

|  |  |   |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
|--|--|---|----------------|---|---------------------------------|---|--|---|---|---|
| <br><b>ENGINEERING AND CONSTRUCTION</b> |  | <b>Relazione Geotecnica</b>   |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
|  |  | Document / Documento<br><b>PBMOG20031</b>                                       |                |   |                                 | Sheet<br>Pagina <b>1</b> of<br>di <b>27</b>             |  |   |   |   |
| PROJECT<br>Progetto  |  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>                             |                |   |                                 |   |  | Security Index<br>Indice Sicurezza  |   |   |
|  |  |   |                |   |                                 |   |  | <b>Riservato<br/>Aziendale</b>  |   |   |
| TITLE<br>Titolo  |  | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE<br/>GRUPPI "E", "F", "G" E "H"</b> |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
| CLIENT<br>Cliente  |  | <b>ENEL PRODUZIONE S.p.A</b>  |                |   |                                 |   |  |  |   |   |
| JOB no. .... Document no. ....   |  |   |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
| CLIENT SUBMITTAL<br>Inoltro al Cliente   |  | <input type="checkbox"/> FOR APPROVAL<br>Per Approvazione                       |                | <input checked="" type="checkbox"/> FOR INFORMATION<br>ONLY<br>Per Informazione     |                                 | <input type="checkbox"/> NOT REQUESTED<br>Non Richiesto |  |   |   |   |
| SYSTEM<br>Sistema ...  |  | DOCUMENT TYPE<br>Tipo Documento <b>TL</b>                                       |                | DISCIPLINE<br>Disciplina <b>C</b>   |                                 | FILE<br>File <b>PBMOG2003102.docx</b>                   |  |   |   |   |
| REV  |  | DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni                          |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
| 00   |  | Prima emissione   |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
| 01   |  | Modifica sezione stratigrafica  |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
| 02   |  | Aggiornamento area d'intervento   |                |   |                                 |   |  |   |   |   |
| 02   |  | 24.06.21  | FC             |  |                                 |   |  |   |  |  |
| REV  |  | Date<br>Data  | Scope<br>Scopo | Prepared by<br>Preparato  | Co-operations<br>Collaborazioni |   |  | Approved by<br>Approvato  | Issued by<br>Emesso   |   |

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b> |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02    24.06.21                                  |
|   |  | Sheet<br><i>Pagina</i> <b>2</b> of<br><i>di</i> 27   |

## INDICE

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | PREMESSA .....  | 3  |
| 2.  | NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....                      | 3  |
| 3.  | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....                                  | 4  |
| 4.  | CENNI MORFOLOGICI E GEOLOGICI .....                             | 5  |
| 5.  | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI .....  | 7  |
| 5.1 | Indagini geotecniche.....                                       | 7  |
| 5.2 | Interpretazione prove penetrometriche dinamiche (SPT) .....     | 9  |
| 5.3 | Risultati prove geotecniche di laboratorio .....                | 12 |
| 5.4 | Definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici ..... | 12 |
| 5.5 | Livello della falda .....                                       | 15 |
| 6.  | MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO .....                            | 16 |
| 7.  | CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI .....                     | 17 |
| 7.1 | Definizione dell'input sismico .....                            | 17 |
| 8.  | CONCLUSIONI .....   | 18 |
|     | APPENDICE A – RISULTATI PROVE DI LABORATORIO 2020 .....         | 19 |
|     | APPENDICE B – STRATIGRAFIE SONDAGGI DEL 2020 .....              | 21 |
|     | APPENDICE C – STRATIGRAFIA DI CALCOLO DOC. ISMES 1992 .....     | 25 |
|     | APPENDICE D – SEZIONi STRATIGRAFICHe DEL SITO .....             | 26 |

|   |  |  |          |
|---|--|--|----------|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b> |          |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02  | 24.06.21 |
|   |  | Sheet<br><i>Pagina</i>                               | <b>3</b> |

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica di caratterizzazione relativa alla sostituzione degli esistenti gruppi turbogas "E", "F", "G" e "H" all'interno della Centrale Termoelettrica ENEL "A. Volta" situata nel comune di Montalto di Castro (VT).

All'interno del documento sono riportate le valutazioni e le analisi finalizzate:

- alla ricostruzione stratigrafica ed alla caratterizzazione geotecnica di dettaglio dei terreni dell'area interessata dalle nuove opere;
- alla definizione del profilo geotecnico di progetto;

così come disposto nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18 del 17/01/2018, Supplemento ordinario n. n° 42 G.U. del 20.02.2018) e le relative istruzioni applicative (Circolare Ministero Infrastrutture n. 7 del 21/01/2019, Supplemento ordinario n. 35 della G.U. del 11/02/2019).

I dati di riferimento utilizzati per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica sono stati ricavati sia dalle indagini geognostiche appositamente effettuate per lo scopo, tra il 2020 e il 2021, sia dagli studi pregressi e dalle relative campagne d'indagine che si sono susseguite a partire dal 1975.

## 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», DECRETO 17 gennaio 2018. Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 42 del 20 febbraio 2018 - MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI.
- [2] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [3] No 75-174 del 1975 – Report determination of in situ shear and compression wave velocities in the site subsoils proposed Montalto nuclear power plant, Montalto di Castro, Italy - D'Appollonia.
- [4] RTF-DTA-0936 rev. 2 del 1991 - Montalto di Castro, Nuova Centrale Policombustibile – Relazione Geotecnica finale - ISMES.
- [5] RTF-DTA-0123 del 1992 - Montalto di Castro, Nuova Centrale Policombustibile – Caratterizzazione geotecnica a terra. Indagini integrative – prove geotecniche di laboratorio - ISMES.
- [6] RTF-DTA-0121 del 1992 - Montalto di Castro, Nuova Centrale Policombustibile – Pozzi di alloggiamento serbatoi – profili geotecnici di progetto - ISMES.
- [7] ENEL, 2021 - Doc. PBMOG2003000 – C.le di Montalto di Castro - Capacity Market Italy – Rapporto indagini geotecniche di sito e prove di laboratorio – Socotec.
- [8] ENEL, 2021 - Doc. PBMOG2001500 – C.le di Montalto di Castro - Capacity Market Italy – Relazione Geologica e di Modellazione Sismica – CONSULET.
- [9] ENEL, 2021 - Doc. PBMOG2001600 – C.le di Montalto di Castro - Capacity Market Italy – Planimetria delle indagini – CONSULET.
- [10] ENEL, 2021 - Doc. PBMOG2001700 – C.le di Montalto di Castro - Capacity Market Italy – Sezione stratigrafica A-A – CONSULET.

*Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.*

*This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.*

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b>                     |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02    24.06.21<br>Sheet      4    of    27<br><i>Pagina      di</i> |

[11] ENEL, 2021 - Doc. PBMOG2001800 – C.le di Montalto di Castro - Capacity Market Italy – Sezione stratigrafica B-B – CONSULET.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L’impianto sede dell’intervento in progetto è ubicato in Località Pian dei Gangani e dista circa 6 km dai centri Montalto di Castro e Montalto Marina (Fig. 1) e circa 47 km da quello del capoluogo di provincia, Viterbo.

L’accesso al sito avviene tramite una strada di circa 2 km di lunghezza che collega l’impianto stesso alla Strada Statale n°1 “Aurelia”.

Dal punto di vista dell’inquadramento geografico l’area d’interesse è compresa nelle C.T.R. 1:5.000 elementi numero 353032 “Sant’Agostino” e 353033 “Centrale di Montalto”. Nello stralcio della C.T.R. 1:5.000, riportato in Fig. 2, è indicata l’ubicazione dell’area di intervento all’interno del perimetro della centrale.

La posizione delle opere in oggetto può essere individuata dalle coordinate WGS84: Lat 42.3585 - Lng 11.5335.

La quota topografica del piano campagna dell’area di interesse è alla +7.80 IGM s.l.m.m.



Fig. 1 – Localizzazione della centrale (Fonte Google Maps).



|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b>                |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02    24.06.21<br>Sheet      5    of<br><i>Pagina</i> di    27 |

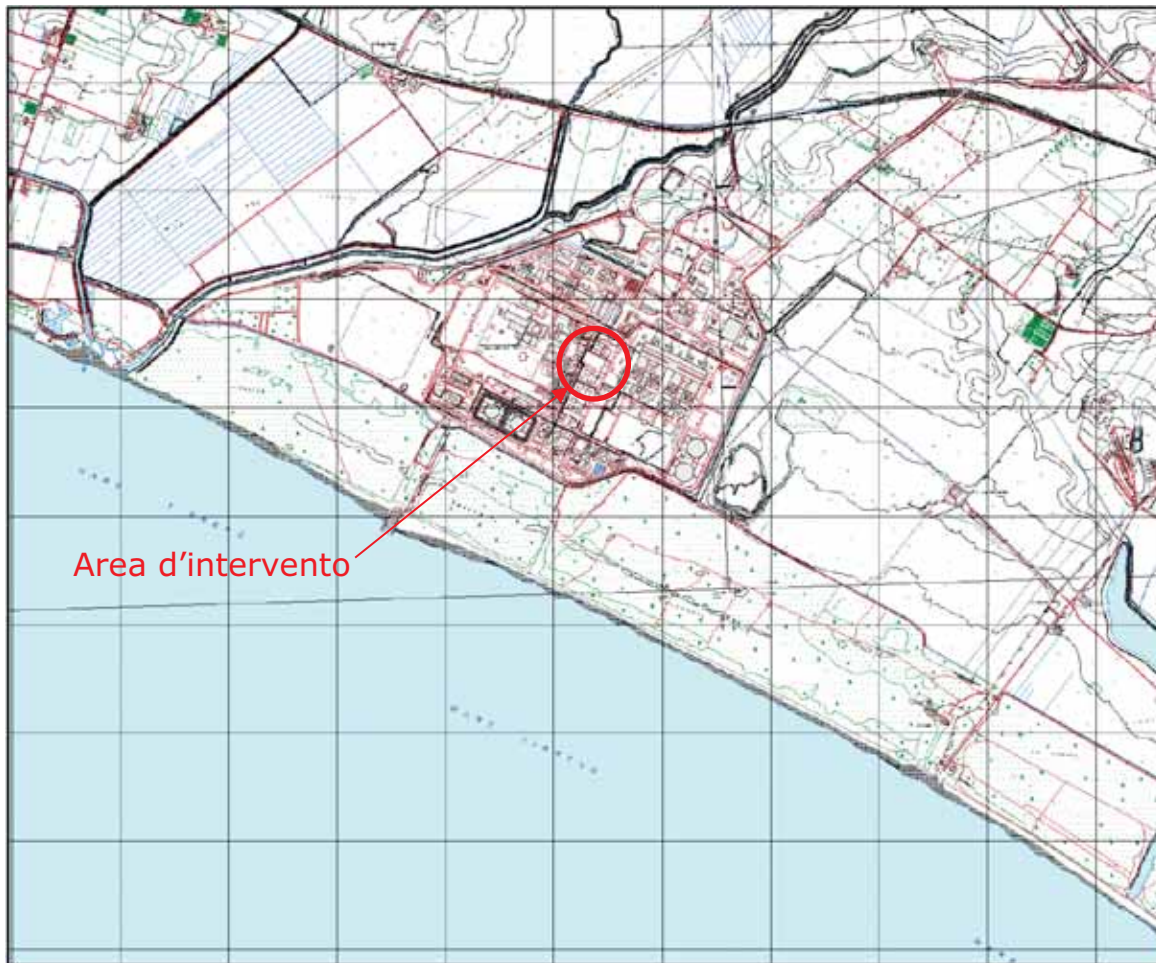


Fig. 2 – Stralcio cartografico 1:5.000 con ubicazione dell'area d'intervento.

#### 4. CENNI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

La morfologia dell'area è essenzialmente pianeggiante, trovandosi a poca distanza dalla costa tirrenica (a circa 1.5 km dal mare). Il piano campagna della centrale si trova quote comprese tra la +3 e la +15 IGM; la quota dell'area di intervento è a circa +8 s.l.m.m.

Il sito d'interesse è caratterizzato dalla presenza di depositi quaternari che evidenziano un passaggio graduale da un ambiente deposizionale marino a un ambiente intermedio salmastro, per finire con depositi tipici di ambiente continentale. Aspetto particolare di questa successione, è che porta le tracce di un contemporaneo aumento relativo del materiale vulcanico, che in alcune occasioni si trova in quantità prevalente.

