

PROJECT  
Progetto **CENTRALE DI LA CASELLA**  
**Castel San Giovanni (PC)**

Security Index  
Indice Sicurezza

**Riservato  
Aziendale**

TITLE  
Titolo **CENTRALE DI LA CASELLA**  
**RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

CLIENT  
Cliente **ENEL PRODUZIONE S.p.A**



JOB no. .... Document no. ....

CLIENT SUBMITTAL Inoltro al Cliente	<input type="checkbox"/> FOR APPROVAL Per Approvazione	<input type="checkbox"/> FOR INFORMATION ONLY Per Informazione	<input type="checkbox"/> NOT REQUESTED Non Richiesto
--	---	--	---

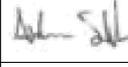
SYSTEM Sistema <b>00B</b>	DOCUMENT TYPE Tipo Documento <b>TK</b>	DISCIPLINE Disciplina <b>C</b>	FILE File <b>PBITC00062 00</b>
------------------------------	---	-----------------------------------	-----------------------------------

REV	DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni
00	PRIMA EMISSIONE



COMMESSA JOB	DATA Date	IDENTIFICATIVO DOCUMENT CODE	REDATTO PREPARED	CONTROLLATO CHECKED	APPROVATO APPROVED
226	12/07/21	R.226-34.00	C. Riva	G. Sedani	A. Garassino

via Elia Lombardini, 10 - 20143 Milano  
phone: +39 02-38.24.82.30 - e-mail: geo.consulet@consulet.it

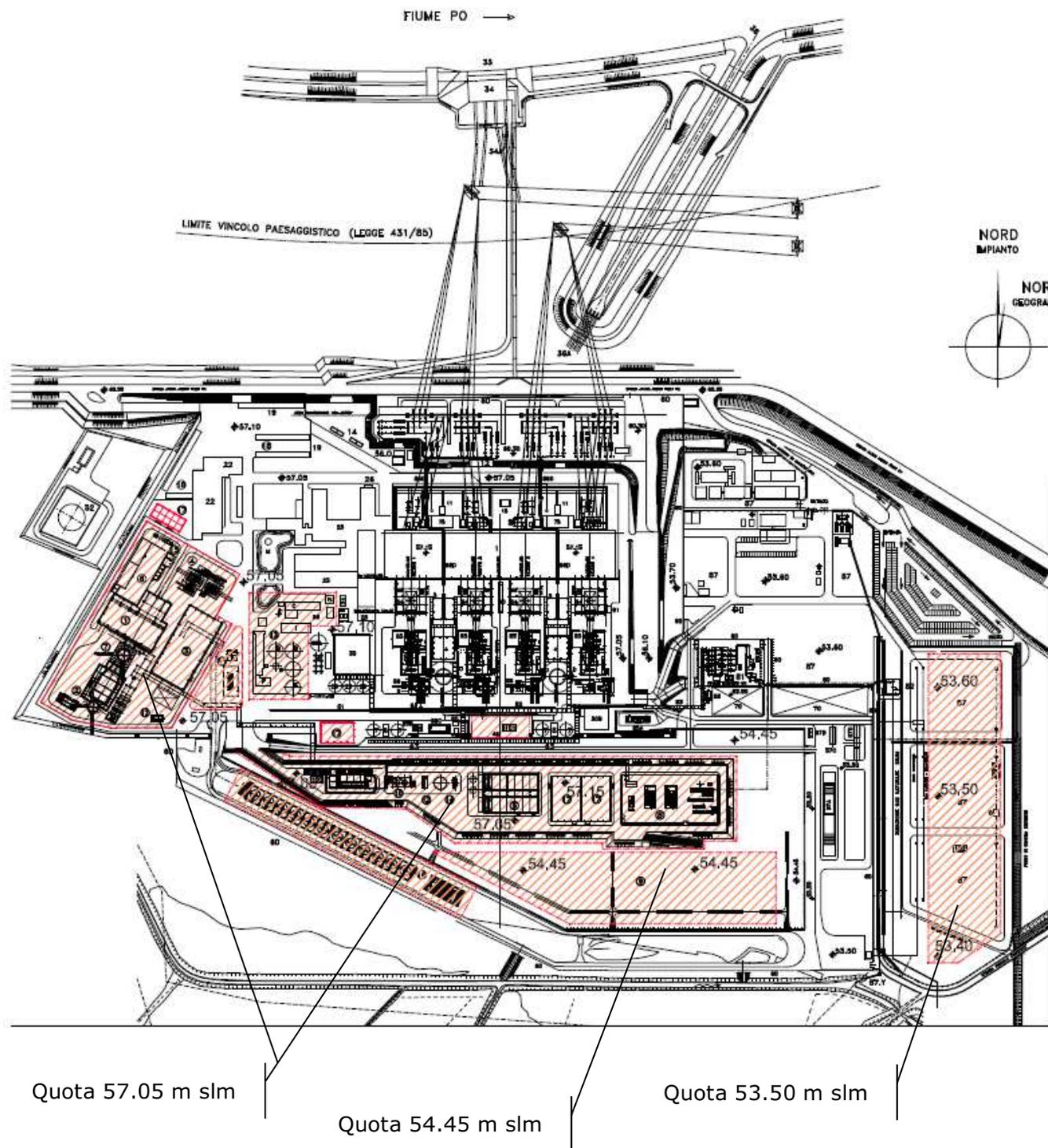
00	12.07.21	SP											
			CONSULET									N. Pisani	A. Santoriello
REV	Date Data	Scope Scopo	Prepared by Preparato	Co-operations Collaborazioni							Approved by Approvato	Issued by Emesso	

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet      of <i>Pagina</i> <b>2</b> <i>di</i> <b>55</b>

