal p.c.	Coesione (kPa)	Angolo di resistenza al taglio (°)	peso di volume (kNm <sup>3</sup> )	peso di volume sat. (kNm <sup>3</sup> )
	Lim. sabbiosi con ghiala e ciottoli addensati con a luoghi livelli estremamente cedevoli	7,50 // 14,50 m	1 // 2	23 // 25	18 // 18,5	20,5 // 21
	Lim. sabbiosi argillosi con ghiala e ciottoli addensati	23,00 // 26,00	2 // 3	24 // 27	18,5 // 19	20,5 // 21
	Lim. sabbiosi argillosi con ghiala e ciottoli addensati. Presenti trovanti da calcareo-marnosi quarzarenitici	80,00 // 105,00 m	5 // 7	27 / 30	19,5 // 21	21 // 22

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Doc. AMB-ME-06-446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 72 di 83</p>
---	-----------------------------	-------------------------------	--------------------	------------------------

### 13 SISMICITÀ DELL'AREA

L'Italia meridionale presenta una storia sismica tra le più difficili dell'intero territorio nazionale, sia in termini d'intensità che per frequenza dei terremoti.

L'Appennino meridionale è un settore di tutta la catena appenninica il cui assetto geologico-strutturale si presenta abbastanza complesso. Le zone sismogenetiche sono caratterizzate da un'elevata pericolosità potenziale, sia per il livello di sismicità che per l'elevata attività neotettonica. Quest'ultima si manifesta con un generale sollevamento, ancora in atto, in corrispondenza di grossi sistemi di faglie normali, con direzione NW-SE, NE-SW, E-W, NNW-SSE. Dagli ultimi studi sulle caratteristiche geostrutturali dell'area risulta che *"l'Alta Valle dell'Agri è inserita nelle principali strutture sismogenetiche dell'Appennino Meridionale"*, quindi è possibile che in un prossimo futuro possano verificarsi in essa terremoti di alta intensità.

Le zone sismogenetiche sono caratterizzate da un'elevata pericolosità sismica potenziale, per l'elevata attività neotettonica, che si manifesta con un generale sollevamento, ancora in atto, in corrispondenza dei grossi sistemi di faglie normali, con direzione NW-SE, NE-SW, E-W e NNW-SSE.

È sicuro che, in un prossimo futuro, possano verificarsi terremoti di elevata intensità; per stabilirne la forza massima è stata fatta una ricerca storica sui danni prodotti, nei maggiori centri abitati dell'area, dai terremoti che in epoca storica hanno interessato il Comune di Marsico Nuovo (l'analisi della sismicità storica è stata effettuata esaminando i dati contenuti nel database macrosismico italiano "CPTI15 DBM15" redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

I terremoti individuati come quelli più significativi per l'area intorno all'abitato di Marsico Nuovo, sono descritti nella tabella posta di seguito.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9-10	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
NF	1894	05	28	20	15		Pollino	122	7	5.01
5	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4-5	1910	10	03	11	04		Basilicata meridionale	36	5-6	4.62
5-6	1932	12	03	02	26		Marsico Vetere	14	5	4.24
3	1973	08	08	14	36	2	Appennino campano-lucano	29	5-6	4.75
5-6	1980	05	14	01	41		Alta Val d'Agri	26	5-6	4.83
4-5	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
6	1988	01	12	23	01	0	Cilento	74	6	4.52
4-5	1989	05	29	11	19	1	Appennino lucano	77	5	4.34
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3	1990	08	26	13	41	2	Potentino	26	6	4.03
3	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84		4.21
4-5	1991	05	05	17	16	5	Val d'Agri	27	5-6	4.00
5-6	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
NF	1991	06	06	06	34	3	Potentino	25	5	3.37
4-5	1995	05	29	20	44	2	Val d'Agri	103	5	4.18
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3-4	1996	06	05	01	17	4	Val d'Agri	10	4-5	3.30
3	1998	04	26	05	38	0	Potentino	67	4-5	3.76
3	2002	04	18	20	56	4	Appennino lucano	164	5	4.34
NF	2004	02	24	05	21	2	Appennino lucano	140	5	4.21
NF	2004	03	03	02	13	2	Tirreno meridionale	104	5	4.55
NF	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41
NF	2006	06	22	19	34	5	Costa calabra settentrionale	161		4.70