La causa della genesi di questi depositi è da ricercare nella strutturazione relativamente recente di questa zona ai piedi dell'Appennino: sono infatti le forze distensive più recenti, successive a quelle compressive che hanno costruito l'edificio appenninico, ad aver generato le depressioni strutturali entro cui si è assistito alla deposizione di questa successione marina/salmastra/continentale, nonché, grazie alla riduzione dello spessore crostale, ad aver dato l'impulso all'attività magmatica responsabile del progressivo aumento della componente vulcanica all'interno di tale successione. Il sito in esame ricade proprio entro una di queste

|   |  |  |          |
|---|--|--|----------|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b> |          |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02  | 24.06.21 |
|   |  | Sheet<br>Pagina                                      | <b>6</b> |

depressioni, quella di Montalto-Tarquinia, che si trova circondata dagli alti strutturali dei rilievi dell'Argentario-M. Bellino, a nord, e dei monti della Tolfa a sud.

Sulla base delle indagini pregresse e delle recenti indagini geotecniche, nell'area di interesse si individuano le seguenti litologie:

**RIPORTO:** Materiale di riporto eterogeneo, costituito da pietrisco calcareo, ghiaia, asfalto, calcestruzzo frantumato e terreno vegetale. Questo materiale è stato rinvenuto quasi ovunque, con spessori variabili tra 0.3 e 2.0 m; nell'area di intervento è stimato in circa 1 m.

**UNITA' A:** Formazione sabbioso limosa, caratterizzata da notevole variabilità ed eterogeneità stratigrafica. È prevalentemente costituita da sabbia, da limosa a grossolana, e limo sabbioso, con presenza locale di livelletti cementati. All'interno di questa formazione sono presenti, a quote e con spessori variabili, i seguenti sottolivelli:

A1-A3-A4-A6: Argilla, argilla debolmente limosa e limo argilloso,

A2-A5: Sabbia da media a grossolana con ghiaia.

Si estende sino a circa 35 m dal piano campagna.

**UNITA' B:** Formazione argilloso-limosa, caratterizzata da uniformità stratigrafica. Argilla plastica, localmente limosa; generalmente compatta. Talora contenente resti carboniosi, conchiglie e inclusi lapidei; rari gli orizzonti sabbiosi (centimetrici). L'unità ha uno spessore di circa 30 m.

**LIVELLO 3:** Per l'identificazione dei sedimenti più profondi, non direttamente investigati nell'area di interesse, si è fatto riferimento ai sondaggi eseguiti nella zona dei serbatoi GNL, dove i sondaggi LST4 e LST28 hanno permesso di individuare un'alternanza di formazioni sabbiose e argillose. Nello specifico si sono riscontrati:

- Dalla base dell'unità B e con uno spessore di circa 10 m, materiali essenzialmente sabbiosi (L3\_1);

- Argille limose compatte, con intercalazioni sabbiose per uno spessore di almeno 15÷20 m (L3\_2);

- Sabbie ghiaiose cementate passanti ad argille limose a consistenza talora litoide (L3\_3).

I livelli sopra descritti, dal punto di vista geologico, possono a grandi linee essere correlati con una successione che dal presente va a ritroso nel tempo fino al Pliocene; al di sotto di questi sedimenti si hanno invece i depositi ascrivibili alla formazione Gessoso-solfifera, di età Miocenica (Messiniano).

Il substrato roccioso è stato rinvenuto a quote variabili, da 80 a 150 m di profondità; nell'area di interesse dovrebbe presumibilmente trovarsi a circa 100 m di profondità.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, si è in presenza una falda impostata entro gli strati sabbiosi superficiali. L'acqua di falda si muove in un acquifero che risulta in diretto contatto con la superficie e con il vicino mare; il movimento generale delle acque è pertanto verso la costa. La permeabilità dei terreni nell'area di interesse viene indicata, nella cartografia provinciale, come alta.

|   |  |  |          |
|---|--|--|----------|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b> |          |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02  | 24.06.21 |
|   |  | Sheet<br><i>Pagina</i>                               | <b>7</b> |

## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI

Nel presente capitolo sono descritte le indagini geotecniche effettuate che hanno permesso ricostruire il modello geotecnico e stratigrafico rappresentativo dei terreni dell'area di interesse.

### 5.1 Indagini geotecniche

Nell'area di centrale durante le attività pregresse di progettazione e realizzazione delle varie opere sono state effettuate diversi studi e campagne di indagini geotecniche che si sono susseguite dal 1975 al 1992; l'elenco degli studi e dei report presi in esame è riportato nel precedente capitolo 2.

Lo stato di conoscenze relativo all'ampio set bibliografico delle indagini storiche è stato verificato ed integrato con una specifica campagna integrativa di indagini geotecniche e geofisiche effettuata nell'area dell'intervento nel 2020 [7].

Nella campagna geognostica del 2020 sono state effettuate le seguenti indagini di sito:

- N.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino a -40m dal p.c. con contestuale esecuzione di prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati sui quali sono state effettuate prove geotecniche di laboratorio;
- N.1 prova geofisica in foro del tipo Cross-Hole realizzata tra il foro di sondaggio CH100 e un'apposita perforazione realizzata a distanza in affiancamento a quella del sondaggio;
- N.2 stendimenti geofisici indiretti tipo MASW;
- N.3 prove geofisiche HVSR associati a ciascuna delle tre indagini geofisiche effettuate.

L'ubicazione delle recenti indagini geognostiche e le indagini pregresse utilizzate nel presente studio sono riportate nella planimetria della successiva Fig. 3.

Le stratigrafie dei sondaggi effettuati nel 2020 e la sezione stratigrafica, ricostruita sulla base dei nuovi e dei vecchi sondaggi, sono riportate nelle Appendici B e C. I risultati delle prove geofisiche effettuate sono raccolti nella successiva Fig. 8.

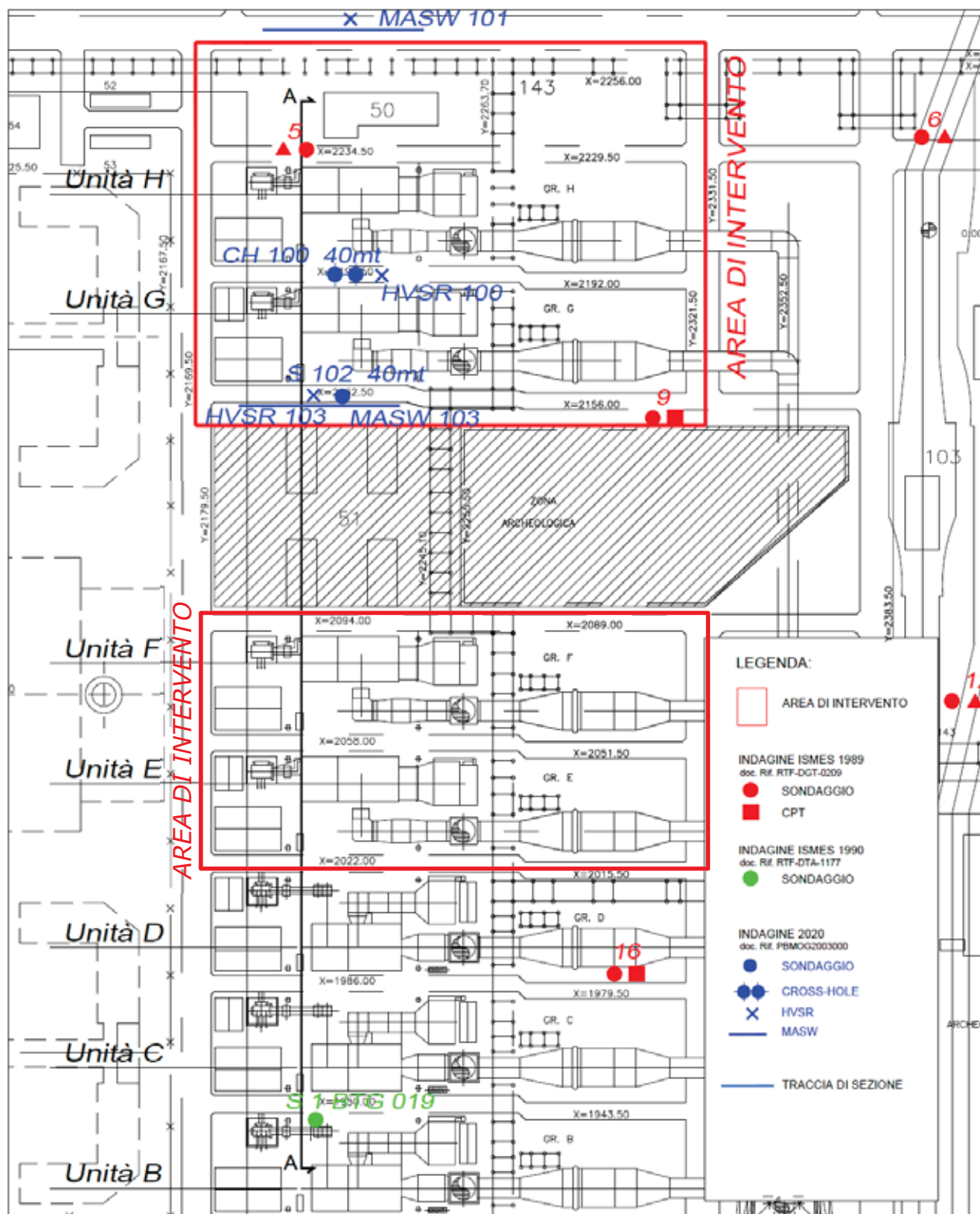


Fig. 3 – Ubicazione delle indagini utilizzate nello studio.



|   |  |   |          |
|---|--|---|----------|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br>Documento n.<br><b>PBMOG20031</b> |          |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02                                       | 24.06.21 |
|   |  | Sheet<br>Pagina                               | <b>9</b> |

## 5.2 Interpretazione prove penetrometriche dinamiche (SPT)

Per la caratterizzazione della formazione incoerente superficiale, considerate le difficoltà di poter prelevare dei campioni indisturbati, si è fatto prevalentemente riferimento ai risultati delle prove penetrometriche dinamiche standard SPT. L'interpretazione dei risultati di queste prove ha consentito di individuare sia lo stato di addensamento che le caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità.

Di seguito sono riportate le diverse correlazioni empiriche utilizzate per lo scopo:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| $N_{SPT}$                     | valore dalla prova misurato direttamente in sito  |
| $N_{60} = ER/60 N_{SPT}$      | valore normalizzato della prova ad un sistema di battitura con efficienza del 60% del valore teorico dell'energia       |
| ER (%)                        | valore di efficienza (il valore di ER associato al sistema <i>Donut</i> , generalmente usato in Italia è pari a 65)     |
| $(N_1)_{60} = C_R C_N N_{60}$ | valore normalizzato della resistenza (funzione della lunghezza delle aste e della profondità di esecuzione della prova) |
| $C_R$                         | coefficiente correttivo legato alla lunghezza delle aste dove $L = 1,5 + Z$ (m) (Fig. 4)                                |
| $C_N$                         | coefficiente correttivo legato alla profondità di esecuzione della prova (Fig. 5)                                       |

|            |         |       |      |
|------------|---------|-------|------|
| Rod length | <3 m    | $C_R$ | 0.75 |
| Rod length | 3-4 m   | $C_R$ | 0.8  |
| Rod length | 4-6 m   | $C_R$ | 0.85 |
| Rod length | 6-10 m  | $C_R$ | 0.95 |
| Rod length | 10-30 m | $C_R$ | 1.0  |

Fig. 4 – Fattore correttivo legato alla lunghezza delle aste.

Per la definizione delle caratteristiche di addensamento e meccaniche si è fatto riferimento alle seguenti correlazioni empiriche:

- Densità relativa:  $D_R = [(N_1)_{60} / A]^{0,5}$  (1) *Skempton, 1986*  
(A variabile tra 55-65 da sabbie fini a sabbie grosse)
- Angolo di attrito:  $\phi' = a + b D_R$  (2) *Schmertmann, 1978*  
(il valore dei parametri a e b funzione della natura dei terreni riportato in Tab. I)
- Modulo di Young:  $E' = a N_{60}$  (MPa) (3) *Stroud, 1988*  
(a: parametro funzione della resistenza  $N_{60}$  e del rapporto  $q_{net}/q_{ult}$  – Fig. 6)
- Modulo di taglio massimo:  $G_0 = 15,56 (N_{60})^{0,68}$  (MPa) (4) *FHWA\*, 2002*  
\*U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration

Valori tipici del rapporto tra il modulo di Young  $E'$  e la resistenza  $N_{60}$  delle prove penetrometriche SPT sono riportati nella successiva Tab. II (Clayton, 1993).