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	3
2.	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	DOCUMENTI.....	5
2.2	NORMATIVE.....	6
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI.....	7
3.1	INDAGINI A DISPOSIZIONE .....	7
3.2	LITOLOGIE PRESENTI.....	10
3.3	LIVELLO PIEZOMETRICO.....	11
3.4	INTERPRETAZIONE DEI DATI RICAVATI DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	11
3.4.1	Interpretazione delle prove SPT .....	11
3.4.2	INTERPRETAZIONE DELLE PROVE CPTU .....	20
3.4.3	Interpretazione delle prove di laboratorio .....	35
3.4.4	Confronto dei risultati ottenuti dalle diverse prove.....	38
3.5	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO .....	44
4.	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DA PROVE GEOFISICHE.....	45
4.1	VELOCITA' DELLE ONDE S .....	45
4.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLOE CONDIZIONE TOPOGRAFICA.....	48
4.3	ACCELERAZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	48
4.4	SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE.....	49
5.	RILEVATI FONDAZIONALI .....	50
6.	CONCLUSIONI .....	52
	BIBLIOGRAFIA .....	54





**Figura 1.1** – Posizione della centrale e delle nuove installazioni rispetto al Po

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00      07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> <b>5</b> of <i>di</i> <b>55</b>

## 2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel corso della presente relazione si farà riferimento ai documenti ed alle norme seguenti.

### 2.1 DOCUMENTI

- Rif.[1]      **ISMES** – 1990-91 – LC7 0314 TCIC C00300  
Centrale Termoelettrica di La Casella – Adeguamento ambientale. Esecuzione di indagini geotecniche.
- Rif.[2]      **ISMES** – 1992 – LC7 0314 DCAP T010  
Centrale di La Casella – Adeguamento ambientale. Livelli di Falda, Tabelle e Diagrammi.
- Rif.[3]      **Studio Geotecnico Italiano** – 1992 – LC2 0314 TCIC AB03  
Centrale di La Casella – Progetto di Adeguamento ambientale. Risultati delle indagini geognostiche e caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.
- Rif.[4]      **CESI** – 2003 – A3/029167  
Indagini geognostiche presso la Centrale Termoelettrica ENEL di La Casella. Relazione tecnica delle indagini svolte.
- Rif.[5]      **ENEL** – 2020 – PBITC0094100  
La Casella. Planimetria generale di impianto – Nuove installazioni.
- Rif.[6]      **Enel Global Thermal Generation** – Dicembre 2020  
La Casella CCGT - Relazione descrittiva delle indagini geotecniche in sito – Doc. n. PBITC23066
- Rif.[7]      **CSG Palladio** – Dicembre 2020  
La Casella CCGT - Rapporto indagini geotecniche - Prove di laboratorio - Doc. n. PBITC23067
- Rif.[8]      **CONSULET SERVIZI S.r.l.** – 2021 – PBITC00061 00  
Centrale di La Casella – Relazione geologica.



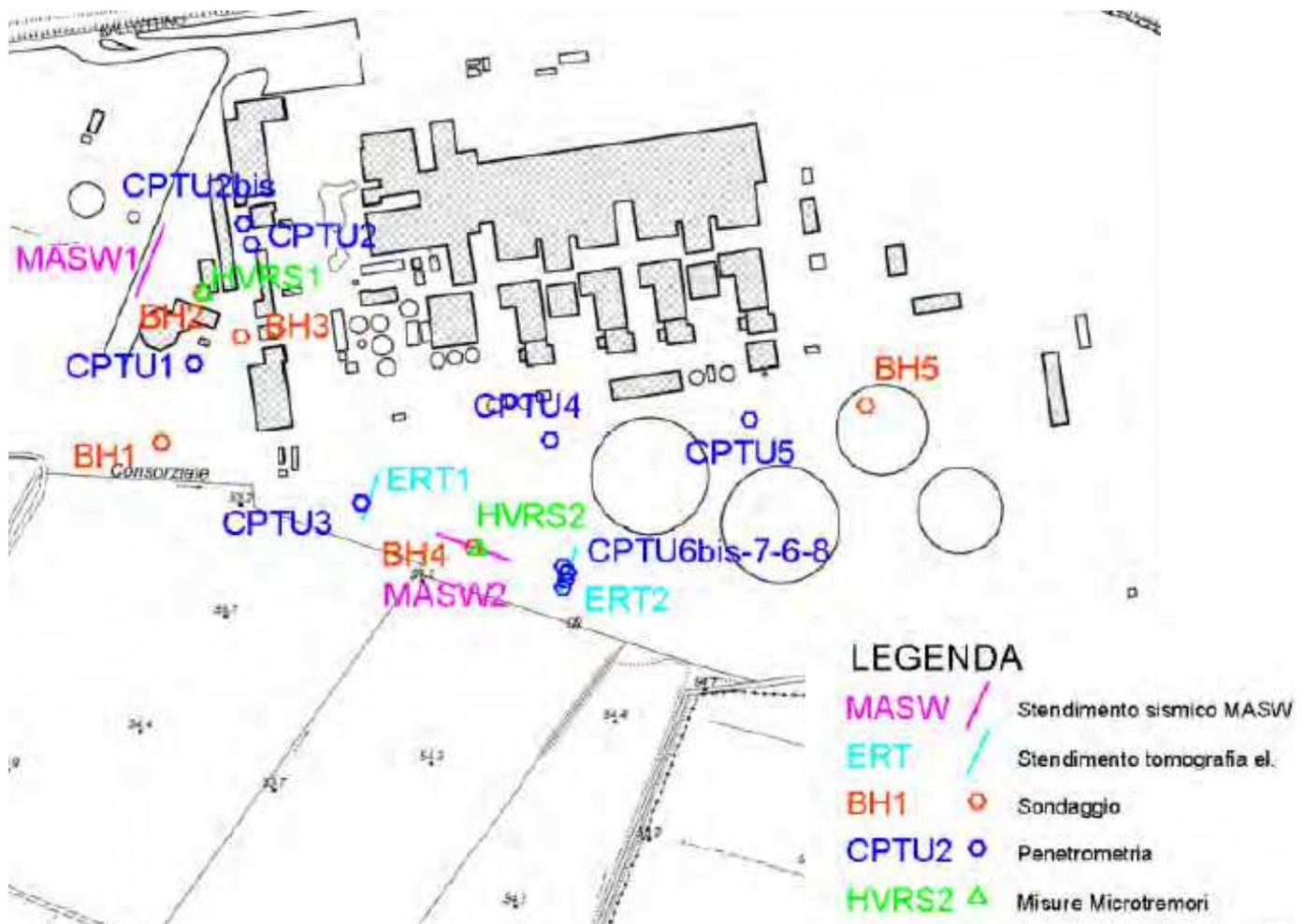
	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet      of <i>Pagina</i> 7      di    55

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI

Il modello geotecnico e stratigrafico rappresentativo dei terreni di fondazione è qui ricostruito a partire dai dati ricavati dalle recenti indagini geognostiche condotte nel 2020; verranno altresì considerati i risultati anche di indagini pregresse eseguite in vicinanza e ritenuti di particolare interesse.