## Marsicovetere



PlaceID	IT_63141
Coordinate (lat, lon)	40.376, 15.824
Comune (ISTAT 2015)	Marsicovetere
Provincia	Potenza
Regione	Basilicata
Numero di eventi riportati	25

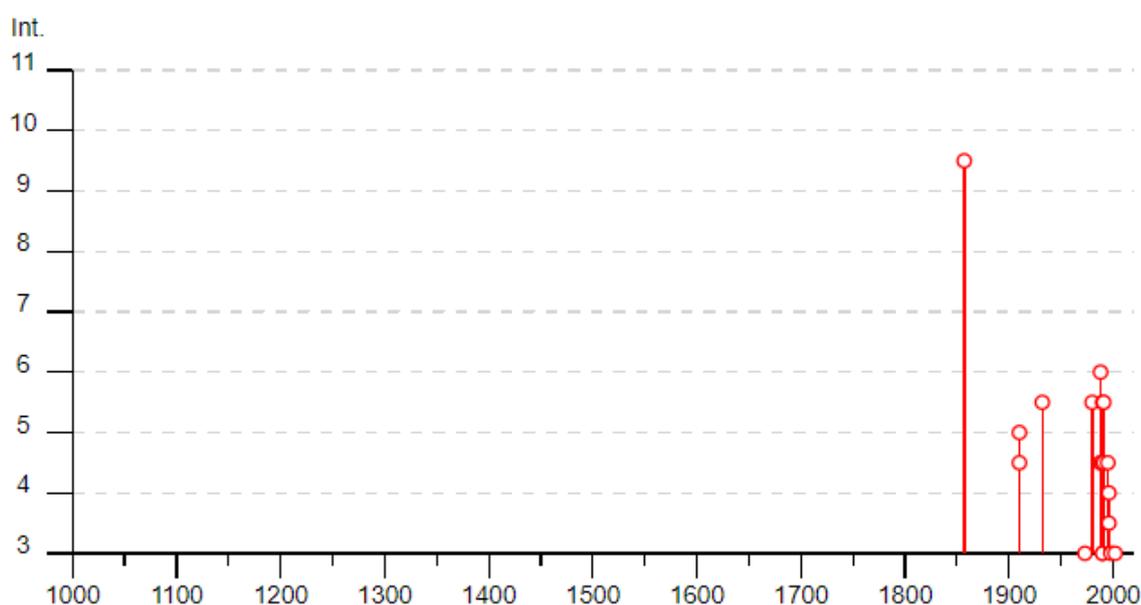


Figura 13.1: Diagramma della storia sismica di Marsicovetere

Dall'analisi delle informazioni sui terremoti storici possiamo affermare che siamo in presenza di un'area a forte rischio sismico, in cui l'intensità massima raggiunta da una scossa sismica è stata stimata intorno al XI° della scala MCS, nel 1651 nel Vallo di Diano e nell'anno 1857 a Montemurro, nella parte centrale dell'Alta Valle dell'Agri.

A conferma di questi risultati, vengono anche le ricerche effettuate dall'Istituto Nazionale di Geofisica, per la stesura di una mappa della massima intensità macrosismica risentita in Italia, che hanno incluso l'Appennino meridionale in una fascia di **6,89 di Magnitudo Massima Attesa**, come è possibile osservare nella carta posta di seguito.