I risultati delle prove SPT effettuate all'interno delle formazioni granulari rinvenute e i relativi valori corretti di  $(N_1)_{60}$ , ricavati sulla base delle formulazioni precedenti, sono riportati nella successiva Tab. III.

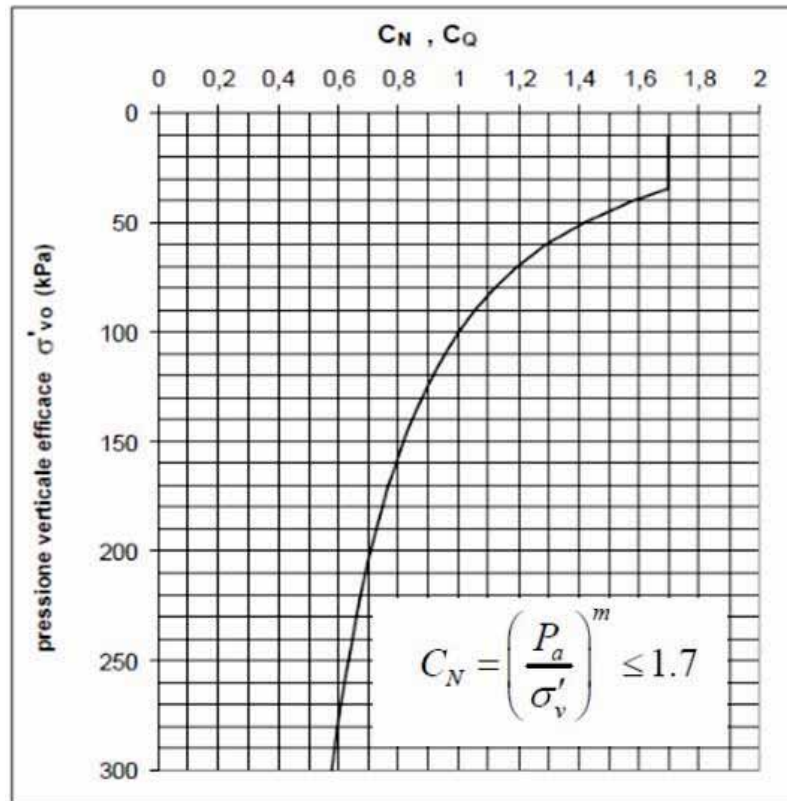


Fig. 5 – Fattore correttivo legato alla profondità di esecuzione della prova.

Tab. I – Parametri relazione di Schmertmann

| Litotipo | Granulometria                                      | a    | b     |
|----------|--|------|-------|
| 1        | Sabbia fine uniforme                               | 28   | 0,14  |
| 2        | Sabbia media uniforme<br>Sabbie fini ben gradate   | 31,5 | 0,115 |
| 3        | Sabbia grossa uniforme<br>Sabbia media ben gradata | 34,5 | 0,1   |
| 4        | Ghiaietto uniforme<br>Sabbie e ghiaie poco limose  | 38   | 0,08  |

Tab. II – Elenco Valori tipici del modulo di Young legati ai risultati delle prove SPT (Clayton, 1993).

| Penetration<br>resistance $N_{60}$ | $E'/N_{60}$ (MPa)                         |             |             | <i>Residual soils</i> <sup>†</sup><br>Lower limit |
|------------------------------------|---|-------------|-------------|---|
|                                    | <i>Sedimentary soils: Clayton (1993)*</i> |             |             |   |
|                                    | Mean                                      | Lower limit | Upper limit |   |
| 4                                  | 1.6–2.4                                   | 0.4–0.6     | 3.5–5.3     | 1–2   |
| 10                                 | 2.2–3.4                                   | 0.7–1.1     | 4.6–7.0     | 2–3   |
| 30                                 | 3.7–5.6                                   | 1.5–2.2     | 6.6–10.0    | 3–4   |
| 60                                 | 4.6–7.0                                   | 2.3–3.5     | 8.9–13.5    | 6–7   |

Notes

\*Data from Burland and Burbidge (1985).

†Author's experience.

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

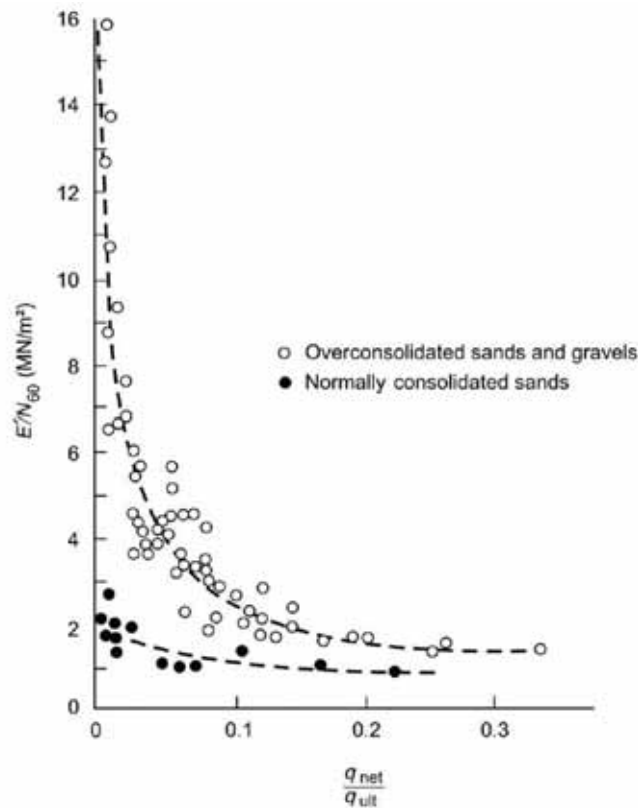


Fig. 6 – Relazione tra rigidità, resistenza alla penetrazione e grado di carico  $q_{net}/q_{ult}$  (Stroud, 1988).

Tab. III – Risultati prove penetrometriche  $N_{SPT}$  e valori corretti di  $(N_1)_{60}$ .

| Sond. | Prova | Litotipo | Prof.<br>(m) | $N_{SPT}$<br>(n°) | Falda<br>(m) | $\gamma$<br>(KN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_{v0}$<br>(Kpa) | $N_{60}$ | $C_R$ | $C_N$ | $(N_1)_{60}$ | Dr  |
|-------|-------|----------|--------------|-------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------|----------|-------|-------|--------------|-----|
|       |       |          |              |                   |              |                                  |                         |          |       |       |              | (%) |
| CH100 | 1     | Strato A | 2,0          | 8                 | 8,0          | 17,5                             | 35,0                    | 8,0      | 0,80  | 1,69  | 10,8         | 42  |
| CH100 | 2     | Strato A | 4,0          | 43                | 8,0          | 17,5                             | 70,0                    | 43,0     | 0,85  | 1,20  | 43,7         | 85  |
| CH100 | 3     | Strato A | 6,0          | 12                | 8,0          | 17,5                             | 105,0                   | 12,0     | 0,95  | 0,98  | 11,1         | 43  |
| CH100 | 4     | Strato A | 8,0          | 16                | 8,0          | 17,5                             | 140,0                   | 16,0     | 0,95  | 0,85  | 12,8         | 46  |
| CH100 | 5     | Strato A | 10,0         | 40                | 8,0          | 17,5                             | 155,0                   | 40,0     | 1,00  | 0,80  | 32,1         | 73  |
| CH100 | 6     | Strato A | 12,0         | R                 | 8,0          | 17,5                             | 170,0                   | 100,0    | 1,00  | 0,77  | --           | --  |
| CH100 | 7     | Strato A | 18,0         | 60                | 8,0          | 17,5                             | 215,0                   | 60,0     | 1,00  | 0,68  | 40,9         | 83  |
| CH100 | 8     | Strato A | 21,0         | 65                | 8,0          | 17,5                             | 237,5                   | 65,0     | 1,00  | 0,65  | 42,2         | 84  |
| CH100 | 9     | Strato A | 24,0         | 78                | 8,0          | 17,5                             | 260,0                   | 78,0     | 1,00  | 0,62  | 48,4         | 90  |
| CH100 | 10    | Strato A | 27,0         | 41                | 8,0          | 17,5                             | 282,5                   | 41,0     | 1,00  | 0,59  | 24,4         | 64  |
| CH100 | 11    | Strato A | 30,0         | R                 | 8,0          | 17,5                             | 305,0                   | 100,0    | 1,00  | 0,57  | --           | --  |
| S102  | 1     | Strato A | 2,0          | 26                | 8,0          | 17,5                             | 35,0                    | 26,0     | 0,80  | 1,69  | 35,2         | 77  |
| S102  | 2     | Strato A | 4,5          | R                 | 8,0          | 17,5                             | 78,8                    | 100,0    | 0,95  | 1,13  | --           | --  |
| S102  | 3     | Strato A | 6,5          | 28                | 8,0          | 17,5                             | 113,8                   | 28,0     | 0,95  | 0,94  | 24,9         | 64  |
| S102  | 4     | Strato A | 8,5          | 30                | 8,0          | 17,5                             | 143,8                   | 30,0     | 1,00  | 0,83  | 25,0         | 65  |
| S102  | 5     | Strato A | 10,5         | 59                | 8,0          | 17,5                             | 158,8                   | 59,0     | 1,00  | 0,79  | 46,8         | 88  |
| S102  | 6     | Strato A | 12,5         | 65                | 8,0          | 17,5                             | 173,8                   | 65,0     | 1,00  | 0,76  | 49,3         | 91  |
| S102  | 7     | Strato A | 15,5         | 20                | 8,0          | 17,5                             | 196,3                   | 20,0     | 1,00  | 0,71  | 14,3         | 49  |
| S102  | 8     | Strato A | 18,5         | 30                | 8,0          | 17,5                             | 218,8                   | 30,0     | 1,00  | 0,68  | 20,3         | 58  |
| S102  | 9     | Strato A | 21,5         | 30                | 8,0          | 17,5                             | 241,3                   | 30,0     | 1,00  | 0,64  | 19,3         | 57  |
| S102  | 10    | Strato A | 24,5         | 37                | 8,0          | 17,5                             | 263,8                   | 37,0     | 1,00  | 0,62  | 22,8         | 62  |
| S102  | 11    | Strato A | 27,5         | 48                | 8,0          | 17,5                             | 286,3                   | 48,0     | 1,00  | 0,59  | 28,4         | 69  |
| S102  | 12    | Strato A | 30,5         | 50                | 8,0          | 17,5                             | 308,8                   | 50,0     | 1,00  | 0,57  | 28,5         | 69  |

|   |  |   |           |
|---|--|---|-----------|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br>Documento n.<br><b>PBMOG20031</b> |           |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02                                       | 24.06.21  |
|   |  | Sheet<br>Pagina                               | <b>12</b> |

### 5.3 Risultati prove geotecniche di laboratorio

L'elenco delle prove geotecniche effettuate sui campioni rimaneggiati ed indisturbati e i relativi risultati sono contenuti nelle tabelle riassuntive riportate nell'Appendice A. I certificati delle prove di laboratorio sono contenuti nel Rapporto delle indagini geotecniche di sito e prove di laboratorio [7].

### 5.4 Definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici

La sezione stratigrafica dell'area, riportata nell'Appendice D, è stata ricostruita sulla base degli elementi di conoscenza acquisiti nel corso delle recenti indagini geotecniche di sito [7], sulla base del profilo stratigrafico dell'area ripreso dalla relazione [4] e riportato nell'Appendice C e sulla base dell'interpretazione della nuove e delle vecchie indagini ripresa dalla Relazione Geologica [8].

Per la definizione dei parametri geotecnici delle varie formazioni e la ricostruzione del modello geotecnico di calcolo del terreno di fondazione si è fatto riferimento ai risultati delle prove geotecniche di sito (SPT), interpretate sulla base delle relazioni riportate ai precedenti punti 5.2, ai risultati delle prove geotecniche di laboratorio [7] e alle informazioni desunte dagli studi pregressi [3] e [4].

All'interno del volume significativo del sottosuolo dell'area di interesse, a partire da piano campagna, è stata individuata la seguente successione stratigrafica:

**Riporti:** Materiale di riporto eterogeneo, costituito da pietrisco calcareo, ghiaia, asfalto, calcestruzzo frantumato e terreno vegetale. Il materiale è presente in tutta l'area di interesse, nell'intorno delle fondazioni esistenti, con spessori compresi tra 0,5 a 1,6 m.