#### 3.1 INDAGINI A DISPOSIZIONE

La figura sottostante, stralciata dal Rif. [6], mostra l'ubicazione planimetrica indicativa delle indagini geognostiche condotte nel 2020. Esse sono anche indicate con maggior grado di dettaglio nella planimetria di Rif. [9].



**Figura 3.1 – Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite nel 2020**

Questo documento è proprietà di Enel E&C. E' 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>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00      07.07.21 Sheet      8      of <i>Pagina</i> <i>di</i> <b>55</b>

Si tratta delle seguenti prove ed attività:

- n°5 sondaggi a carotaggio continuo, con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT all'interno del foro di sondaggio; la profondità raggiunta è di 40 metri da p.c. nel BH2 e di 30 metri per tutti gli altri;
- prove di laboratorio condotte su campioni rimaneggiati e indisturbati prelevati dai carotaggi;
- n°8 prove penetrometriche statiche CPTu, + 2 ripetizioni vicine alle CPTu 2 e 6, spinte fino alla profondità massima di 21 metri da p.c.
- n°2 stendimenti MASW;
- n°2 prove HVSR;
- n°2 tomografie elettriche (ERT).

I risultati delle prove sopramenzionate sono contenuti nel documento di Rif. [6], che riassume tutti i dati raccolti in campagna, e nel documento di Rif. [7] per quanto riguarda invece le prove di laboratorio.

Inoltre, poiché i terreni limitrofi a quelli di intervento sono stati oggetto nel corso degli anni (dai primi anni 80 al 2003) di svariate campagne geognostiche, come documentato nei Rif. [1, 2, 3 e 4], in aggiunta a quanto sin qui elencato, data la vicinanza all'area di intervento, si è tenuto conto anche dei risultati di alcune indagini pregresse.

Nello specifico:

- si è ritenuto di particolare interesse il sondaggio geognostico SPZ16 con prove SPT, eseguito nei primi anni 90 → i dati dalle SPT verranno rielaborati ed interpretati nelle pagine a seguire;
- altre verticali di prova (sondaggi e CPTu) sono state utilizzate per redigere le sezioni stratigrafiche di Rif. [10, 11 e 12];
- sono stati utilizzati i dati storici desunti dal monitoraggio di n°3 celle piezometriche di tipo Casagrande documentati nel Rif. [2] per integrare le più recenti misurazioni della falda.

Riassumendo, con rimando alla planimetria di Rif. [9] che ne mostra indicativamente l'ubicazione, le indagini eseguite in passato attualmente disponibili per consultazione e qui utilizzate per la caratterizzazione dei terreni sono di seguito elencate.