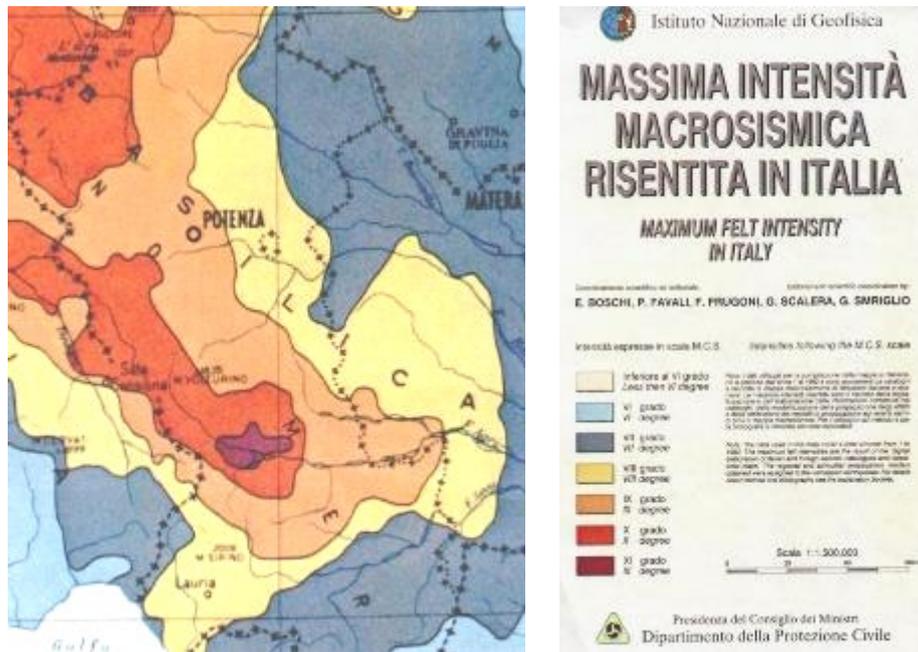


Figura 13.2: Stralcio della carta della Magnitudo massima attesa (INGV)

### 13.1 Pericolosità sismica

A seguito del sisma del 23/11/1980 il comune di Marsicovetere è stato inserito in un'area classificata sismica di II<sup>a</sup> categoria, (D.M. 07.03.1981 - G.U. S.O. n° 79 del 20/03/1981), con il Grado di Sismicità di S = 9 e con Coefficiente di Intensità Sismica di C = 0.07.

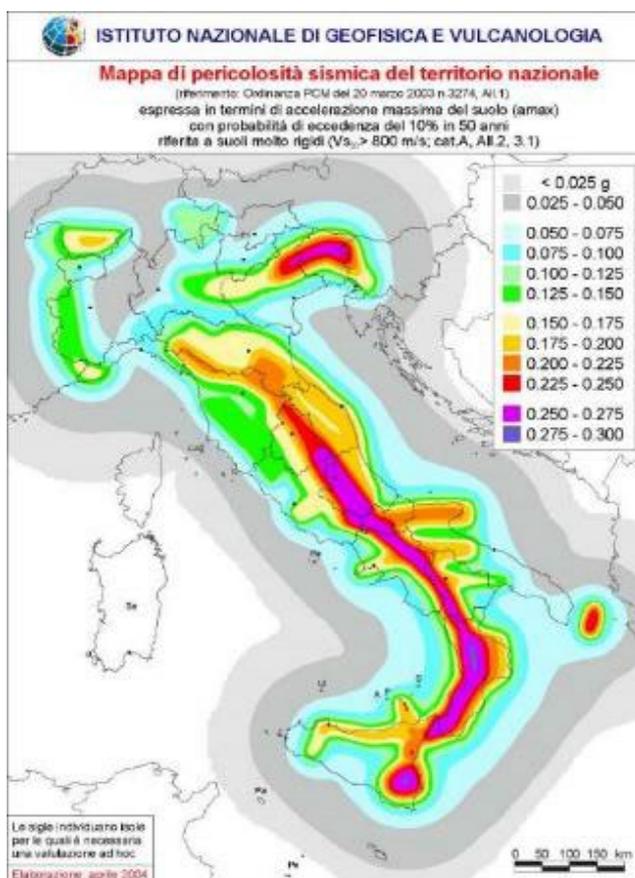
Con la pubblicazione nel Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n. 105, del 8/5/2003, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274, del 20 marzo 2003, **recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”**, sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi ed elaborazioni più recenti, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo, (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

L'Ordinanza n. 3274/2003 riporta la nuova zonizzazione sismica dove è stato stabilito il passaggio del comune di Marsico Nuovo alla zona ad alta sismicità, essa suddivide il territorio nazionale in quattro zone sismiche, alle quali sono associati valori di accelerazione orizzontale per suoli omogenei e litoidi.



### ZONA

- 1 *E' la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta.*
- 2 *In questa zona forti terremoti sono possibili.*
- 3 *In questa zona forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2.*
- 4 *È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti in terremoto è molto bassa.*



Le novità scientifiche introdotte vengono recepite e affinate grazie agli studi condotti da centri di eccellenza (Ingv, Reluis, Eucentre) ed un aggiornamento è stato adottato con l'ordinanza del consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006. Questa Ordinanza, ha dato alle Regioni uno strumento per la classificazione del loro territorio, introducendo un'accelerazione ( $a_g$ ) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, attribuendo alle quattro zone sismiche un valore.