**Unità A:** formazione sabbiosa caratterizzata da notevole variabilità ed eterogeneità stratigrafica. È prevalentemente costituita da sabbia, da limosa a grossolana. All'interno di questa formazione sono presenti, a quote e con spessori variabili, dei sottolivelli più coesivi limoso-argillosi di esiguo spessore. Lo strato, presente su tutta l'area di interesse, si estende fino alla profondità di circa 33 ÷ 35 m dal piano campagna.

Il peso di volume medio stimato è  $\gamma = 17,5 \text{ kN/m}^3$ . La resistenza alla punta del penetrometro dinamico SPT è generalmente caratterizzata da valori corretti della  $(N_1)_{60}$  compresi tra 11 e 49 colpi.

La densità relativa  $D_R$ , ricavata dalla relazione (1) proposta da Skempton, (1986), che lega la  $D_R$  alla resistenza  $N_{SPT}$ , varia generalmente tra il 40% e il 90% (Fig. 7), a tali valori di densità corrisponde uno stato d'addensamento da "mediamente denso" a "denso".

La resistenza al taglio è stata determinata mediante la relazione (2) proposta da Schmertmann, (1978) che lega il valore dell'angolo di attrito  $\phi'$  alla resistenza  $N_{SPT}$  delle prove SPT assumendo i valori di  $a$  e  $b$  relativi alle *Sabbie fini uniformi* (Tab. I:  $a=28$  e  $b=14$ ); escludendo i valori più elevati relativi alle prove andate a rifiuto, il valore dell'angolo di attrito  $\phi'$  varia tra  $33^\circ$  e  $41^\circ$  con un valore medio pari a  $36^\circ$  nella parte alta dello strato (tra 0 e 13 m da p.c.) e pari a  $35^\circ$  nella parte più profonda (Fig. 8). L'intervallo ricavato dalle prove SPT è abbastanza in accordo con i valori ricavati dalle prove di laboratorio di taglio Diretto che forniscono valori dell'angolo di attrito  $\phi'$  compresi tra  $32^\circ$  e  $39^\circ$  (Vedi tabella sinottica riportata nell'Appendice A).

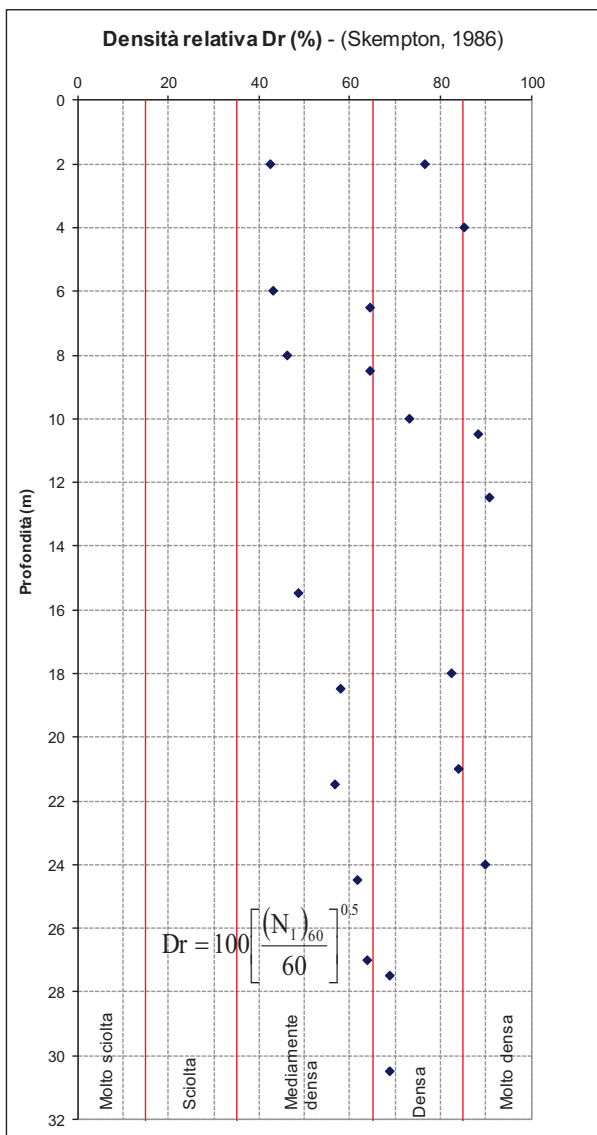


Fig. 7 – Densità relativa Unità A

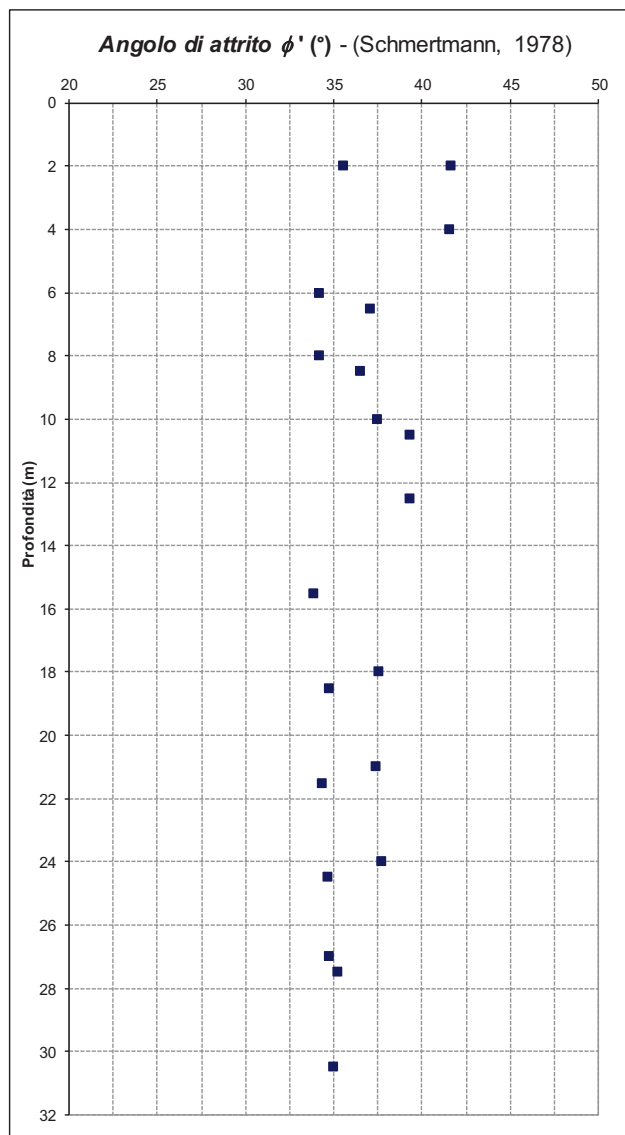


Fig. 8 – Angolo di attrito  $\phi'$  Unità A

Il modulo di elasticità  $E'$  è stato ricavato dalla relazione (3) proposta da *Stroud* (1988), che lega la  $E'$  alla resistenza  $N_{SPT}$  (Fig. 6); assumendo per lo strato la curva relativa alle *sabbie normalconsolidate*, ad un rapporto  $q_{net}/q_{ult}$  compreso tra 0,1 e 0,3 corrisponde un valore del rapporto  $E'/E_{60}$  compreso tra 1 e 1,2; ad un valore medio della  $N_{60}$  pari a 30 corrisponde un valore medio del modulo  $E'$  superiore a 30 MPa.

Il modulo di taglio massimo  $G_0$  è stato determinato sia mediante la relazione che lo lega alla velocità delle onde di taglio  $G_0 = \rho V_s^2$ , sia mediante la relazione (4), ripresa sul *Technical Report* dell'*FHWA*, che lo lega al valore di  $N_{60}$ . Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche recenti e pregresse, riportate in Fig. 9, la  $V_s$  associata allo strato è compresa tra 280 e 400 m/s; a tale intervallo di velocità corrisponda un valore della  $G_0$  compreso tra 140 e 280 MPa. Nel caso di utilizzo della relazione (4), a valori di  $N_{60}$  compresi tra 11 e 49 corrisponda un valore della  $G_0$  compreso tra 80 e 220 MPa con valore medio superiore a 150 MPa.



**VELOCITA' DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE SISMICHE**

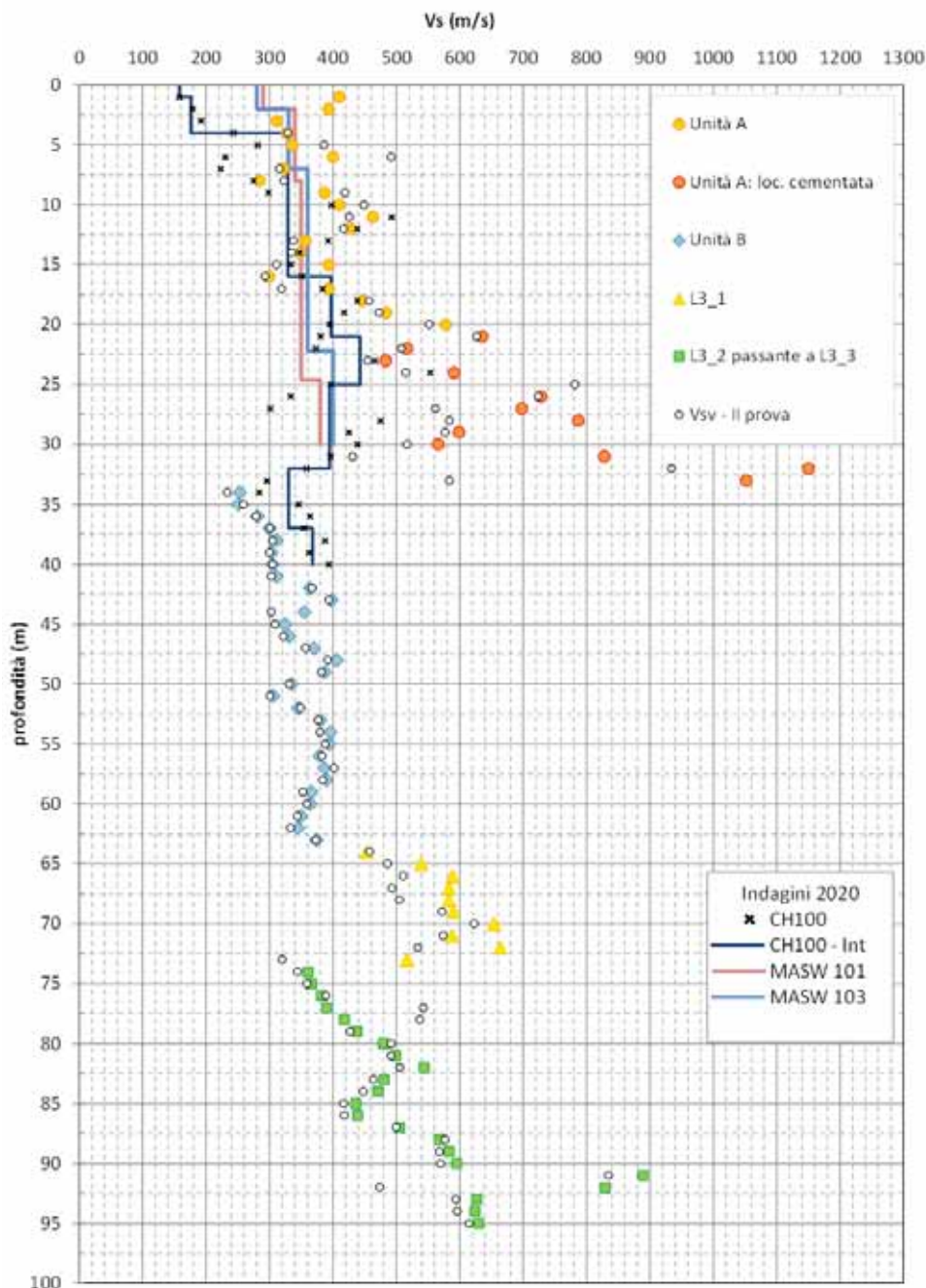


Fig. 9 – Vs misurate nel corso delle indagini ISMES 1992 e dell'indagine 2020.

**Unità B:** formazione argilloso-limosa caratterizzata da buona uniformità stratigrafica. A partire dal letto dell'Unità A è presente fino alla massima profondità investigata di 40 m; sulla base di quanto riportato nella relazione geologica [8] l'unità ha uno spessore di circa 30 m.

|   |  |  |           |
|---|--|--|-----------|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b> |           |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02  | 24.06.21  |
|   |  | Sheet<br>Pagina                                      | <b>15</b> |

Il materiale ha un peso di volume  $\gamma$  pari a 19,5 kN/m<sup>3</sup>, un contenuto d'acqua naturale medio  $W_n = 27\%$ , un limite liquido  $W_L = 48\%$  e un indice di plasticità medio  $I_p$  circa pari al 23%.