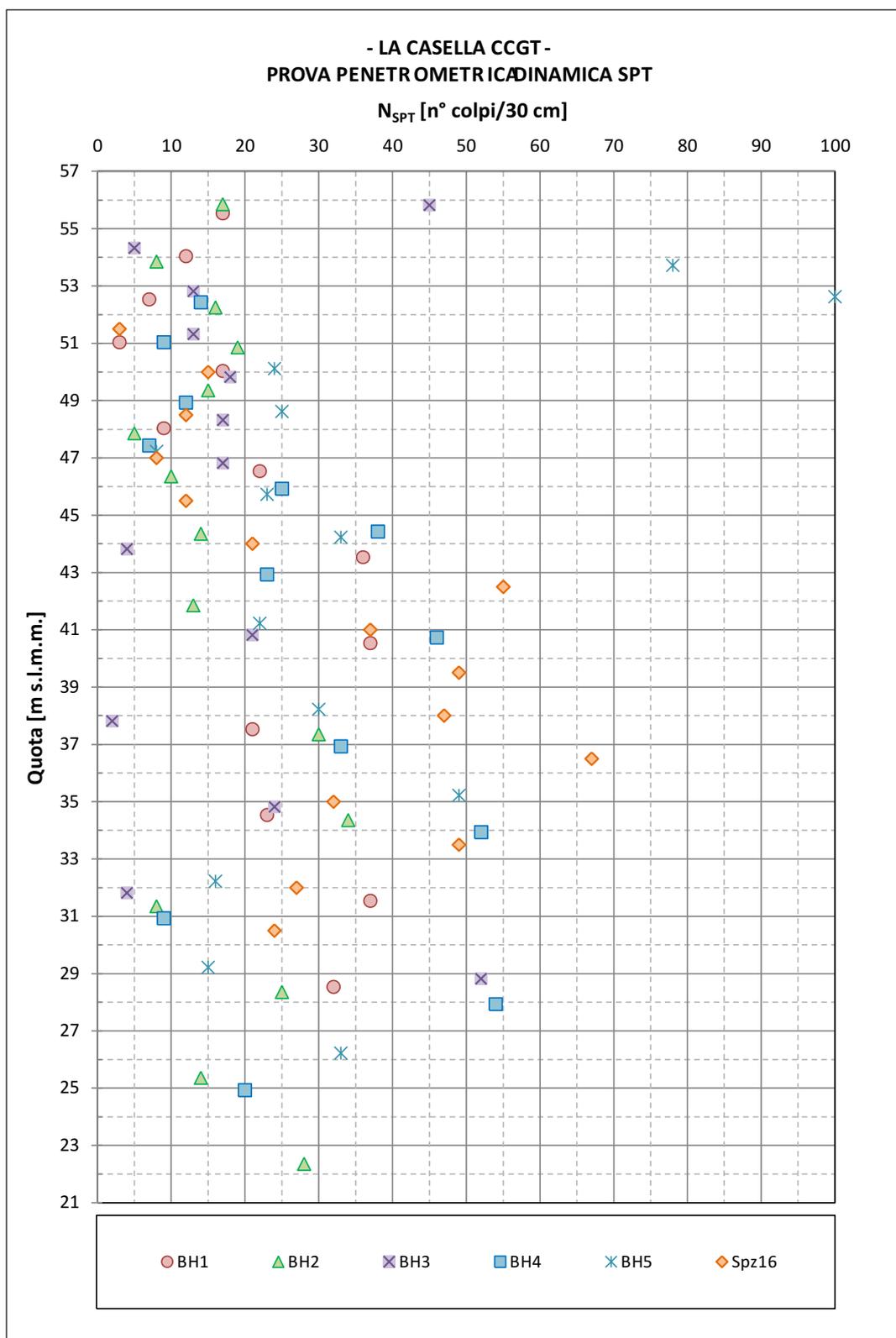




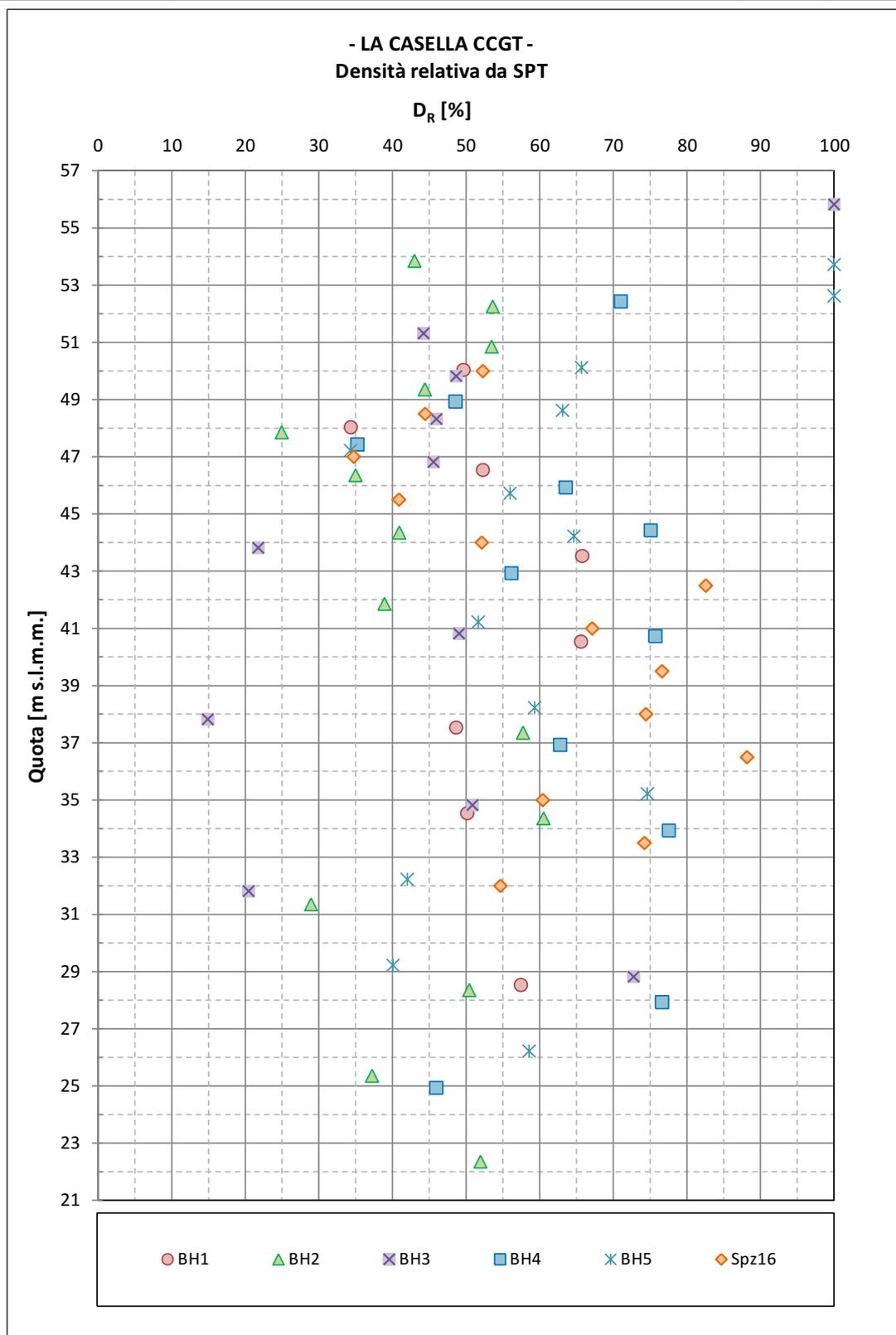




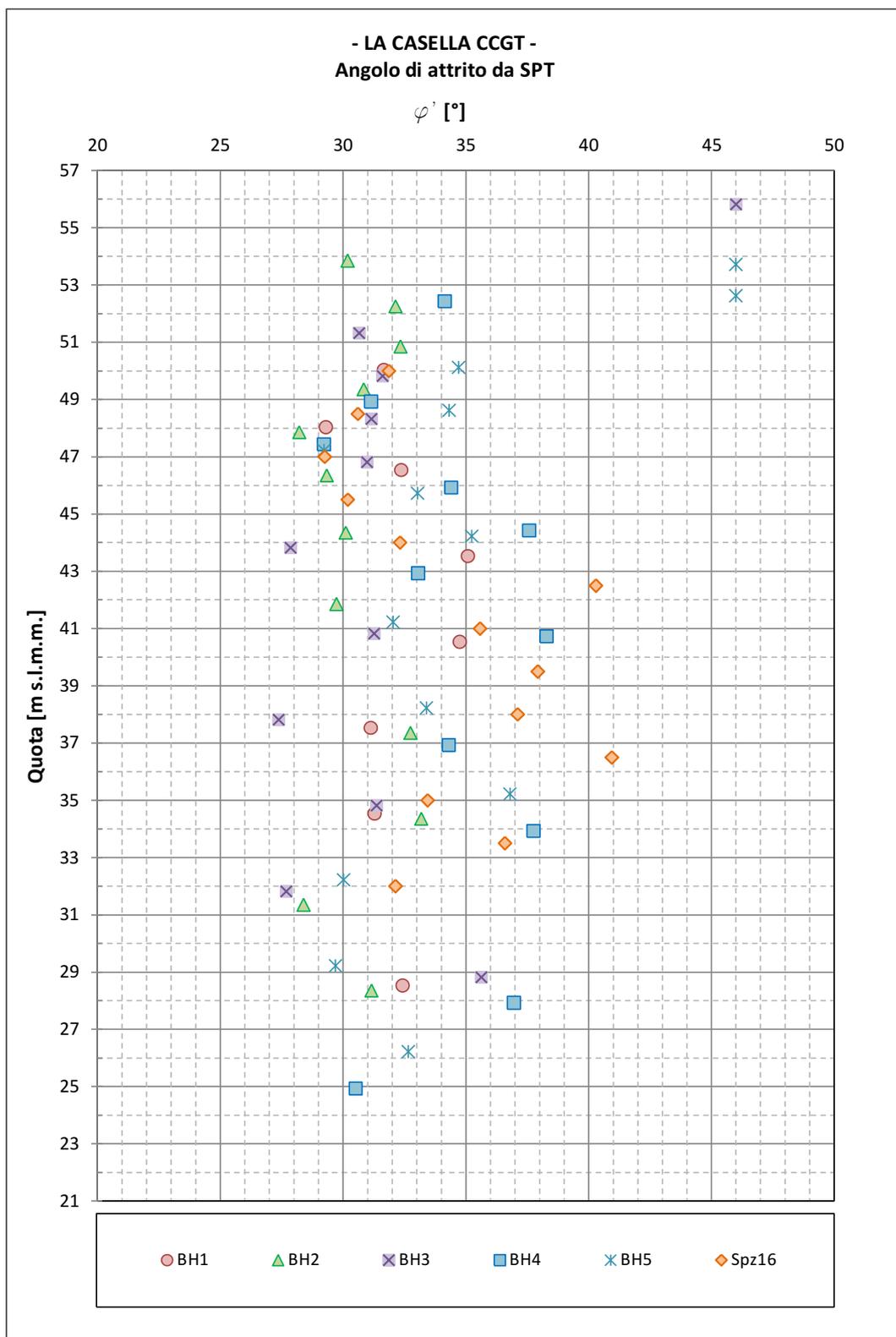