ZONA	VALORE DI $a_g$
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

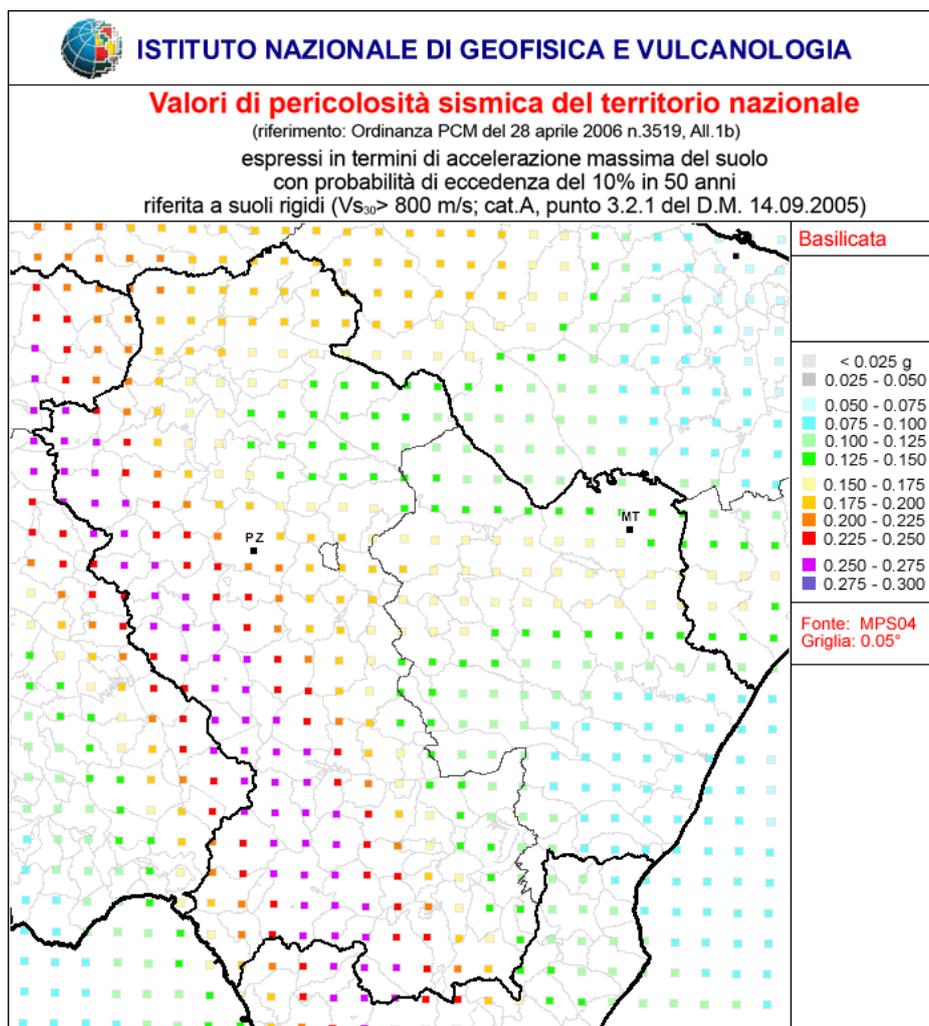


Figura 13.3: Stralcio della Mappa della pericolosità sismica

Il comune di Marsicovetere ricade in zona sismica 1 con un'accelerazione ( $ag$ ) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, variabile da 0.225 g a 0.275 g.

Le attuali **Norme tecniche (NTC)** approvate con il D. M. 14 gennaio 2008 hanno modificato il ruolo della classificazione sismica che aveva ai fini progettuali introducendo, per ogni costruzione un'accelerazione di riferimento specifica, sulla base delle coordinate geografiche di riferimento e in funzione della vita nominale dell'opera; un valore definito sulla base di una maglia quadrata di 5 km per lato.

Il 20 febbraio 2018 è stato pubblicato il <http://www.certifico.com/categorie/332-costruzioni/5669-decreto-17-gennaio-2018> che approva le nuove NTC 2018, che aggiornano le NTC 2008.

Nel decreto l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 78 di 83</p>
---	-----------------------------	--	--------------------	----------------------------

categoria **A** nelle **NTC**), pertanto, la valutazione della “pericolosità sismica di base” costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La *pericolosità sismica* in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le **NTC**; i risultati dello studio di pericolosità devono tener conto:

- dei valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri  $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e di  $T_c$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- degli spettri di risposta ai sensi delle **NTC**, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite.