Per quanto attiene ai parametri di resistenza e deformabilità ed alla storia dello stato tensionale della formazione si è fatto riferimento sia ai risultati delle recenti prove geotecniche di laboratorio [7] che alla relazione ISMES del 1991 [4].

La resistenza al taglio della formazione è stata ricavata da prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati del tipo Taglio Diretto e triassiali TxUU e TxCIU. La sintesi dei risultati è delle prove è contenuta nella tabella riportata nell'Appendice A.

- I risultati delle prove hanno fornito un valore dell'angolo di attrito  $\phi'$  pari a 15° e un valore della coesione drenata  $c'$  compreso tra 25 e 43 kPa.
- La resistenza al taglio non drenata media  $c_u$  è compresa tra 90 e 120 kPa.

Le deformabilità e la storia tensionale della formazione è stata ricavata sia dall'interpretazione delle prove di laboratorio Edometriche, eseguite su campioni indisturbati, sia sulla base delle conclusioni riportate nella relazione ISMES del 1991 [4].

- Il grado di sovraconsolidati OCR associato allo strato varia da 1, a 1,5.
- Il valore medio dell'indice di compressione  $c_c$  è pari a 0,32.
- Il valore medio dell'indice di compressione  $c_r$  è pari a 0,015.
- Il valore del modulo edometrico  $M$ , stimato sia sulla base delle prove di laboratorio che sulle conclusioni della relazione ISMES del 1991 [4], varia tra 10 e 20 MPa.

Il modulo di taglio massimo  $G_0$  è stato determinato mediante la relazione che lo lega alla velocità delle onde di taglio  $G_0 = \rho V_s^2$ . Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche recenti e pregresse, riportate in Fig. 8, la  $V_s$  associata allo strato è compresa tra 300 e 400 m/s; a tale intervallo di velocità corrisponda un valore della  $G_0$  compreso tra 180 e 320 MPa.

## 5.5 Livello della falda

La falda freatica superficiale risiede nell'Unità A; le letture storiche dei piezometri presenti nell'area della centrale indicano quote della falda comprese tra +1.0 e -1.0 m s.l.m.m. Si può perciò adottare un livello di falda corrispondente al livello medio del mare.

Considerato che il p.c. è circa alla +8 s.l.m.m. il livello della falda è situato ad una profondità di circa 8 m di profondità dal piano campagna.

## 6. MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO

Il modello geotecnico di progetto, riportato nella successiva Fig. 10, è stato ricostruito sulla base dell'interpretazione delle recenti prove di sito e laboratorio [7], sulla base degli studi pregressi [3] e [4] e sulla e della sezione geologica riportato nell'Appendice D. A favore di sicurezza alcuni parametri riportati nel seguente modello sono stati assunti con valori inferiori rispetto a quelli ricavati dalla caratterizzazione riportata al punto precedente.

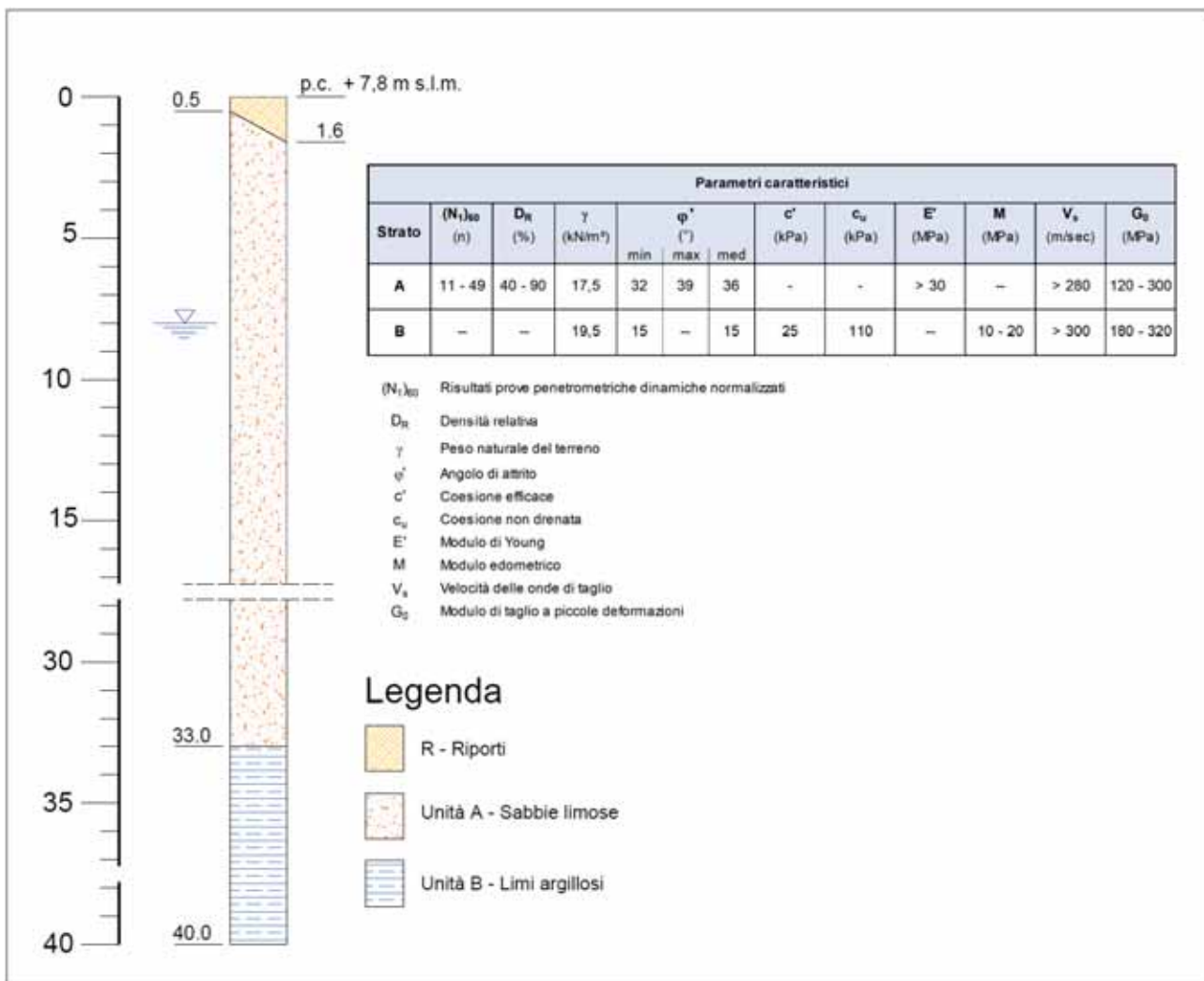


Fig. 10 – Modello geotecnico di progetto.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br>Documento n.<br><b>PBMOG20031</b> |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02    24.06.21                           |
|   |  | Sheet<br>Pagina <b>17</b> of<br>di    27      |

## 7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

### 7.1 Definizione dell'input sismico

Ai sensi del paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018, vengono di seguito riportate la categoria di sottosuolo e la condizione topografica proprie dei terreni sui quali si realizzerà l'intervento in progetto. Facendo riferimento all'interpretazione dei risultati dalle indagini geofisiche contenuta nella Relazione Geologica e Sismica [8], al terreno di fondazione dell'area di interesse può essere assegnata la **categoria C**: "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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". Dal punto di vista topografico, invece, l'area in esame è classificabile nella **categoria T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

Per la definizione dell'input sismico è stata effettuata una specifica analisi di risposta sismica locale basata su modelli mono-dimensionali di propagazione dell'input sismico. I dettagli dello studio sono contenuti nella Relazione Geologica e Sismica [8]. Le elaborazioni numeriche sono state impostate sul set di cinque accelerogrammi di riferimento forniti dalla Regione Lazio, utilizzabili appunto per studi di Risposta Sismica Locale al fine di ottenere risultati confrontabili per tutto il territorio regionale. Gli accelerogrammi forniti specificatamente per il Comune di Montalto di Castro sono riportati nella Relazione Geologica e Sismica [8]. Lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL effettuato è riportato nella successiva Fig. 11; nella stessa figura sono riportati anche gli spettri relativi al metodo semplificati di RSL proposto dalle NTC18. Come si può notare lo spettro ricade tutto al disotto di quello relativo allo spettro di un suolo C e ad una struttura con classe d'uso 2 ( $C_u=2$ ).

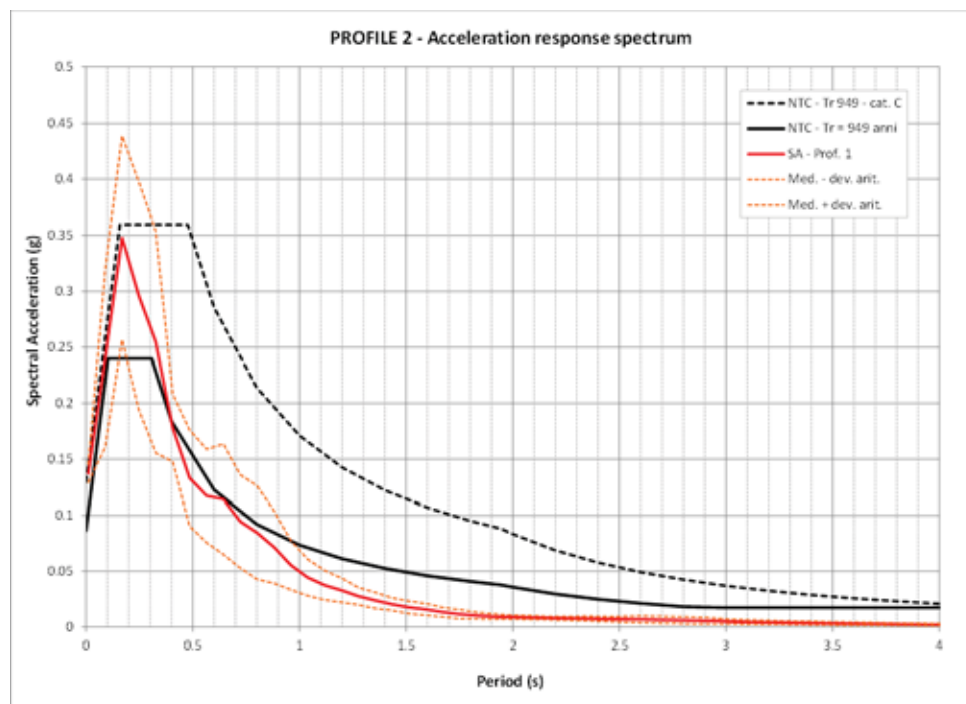


Fig. 11 – Spettri di risposta in accelerazione da RSL e spettri di risposta NTC

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

|   |  |  |           |
|---|--|--|-----------|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b> |           |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02  | 24.06.21  |
|   |  | Sheet<br><i>Pagina</i>                               | <b>18</b> |

## 8. CONCLUSIONI

Nel presente documento sono riportati gli studi condotti finalizzati a definire il modello geotecnico del terreno di fondazione dell'area dove è prevista la sostituzione degli esistenti gruppi turbogas "E", "F", "G" e "H" all'interno della Centrale Termoelettrica ENEL "A. Volta" situata nel comune di Montalto di Castro (VT).

La caratterizzazione geotecnica e la definizione del modello geotecnico di calcolo è basata sia sui risultati delle recenti indagini geotecniche e geofisiche, effettuate appositamente per lo scopo nel 2020 [7], sia sugli studi pregressi effettuati durante la progettazione di altre opere della centrale [3] e [4].





**MONTALTO DI CASTRO  
CAPACITY MARKET ITALY**

Document  
Documento n.