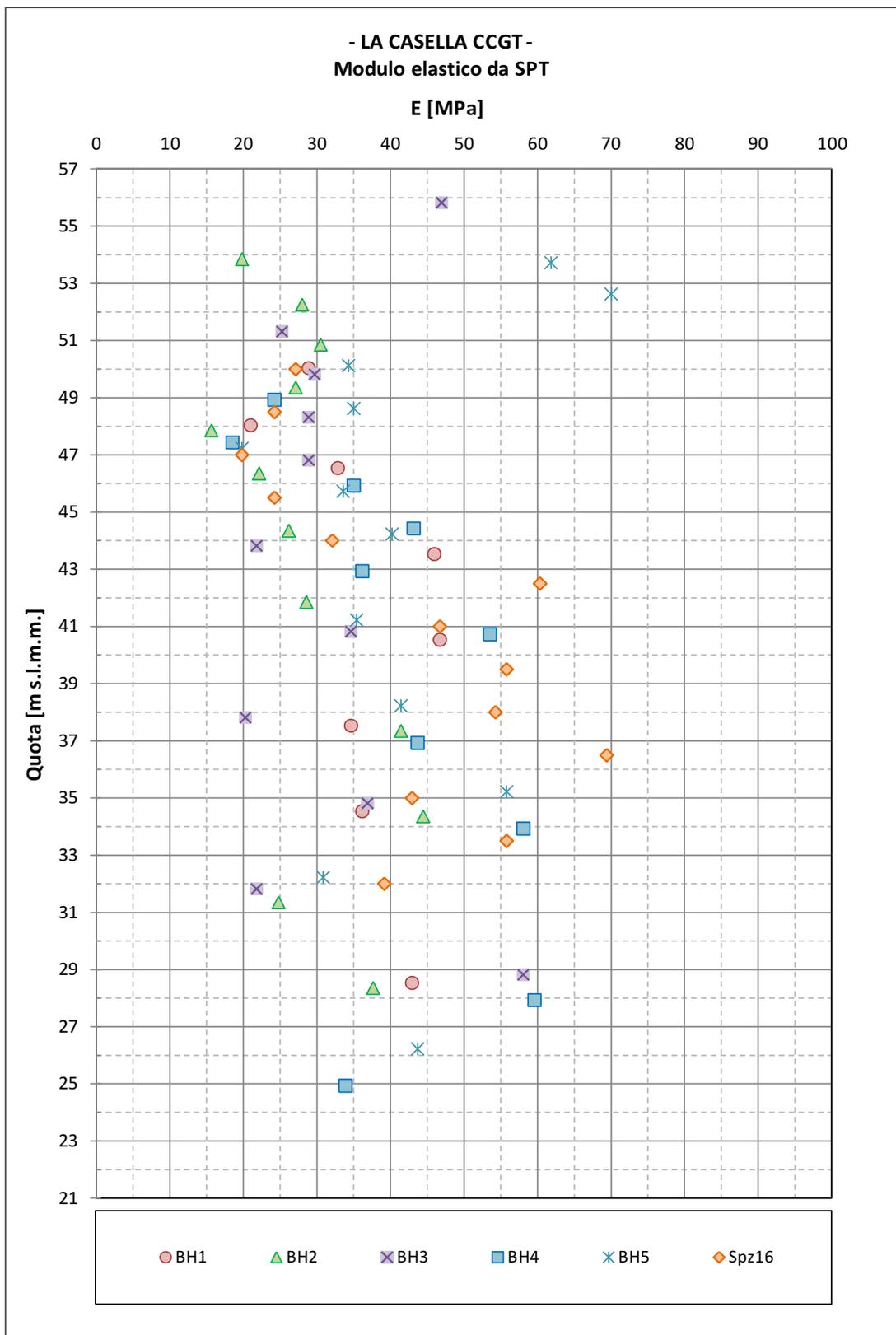
**Figura 3.4.1.1 – Valori di  $N_{SPT}$  misurati**