Allo stato attuale la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Alla scala comunale risulta importante sottolineare che la pericolosità sismica non dipende solo dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l’epicentro e la località interessata, ma, soprattutto, dalle caratteristiche geologiche dell’area di interesse. Infatti, la geometria della struttura del sottosuolo, le variazioni dei tipi di terreni e delle sue proprietà con la profondità, le discontinuità laterali, e la superficie topografica sono all’origine delle larghe amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono stati correlati alla distribuzione del danno durante i terremoti distruttivi.

L’azione esercitata localmente dagli strati più superficiali, che operano sia da filtro che d’amplificatore, costituisce quello che va sotto il nome di effetto di Sito. Riconoscere in dettaglio le aree caratterizzate in media da uguale Risposta di Sito, dovuta alle caratteristiche geologiche o alla topografia, è diventata una richiesta fondamentale negli studi geofisici relativi alla pianificazione e alle costruzioni.

L’azione sismica viene così variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo, effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie.

Tali modifiche caratterizzano la *risposta sismica locale* (R.S.L.).

## 13.2 Risposta sismica locale

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto si fa riferimento alle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ed in particolare alla “Vseq”, velocità media di propagazione delle onde di taglio entro lo strato sofficie.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 79 di 83</p>
---	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

In base delle “**Norme Tecniche per le Costruzioni**” di cui al **D.M. 17 gennaio 2018** per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento ricavate dalla seguente relazione:

$$V_{seq} = H / \sum (h_i / V_i)$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  sono rispettivamente lo spessore e la velocità dello strato  $i_{esimo}$  degli  $N$  strati che formano i primi  $H$  metri di sottosuolo. La velocità equivalente è calcolata in modo perfettamente analogo alla  $V_{s30}$  prevista dalle NTC 2008, ma invece di estendere la media pesata fino ai rigorosi 30 m di profondità, adesso viene portata fino ad una profondità  $H$  (che può essere pari a 30 m, ma anche ad un valore minore). A decretare il valore di questa profondità  $H$  è il raggiungimento del “substrato”, caratterizzato da velocità superiori agli 800 m/s. Nel nostro caso in assenza di substrato sismico nei primi 30 m, la profondità di calcolo è  $H=30$  m.

La R.S.L. deve essere intesa come la modifica delle caratteristiche che il moto sismico subisce nel passaggio dagli strati rigidi profondi (bedrock) ai terreni più superficiali, in relazione alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche di questi ultimi, all’influenza della falda acquifera e alla presenza di peculiari situazioni morfologiche e geomorfologiche. La r.s.l. dipenderà dai seguenti fattori:

- eterogeneità dei terreni, sia in senso orizzontale sia verticale;
- irregolarità morfologiche superficiali e sepolte;
- comportamento non lineare e dissipativo dei terreni.

Per giungere alla determinazione della risposta sismica locale le aree interessate dal progetto, sono state sottoposte a specifiche indagini di dettaglio finalizzate alla definizione di tutte le proprietà che la caratterizzano.

## 14 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Per determinare la risposta sismica locale, le aree interessate da progetto sono state sottoposte a specifiche indagini di dettaglio finalizzate alla definizione di tutte le proprietà che la caratterizzano.

Tali indagini dovranno riguardare i seguenti aspetti:

- Morfologia di dettaglio.
- Stratigrafia delle formazioni superficiali, con dettagliata definizione dell’andamento dei contatti tra di esse.
- Profili di velocità delle onde sismiche trasversali e longitudinali dentro le formazioni superficiali.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. AMB_ME_06_446</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 80 di 83</p>
---	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

- Caratteristiche meccaniche dei terreni delle formazioni superficiali, con particolare riferimento al loro comportamento sotto l'azione di carichi ciclici e dinamici.

#### 14.1 Definizione della categoria di suolo di fondazione -NTC/2018 – metodo semplificato

La normativa sismica prevista dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", definisce cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate in base ai valori della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri del sottosuolo. Dati rinvenuti da indagini sismiche eseguite nei pressi del sito, in omogenee condizioni geologiche ci consentono di identificare la categoria di suolo come indicato nella tabella seguente.