**PBMOG20031**

**RELAZIONE GEOTECNICA DI  
CARATTERIZZAZIONE**

REV. 02 24.06.21

Sheet  
Pagina **19** of di 27

**APPENDICE A – RISULTATI PROVE DI LABORATORIO 2020**

Risultati prove geotecniche di laboratorio su campioni rimaneggiati sondaggio S102 – Unità A

| Sond.<br>Camp.              | S102  |   |  |  |  |   |
|-----------------------------|---|---|--|--|--|---|
|                             | S102CR1   | S102CR2   | S102CR3                                    | S102CR4  | S102CR5  | S102CR6   |
| Prof. (m da p.c.)           | m 0.50 - 120  | m 4.00 - 4.50   | m 9.00 - 9.50                              | m 33.00 - 33.70  | m 19.50 - 20.00  | m 22.40 - 23.00   |
| Descrizione                 | Sabbia da grossa a<br>fina ghiaioso limosa<br>marrone | Sabbia da grossa a<br>fina limosa<br>debolmente ghiaiosa<br>marrone | Sabbia medio fina<br>limosa grigio marrone | Sabbia da grossa a<br>fina ghiaiosa<br>debolmente limosa<br>grigio marrone | Sabbia da grossa a<br>fina con ghiaia medio<br>fina limosa marrone | Limo con sabbia<br>medio fina argilloso<br>debolmente ghiaioso<br>marrone |
| UNI 10006                   | -   | -   | -  | -  | -  | -   |
| USCS                        | -   | -   | -  | -  | -  | -   |
| ghiaia (> 2 mm)             | 23,6%   | 5,6%  | 3,9%                                       | 17,6%  | 31,6%  | 6,3%  |
| sabbia (> 0.60 mm)          | 53,9%   | 74,0%   | 85,3%                                      | 73,4%  | 43,3%  | 34,2%   |
| limo (> 2 µm)               | 20,2%   | 19,0%   | 9,6%                                       | 9,0%   | 22,6%  | 49,2%   |
| argilla (< 2 µm)            | 2,3%  | 14%   | 12%  | 0,0%   | 2,5%   | 10,3%   |
| Wn                          | 25,6%   | 21,6%   | 40,5%                                      | 19,2%  | 48,0%  | 21,0%   |
| LL                          | -   | -   | -  | -  | -  | -   |
| LP                          | -   | -   | -  | -  | -  | -   |
| IP                          | -   | -   | -  | -  | -  | -   |
| γ (Mg/m <sup>3</sup> )      |   |   | 1,735                                      |  |  | 1,859   |
| γsecco (Mg/m <sup>3</sup> ) |   |   | 1,235                                      |  |  | 1,536   |
| γimm (Mg/m <sup>3</sup> )   |   |   | 0,778                                      |  |  | 0,967   |
| n                           |   |   | 54,2%                                      |  |  | 43,1%   |
| e                           |   |   | 1,19                                       |  |  | 0,76  |
| sat                         |   |   | 92%  |  |  | 75%   |
| Gs (Mg/m <sup>3</sup> )     |   |   | 2,700                                      |  |  | 2,700   |
| TaCD (c' φ')                |   |   | 13,44 kPa<br>34                            |  |  | 17,09 kPa<br>32   |

Risultati prove geotecniche di laboratorio su campioni rimaneggiati sondaggio CH100 – Unità A

| Sond.<br>Camp.              | CH100  |  |  |  |  |   |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|---|
|                             | CH100CR1   | CH100CR2   | CH100CR3                                     | CH100CR4   | CH100CR5   | CH100CR6  |
| Prof. (m da p.c.)           | m 3.50 - 4.00  | m 7.00 - 7.70  | m 11.20 - 12.00                              | m 16.00 - 16.80  | m 23.00 - 23.70  | m 33.00 - 33.70   |
| Descrizione                 | Sabbia medio fina con<br>limo debolmente<br>ghiaioso grigio<br>marrone | Sabbia da grossa a<br>fina limosa<br>debolmente ghiaioso<br>grigio marrone | Sabbia medio fina con<br>limo grigio marrone | Sabbia da grossa a<br>fina limosa<br>debolmente ghiaioso<br>grigio marrone | Sabbia da grossa a<br>fina con ghiaia medio<br>fina limosa marrone | Ghiaia medio fina con<br>sabbia debolmente<br>limosa grigio |
| UNI 10006                   | -  | -  | -  | -  | -  | -   |
| USCS                        | -  | -  | -  | -  | -  | -   |
| ghiaia (> 2 mm)             | 5,0%   | 5,2%   | 1%   | 7,8%   | 36,4%  | 52,4%   |
| sabbia (> 0.60 mm)          | 55,9%  | 83,2%  | 70,4%  | 63,2%  | 48,2%  | 39,9%   |
| limo (> 2 µm)               | 37,5%  | 10,7%  | 28,0%  | 24,6%  | 14,7%  | 7,7%  |
| argilla (< 2 µm)            | 1,5%   | 0,8%   | 0,5%   | 4,3%   | 0,8%   | -   |
| Wn                          | 30,7%  | 43,5%  | 33,2%  | 25,3%  | 16,1%  | 10,6%   |
| LL                          | -  | -  | -  | -  | -  | -   |
| LP                          | -  | -  | -  | -  | -  | -   |
| IP                          | -  | -  | -  | -  | -  | -   |
| γ (Mg/m <sup>3</sup> )      | 1,789  |  | 1,566  | 1,789  | 1,789  | 2,160   |
| γsecco (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1,369  |  | 1,176  | 1,428  | 1,541  | 1,953   |
| γimm (Mg/m <sup>3</sup> )   | 0,862  |  | 0,740  | 0,899  | 0,970  | 1,230   |
| n                           | 49,3%  |  | 56,5%  | 47,1%  | 42,9%  | 27,7%   |
| e                           | 0,97   |  | 1,30   | 0,89   | 0,75   | 0,38  |
| sat                         | 85%  |  | 69%  | 77%  | 58%  | 75%   |
| Gs (Mg/m <sup>3</sup> )     | 2,700  |  | 2,700  | 2,700  | 2,700  | 2,700   |
| TaCD (c' φ')                | 9,12 kPa<br>37°  |  | 13,39 kPa<br>34                              |  |  | 9,55 kPa<br>39  |

Risultati prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati – Unità B

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.



**MONTALTO DI CASTRO  
CAPACITY MARKET ITALY**

Document  
Documento n.

**PBMOG20031**

**RELAZIONE GEOTECNICA DI  
CARATTERIZZAZIONE**

REV. 02 24.06.21

Sheet  
Pagina **20** of  
di 27

| Sond.   | CH100                          |                       | S102   |  |
|---|--------------------------------|-----------------------|--|--|
|   | CH100SH1                       | CH100SH2              | S102SH1  | S102SH2  |
| <b>Camp.</b>  | m 34.50 - 35.10                | m 34.50 - 35.10       | m 34.50 - 35.05  | m 37.50 - 18.15  |
| <b>Prof. (mda p.c.)</b>                                 |                                |                       |  |  |
| <b>Descrizione</b>                                      | Limo argilloso sabbioso grigio | Limo argilloso grigio | Limo argilloso grigio con frammenti di conchigliari grigio | Limo argilloso grigio con frammenti di conchigliari grigio |
| <b>UNI 10006</b>  | A 7 - 6                        | A 7 - 6               | A 7 - 6  | A 7 - 6  |
| <b>USCS</b>   | CL                             | CL                    | CL   | CL   |
| <b>ghiaia (&gt; 2 mm)</b>                               | 0,2%                           | 0,6%                  | 0,0%   | 0,0%   |
| <b>sabbia (&gt; 0.60 mm)</b>                            | 18,3%                          | 15%                   | 2,7%   | 0,3%   |
| <b>limo (&gt; 2 µm)</b>                                 | 62,2%                          | 76,3%                 | 73,6%  | 79,6%  |
| <b>argilla (&lt; 2 µm)</b>                              | 19,3%                          | 21,6%                 | 23,6%  | 20,1%  |
| <b>Wn</b>   | 23,5%                          | 28,3%                 | 27,8%  | 27,6%  |
| <b>LL</b>   | 45,3%                          | 47,4%                 | 49,5%  | 49,3%  |
| <b>LP</b>   | 22,4%                          | 24,9%                 | 25,7%  | 25,8%  |
| <b>IP</b>   | 22,9%                          | 22,5%                 | 23,8%  | 23,5%  |
| <b>γ (Mg/m<sup>3</sup>)</b>                             | 1929                           | 1926                  | 1934   | 1893   |
| <b>γ<sub>secco</sub> (Mg/m<sup>3</sup>)</b>             | 1562                           | 1501                  | 1514   | 1483   |
| <b>γ<sub>imm</sub> (Mg/m<sup>3</sup>)</b>               | 0,980                          | 0,942                 | 0,950  | 0,930  |
| <b>n</b>  | 418%                           | 44,1%                 | 43,7%  | 44,7%  |
| <b>e</b>  | 0,72                           | 0,79                  | 0,78   | 0,81   |
| <b>sat</b>  | 88%                            | 96%                   | 96%  | 92%  |
| <b>Gs (Mg/m<sup>3</sup>)</b>                            | 2,685                          | 2,684                 | 2,688  | 2,683  |
| <b>Triassiale UU σ<sub>3</sub> - deviatorica (kPa)</b>  |                                | 100                   | 100  |  |
|   |                                | 151                   | 206  |  |
|   |                                | 200                   | 200  |  |
|   |                                | 201                   | 254  |  |
|   |                                | 300                   | 300  |  |
|   |                                | 189                   | 252  |  |
| <b>TaCD (c' φ')</b>                                     | 5,38 kPa                       |                       |  |  |
|   | 25                             |                       |  |  |
| <b>Triassiale CIU (c' f') (c φ)</b>                     |                                |                       |  | 8  |
|   |                                |                       |  | 26   |
|   |                                |                       |  | 44   |
|   |                                |                       |  | 16   |
| <b>Pressione di preconsolidazione (σ'<sub>p</sub>):</b> |                                | 217,13                | 242,22   |  |
| <b>Grado di sovraconsolidazione (OCR):</b>              |                                | 0,585                 | 0,617  |  |
| <b>Rapporto di compressione (CR):</b>                   |                                | 0,170                 | 0,195  |  |
| <b>Indice di compressione (Cc):</b>                     |                                | 0,302                 | 0,335  |  |
| <b>Rapporto di ricomprensione (RR):</b>                 |                                | 0,011                 | 0,007  |  |
| <b>Indice di ricomprensione (Cr):</b>                   |                                | 0,019                 | 0,011  |  |
| <b>Rapporto di rigonfiamento (SR):</b>                  |                                | 0,030                 | 0,041  |  |
| <b>Indic di rigonfiamento (Cs):</b>                     |                                | 0,054                 | 0,070  |  |
| <b>Coeff. Cons. (Cv) tra 400 - 800:</b>                 |                                | 7,39E-04              | 2,57E-04   |  |
| <b>Coeff. Cons. (Cv) tra: 800 - 1600</b>                |                                | 5,73E-04              | 2,33E-04   |  |
| <b>Coeff. Cons. (Cv) tra: 1600 - 3200</b>               |                                | 6,26E-04              | 2,36E-04   |  |
| <b>Coeff. Sec. (Ca) tra: 400 - 800</b>                  |                                | 4,59E-03              | 3,36E-03   |  |
| <b>Coeff. Sec. (Ca) tra: 800 - 1600</b>                 |                                | 5,24E-03              | 4,08E-03   |  |
| <b>Coeff. Sec. (Ca) tra: 1600 - 3200</b>                |                                | 5,92E-03              | 6,74E-03   |  |
| <b>Permeabilità tra 400 - 800 (kPa):</b>                |                                | 6,79E-11              | 2,07E-11   |  |
| <b>Permeabilità tra 800 - 1600 (kPa):</b>               |                                | 3,52E-11              | 1,20E-11   |  |
| <b>Permeabilità tra 1600 - 3200(kPa):</b>               |                                | 2,00E-11              | 8,64E-12   |  |

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.



**MONTALTO DI CASTRO  
CAPACITY MARKET ITALY**

Document  
Documento n.

**PBMOG20031**

**RELAZIONE GEOTECNICA DI  
CARATTERIZZAZIONE**

REV. 02 24.06.21

Sheet  
Pagina **21** of di 27

**APPENDICE B – STRATIGRAFIE SONDAGGI DEL 2020**

**CANTIERE:** Indagini geologiche presso il cantiere di Montalto di Castro

PERFORAZIONE: CH100

ESECUZIONE: 18-24/09/20

COMMESSA: 21323FE/20

C. SITO N°: SF200914

OPERATORE: BARONE

RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 40,00 m

RIVESTIMENTO: 40,00 m

QUOTA: p.c.