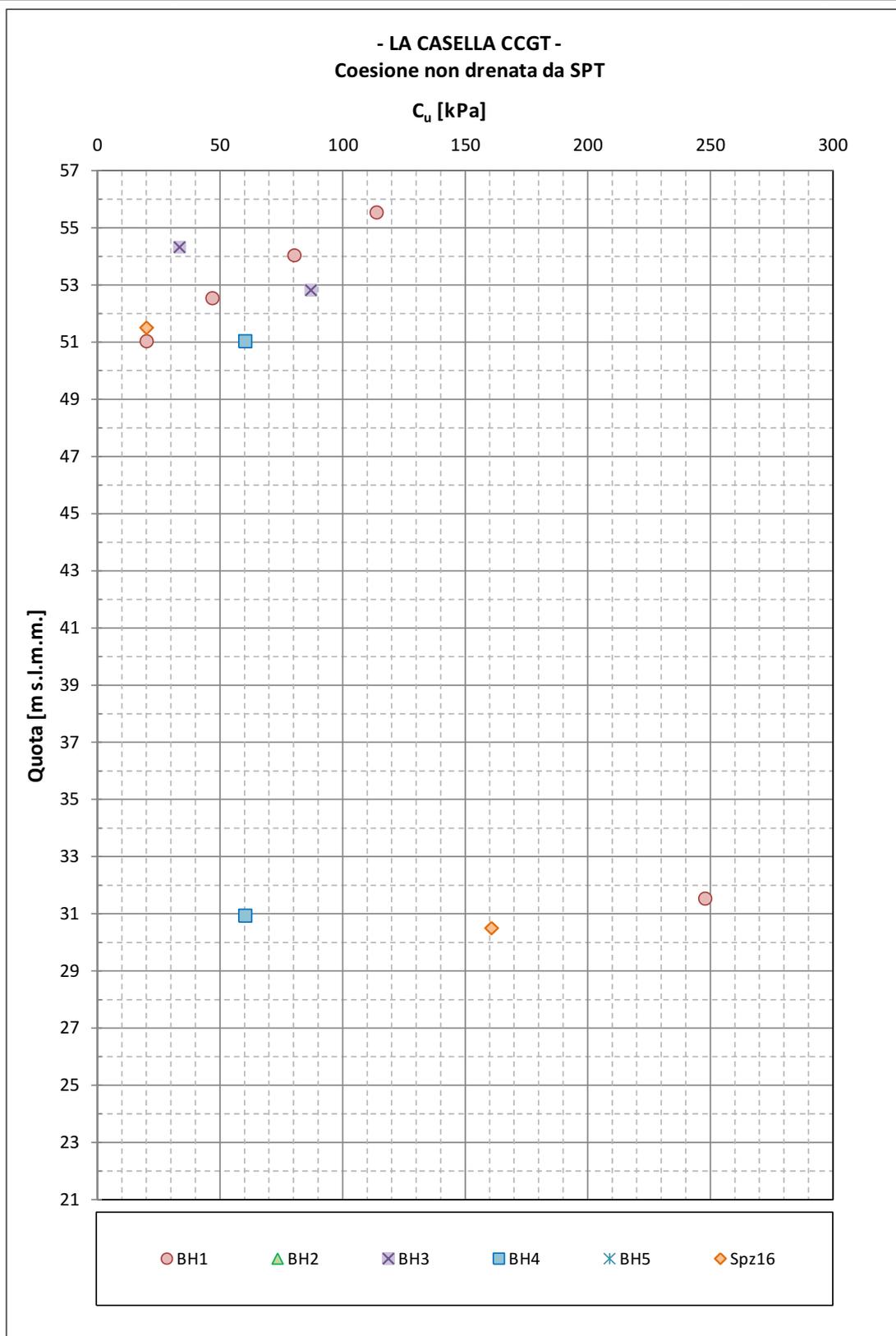
**Figura 3.4.1.2 - Densità relativa da  $N_{SPT}$**