- *Categorie di sottosuolo* –

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Per le condizioni topografiche del sito si è adottata la classificazione introdotta dalle NTC -18

 Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	Relazione geologica doc n. <b>AMB_ME_06_446</b>	Rev. 00	Pagina 81 di 83
--	---------------------	---	------------	--------------------

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1		1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Il profilo di velocità delle onde S ricavato dall'indagine MASW ed ESAC fornisce il seguente valori di  $V_{Seq}$ .

INDAGINE	$V_{s,eq}$
Masw 1	$V_{s,30} = 395$
Masw 2	$V_{s,30} = 392$
ESAC 01	$V_{s,30} = 405$

Sulla base di indagini sismiche nell'area e secondo le direttive delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, i dati consultati associano il sito indagato alla categoria prevalente di suolo di fondazione: **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.**

## 14.2 Amplificazione topografica dell'area di progetto

Per tener conto delle condizioni topografiche dell'area, area sub pianeggiante, abbiamo che i valori del coefficiente topografico  $S_T$ , funzione delle categorie topografiche è quantificabile in  $S_T = 1$ .

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>Relazione geologica doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 82 di 83</p>
---	-----------------------------	--	--------------------	----------------------------

## 15 CONCLUSIONI

L'area oggetto dell'intervento è ubicata a quote comprese tra 850 e 880 metri circa slm, nella porzione mediana di un versante in un'area a poca pendenza ed è caratterizzata da un esteso deposito detritico di versante.

Si tratta di un deposito detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, accumulato per gravità alla base dei versanti più o meno acclivi o legato a processi di alterazione esogena, disposto lungo rotture di pendio. Il deposito raggiunge anche 100 m di spessore nella nostra area.

L'analisi geomorfologica effettuata di cui si riportano i dettagli nella relazione geomorfologica (AMB\_ME\_06\_449) è consistita nel cartografare tutti gli elementi geomorfologici presenti nell'area oggetto di studio, attraverso un'analisi storica delle foto aeree dal 1951 al 2023 con il riconoscimento di caratteri geomorfologici dell'area, molti non più riconoscibili dalla morfologia attuale sia per i fenomeni di stabilizzazione soprattutto dovuti alla diffusa copertura arborea delle aree a maggiore pendenza, che a causa delle modifiche avvenute negli anni per azione dell'uomo o da particolari eventi meteorologici.

Attualmente non si riscontrano fenomeni franosi in atto, le condizioni geomorfologiche non sono ostative alla realizzazione dell'area Cluster.

Sulla base delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio geotecnico, è stata effettuata la caratterizzazione stratigrafica, che ha evidenziato un esteso deposito di copertura di spessore compreso tra 80 e 105 metri circa, al di sopra del substrato roccioso pre-quadernario. La caratterizzazione presenta la situazione stratigrafica e di indirizzo geotecnico seguente:

Unità geotecnica	Profondità strato dal p.c. (m)	Litologia prevalente	C Coesione (kPa)	$\Phi$ Angolo di resistenza al taglio (gradi)	$\gamma_n$ peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ peso di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )
U.G. 1	7.50 ÷ 14.50	Limi sabbiosi con ghiaia e ciottoli addensati con a luoghi livelli estremamente cedevoli	1 ÷ 2	20÷25	18÷ 18.5	20.5 ÷21
U.G. 2	23.00÷26.00 m	Limi sabbiosi argillosi con ghiaia e ciottoli addensati	2 ÷ 3	24÷ 27	18.5 ÷ 19	20.5÷21
U.G. 3	80.00÷105.00 m	Limi sabbiosi argillosi con ghiaia e ciottoli addensati. Presenti trovanti da calcareo-marnosi quarzarenitici	5 ÷7	27 ÷ 30	19.5 ÷ 21	21 ÷ 22

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p><b>Relazione geologica</b> doc n. <b>AMB_ME_06_446</b></p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Pagina 83 di 83</p>
---	-----------------------------	---	--------------------	----------------------------

L'azione sismica di progetto determinata con il metodo semplificato secondo le NTC 2018, associano il sito indagato alla categoria prevalente di suolo di fondazione: **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.**

Per tener conto delle condizioni topografiche dell'area, area pianeggiante, abbiamo che i valori del coefficiente topografico  $S_T$ , funzione delle categorie topografiche è quantificabile in  $S_T = 1$ .

Da quanto emerso dai rilievi e dalle indagini geognostiche, quanto in progetto è perfettamente fattibile da un punto di vista geologico.