Indisturbato  
 Rimaneggiato  
 Ambientale

| METRI | METRI da P.C. | LITOLOGIA | DESCRIZIONE STRATIGRAFICA   | CAMPIONI |      |       | P.P. kPa | T.V. kPa | PROVE |   |       | METODO E UTENSILE | FALDA | TUBO PVC ø 80 mm PER CROSS - HOLE |
|-------|---------------|-----------|---|----------|------|-------|----------|----------|-------|---|-------|-------------------|-------|-----------------------------------|
|       |               |           |   | TIPO     | NUM. | PROF. |          |          | TIPO  | NUM.  | PROF. |                   |       |                                   |
| 0.10  |               |           | Asfalto   |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 1     | 1.50          |           | Pozzolana rossastra   |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 1.60  |               |           | Frammenti di calcestruzzo in matrice sabbiosa                             |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 2     |               |           |   |          |      |       |          |          |       | SPT 1 (PA)<br>2.00 - 2.45 m<br>3 - 2 - 6      |       |                   |       |                                   |
| 3     |               |           | Sabbia limosa grigia  |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 4     | 4.50          |           |   | CK 1     |      | 3.50  |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 4     |               |           |   |          |      | 4.00  |          |          |       | SPT 2 (PA)<br>4.00 - 4.45 m<br>12 - 22 - 21   |       |                   |       |                                   |
| 5     |               |           |   |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 6     |               |           | Sabbia media debolmente limosa grigio-marrone                             |          |      |       |          |          |       | SPT 3 (PA)<br>6.00 - 6.45 m<br>5 - 4 - 8      |       |                   |       |                                   |
| 7     |               |           |   | CK 2     |      | 7.00  |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 8     |               |           |   |          |      | 7.70  |          |          |       | SPT 4 (PC)<br>8.00 - 8.45 m<br>4 - 5 - 11     |       |                   |       |                                   |
| 9     | 9.00          |           | Sabbia medio-grossa, marrone chiara, con sporadica ghiaia                 |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 9     | 9.30          |           | Argilla limosa marrone chiaro   |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 10    | 9.80          |           |   |          |      |       |          |          |       | SPT 5 (PC)<br>10.00 - 10.45 m<br>6 - 15 - 25  |       |                   |       |                                   |
| 11    |               |           | Sabbia medio-grossa, marrone chiaro con sporadica ghiaia e livelli limosi |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 12    | 12.50         |           |   | CK 3     |      | 11.20 |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 12    |               |           |   |          |      | 12.00 |          |          |       | SPT 6 (PC)<br>12.00 - 12.28 m<br>15 - R       |       |                   |       |                                   |
| 13    | 13.20         |           | Argilla limosa grigio-marrone   |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 14    | 14.30         |           | Sabbia limosa marrone chiaro con sporadica ghiaia                         |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 15    | 14.70         |           | Argilla limosa grigia chiara  |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 16    | 15.90         |           | Alternanze di sabbia limosa e limo sabbioso, grigio-marroni               |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 17    | 16.80         |           | Sabbia medio-grossa debolmente limosa, grigia                             | CK 4     |      | 16.00 |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 17    |               |           |   |          |      | 16.80 |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |
| 18    | 17.80         |           | Argilla da debolmente limosa a limosa, grigia                             |          |      |       | 150      | 75       |       | SPT 7 (PC)<br>18.00 - 18.45 m<br>17 - 27 - 33 |       |                   |       |                                   |
| 19    | 19.70         |           | Sabbia media con sporadici lapilli, grigia                                |          |      |       |          |          |       |   |       |                   |       |                                   |

Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm

Falda non rilevata

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.



**MONTALTO DI CASTRO  
CAPACITY MARKET ITALY**

Document  
Documento n.

**PBMOG20031**

**RELAZIONE GEOTECNICA DI  
CARATTERIZZAZIONE**

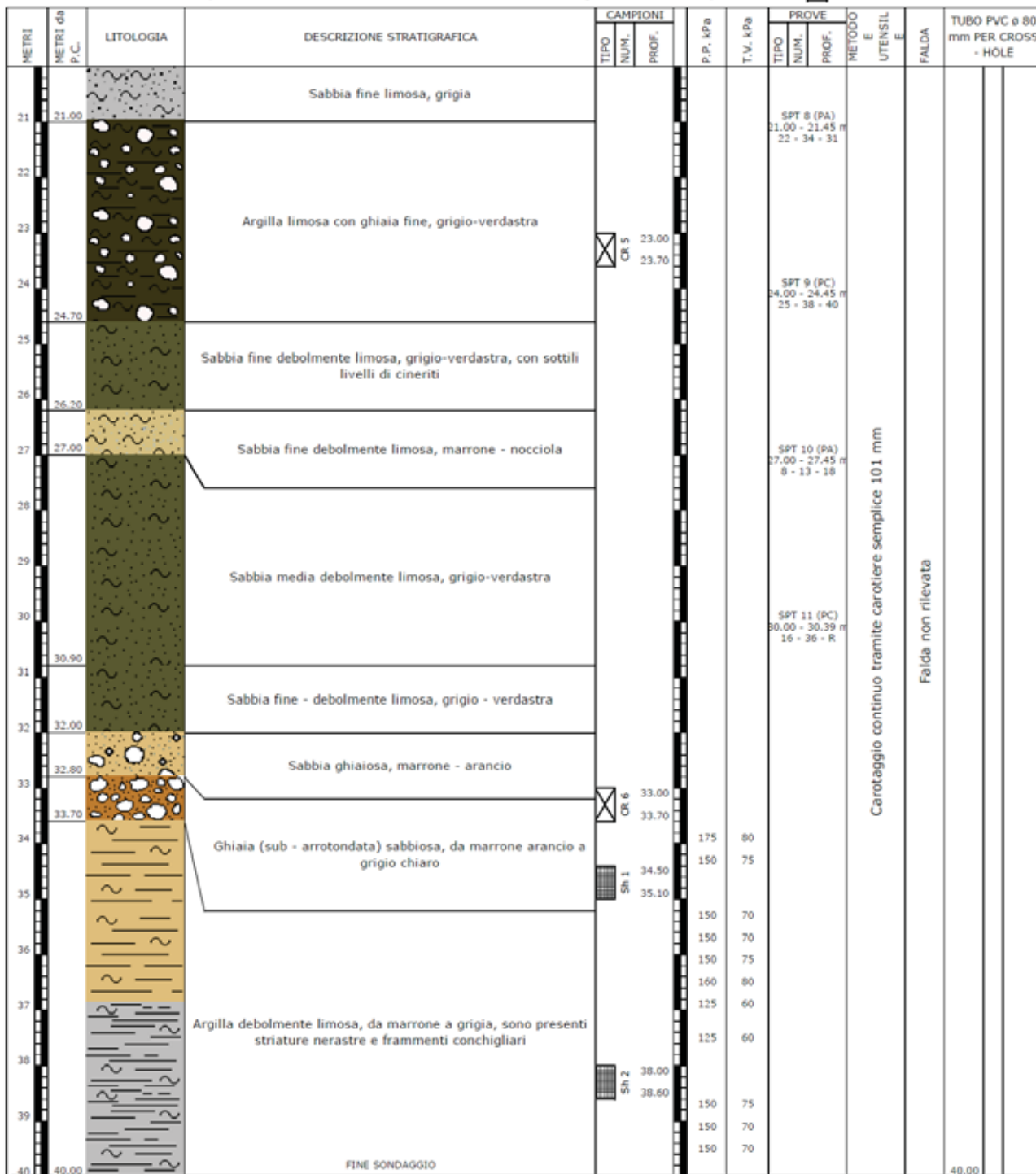
REV. 02 24.06.21

Sheet  
Pagina **22** of  
di 27

**CANTIERE:** Indagini geologiche presso il cantiere di Montalto di Castro  
**PERFORAZIONE:** CH100 C. SITO N°: SF200914  
**ESECUZIONE:** 18-24/09/20 OPERATORE: BARONE  
**COMMESSA:** 21323FE/20 RESPONSABILE: FOGLI

**PROFONDITA':** 40,00 m  
**RIVESTIMENTO:** 40,00 m  
**QUOTA:** p.c.

Indisturbato  
 Rimaneggiato  
 Ambientale



Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.



# MONTALTO DI CASTRO CAPACITY MARKET ITALY

Document  
Documento n.

**PBMOG20031**

## RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE

REV. 02 24.06.21

Sheet  
Pagina **23** of di 27

**CANTIERE:** Indagini geologiche presso il cantiere di Montalto di Castro

PERFORAZIONE: S102

ESECUZIONE: 16-17/09/2020

COMMESSA: 21323/20

C. SITO N°: SF200915

OPERATORE: BARONE

RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 40.00 m

RIVESTIMENTO: 37.50 m

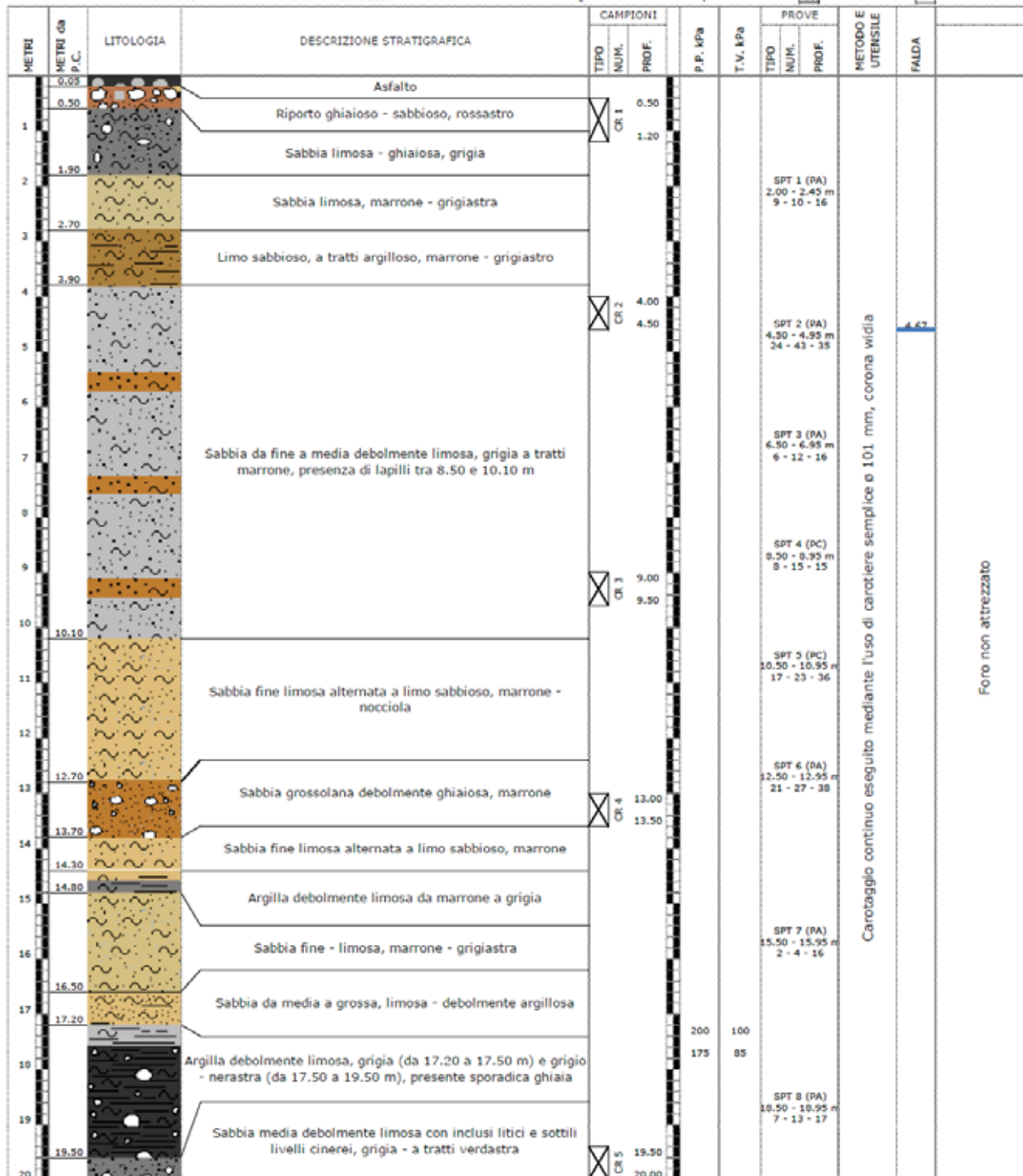
QUOTA: p.c.