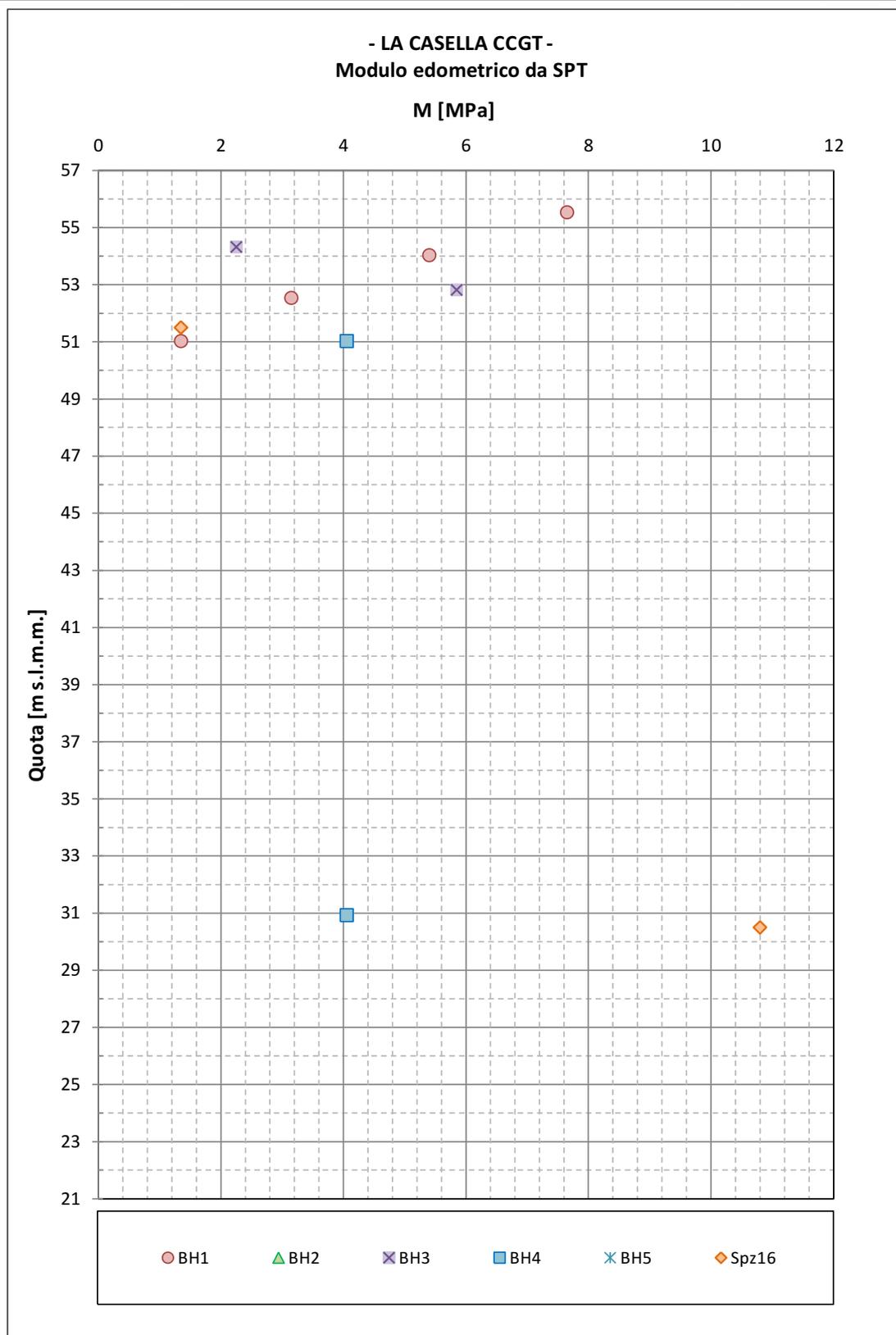
**Figura 3.4.1.3 – Angolo di attrito da  $N_{SPT}$**



**Figura 3.4.1.4 – Modulo di Young da  $N_{SPT}$**



**Figura 3.4.1.5 - Coesione non drenata da  $N_{SPT}$**



**Figura 3.4.1.6 – Modulo Edometrico da  $N_{SPT}$**



	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00      07.07.21 Sheet      of <i>Pagina</i> <b>21</b> <i>di</i> <b>55</b>

$$I_{c,RW} = \sqrt{(3.47 - \text{Log } Q_t)^2 + (\text{Log } F_r + 1.22)^2}$$

Secondo quanto affermato da *Ku, Juang e Ou (2010)*, la classificazione dei terreni in coesivi o granulari può essere effettuata sulla base di un valore limite per il suddetto indice, ovvero:

$$I_{c,RW} < 2.67 \quad \text{terreni granulari}$$

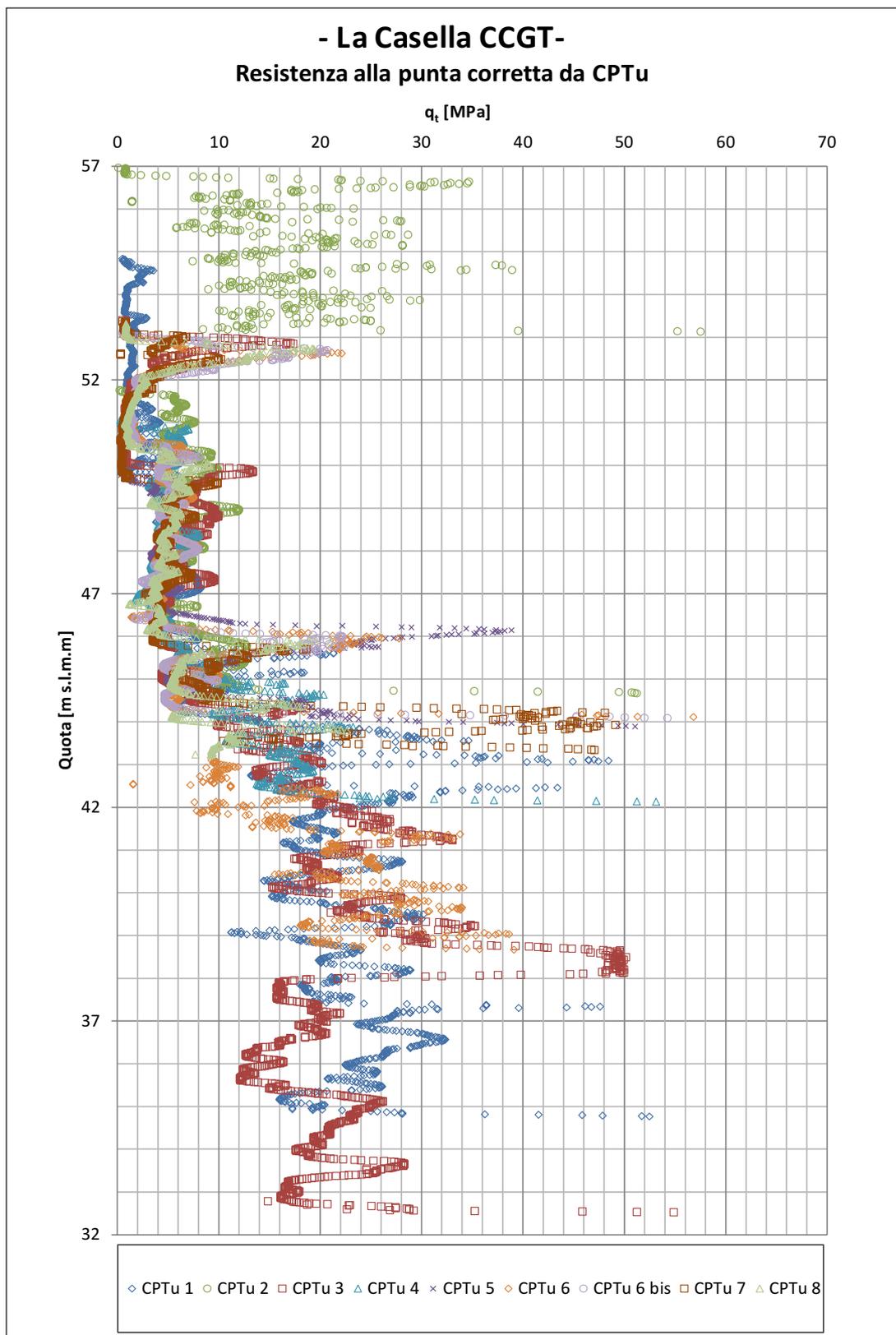
$$I_{c,RW} > 2.67 \quad \text{terreni coesivi}$$