Indisturbato  
Rimaneggiato  
Ambientale



S S.P.T  
L Lefranc  
V Vane Test



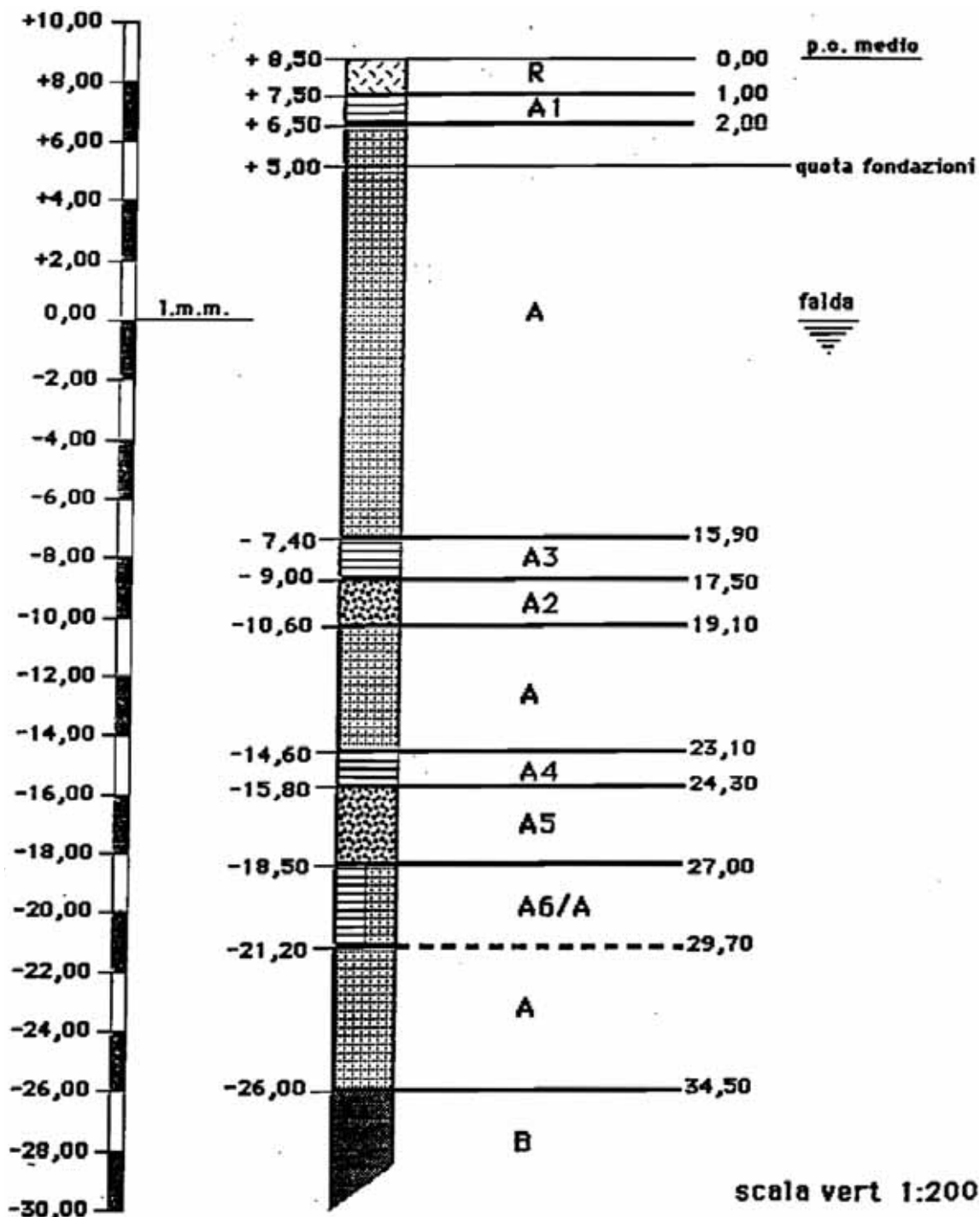
Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.





**APPENDICE C – STRATIGRAFIA DI CALCOLO DOC. ISMES 1992**



**FIG. 5.3 - Stratigrafia di calcolo nelle zone turbogas  
(fondazioni superficiali)**

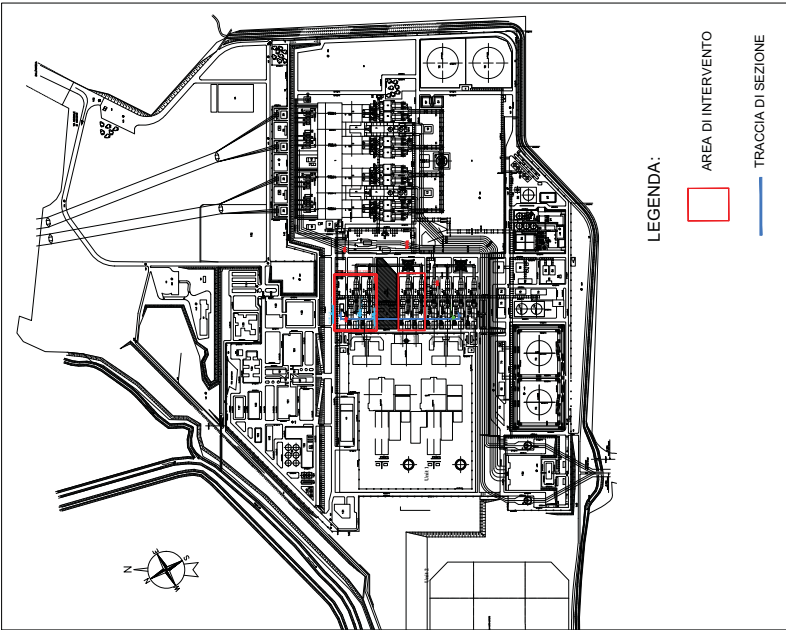
|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <b>MONTALTO DI CASTRO<br/>CAPACITY MARKET ITALY</b>  | Document<br><i>Documento n.</i><br><b>PBMOG20031</b> |
|   | <b>RELAZIONE GEOTECNICA DI<br/>CARATTERIZZAZIONE</b> | REV. 02    24.06.21                                  |
|   |  | Sheet    26    of<br><i>Pagina</i> <i>di</i> 27      |

## APPENDICE D – SEZIONE STRATIGRAFICA DEL SITO

*Questo documento è proprietà di Enel E&C. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.*

*This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.*

PLANIMETRIA GENERALE  
SCALA 1:10.000



LEGENDA:  
 AREA DI INTERVENTO  
 TRACCIA DI SEZIONE

**CONSULET SERVIZI S.R.L.**  
 Sede Op. attività geotecnica  
 Via E. Lombardini, 20143 Milano  
 e-mail: info.consulet@consulet.it

| REV. | DATE     | SCOPE | REVISION DESCRIPTION | PHOTOLOGY/CODE | DAI/VATE | DIS./R/M/N | COMP./CHECK | APPROV.    |
|------|----------|-------|----------------------|----------------|----------|------------|-------------|------------|
| 1    | 25/05/21 | FC    | CORR. QUOTE P.C.     | D.221-20.01    | RVA      | SEDANI     |             | GARRASSINO |
| 0    | 11/02/21 | FC    | PRIMA EMISSIONE      | D.221-20.00    | RVA      | SEDANI     |             | GARRASSINO |

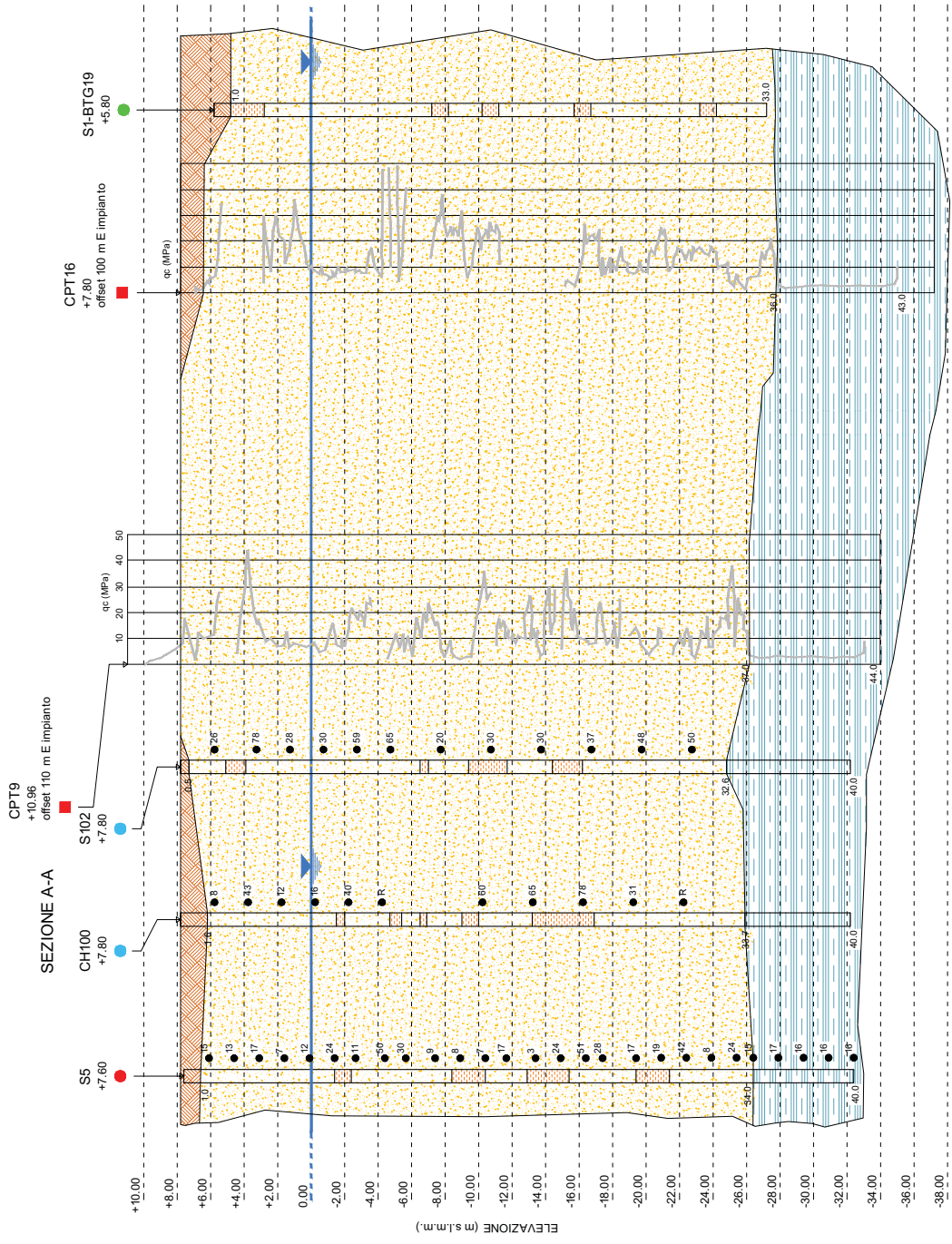
| REV. | DATE     | SCOPE | REVISION DESCRIPTION | PHOTOLOGY/CODE | DAI/VATE | DIS./R/M/N | COMP./CHECK | APPROV. |
|------|----------|-------|----------------------|----------------|----------|------------|-------------|---------|
| 01   | 25/05/21 | FC    | CORR. QUOTE P.C.     | CONSULET       |          |            |             |         |
| 00   | 11/02/21 | FC    | PRIMA EMISSIONE      | CONSULET       |          |            |             |         |

**ENEL PRODUZIONE S.p.A.**

CLIENTE: ENEL PRODUZIONE S.p.A.  
 DOC. No.:  
 PROJECT: MONTALTO DI CASTRO  
 Progetto: Centrale A. Volta  
 TITLE: Trigno  
 CLIENTE: ENEL PRODUZIONE S.p.A.

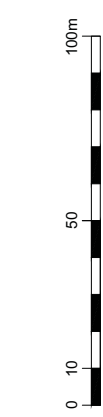
EMPLOYER: ENEL  
 FOR APPROVAL: [ ]  
 FOR INFORMATION ONLY: [ ]  
 NOT REQUESTED: [ ]  
 SYSTEM: SISTEMA

SCALE: VARIO  
 SCALE: PBM0G20017  
 SHEET: 1  
 TOTAL SHEETS: 1  
 OF: 1  
 DRAWING TYPE: A2  
 DATE: 11/02/21  
 DRAWN BY: D.A.  
 CHECKED BY: A.A.  
 SEC. INDEX



**LEGENDA**

- RIPORTO
- UNITA' A: sabbia da limosa a grossolana e limo sabbioso
- Sottolivelli argillosi: limi argillosi e argille limose
- UNITA' B: argilla / limo argilloso, con sistente
- lim. m.
- NIENTE



1:10000