In figura 3.4.2.5 è mostrato l'andamento dei valori di  $I_{c,RW}$  calcolati in funzione della profondità per ciascuna CPTU esaminata.

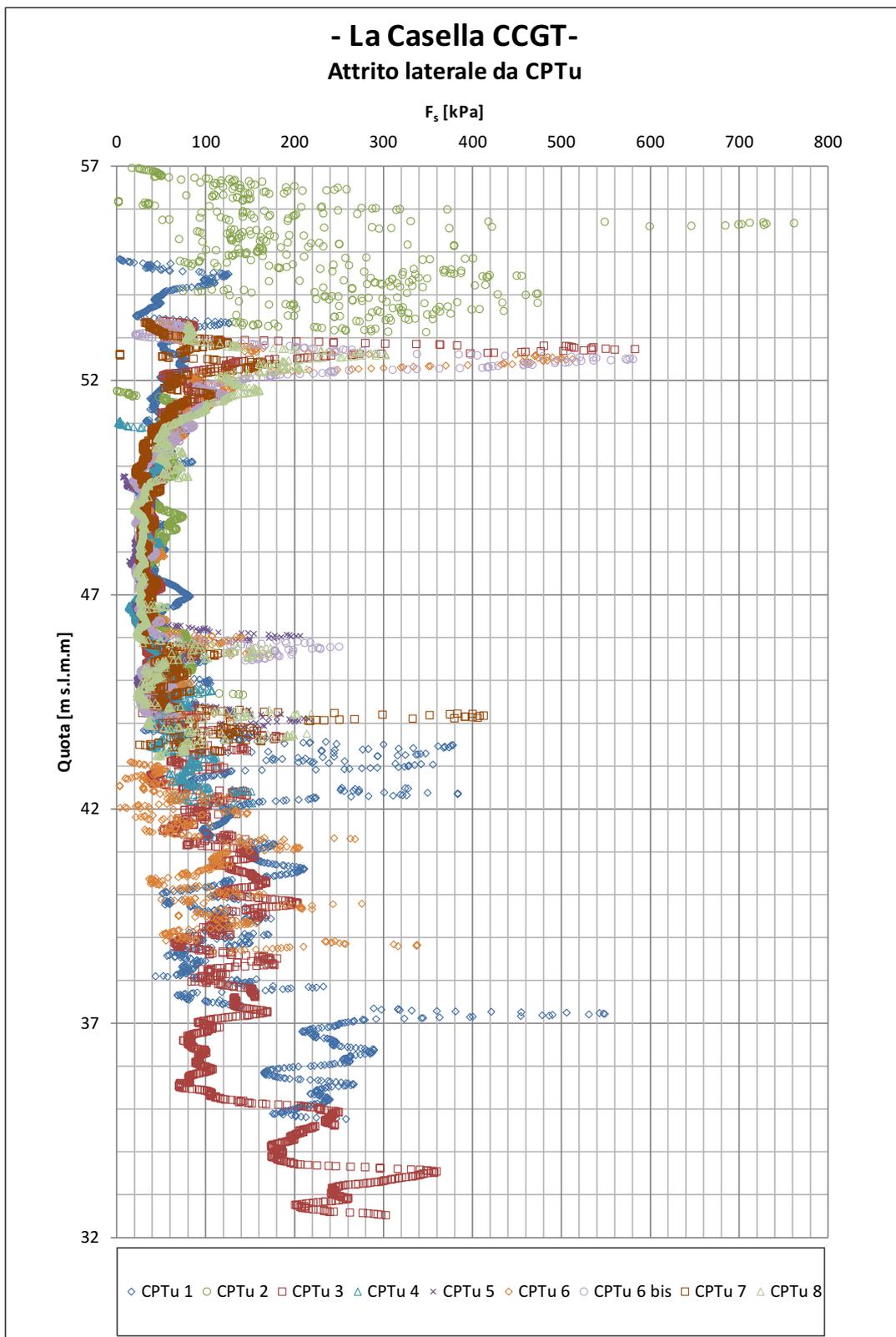
Oltre al già citato limite che divide i materiali a comportamento granulare da quelli coesivi ( $I_{c,RW} = 2.67$ ), nel grafico è stato raffigurato un altro valore di riferimento ( $I_{c,RW} = 2.05$ ) che definisce il comportamento di materiali limoso-sabbiosi.

Dall'osservazione delle figure sin qui menzionate si evince che:

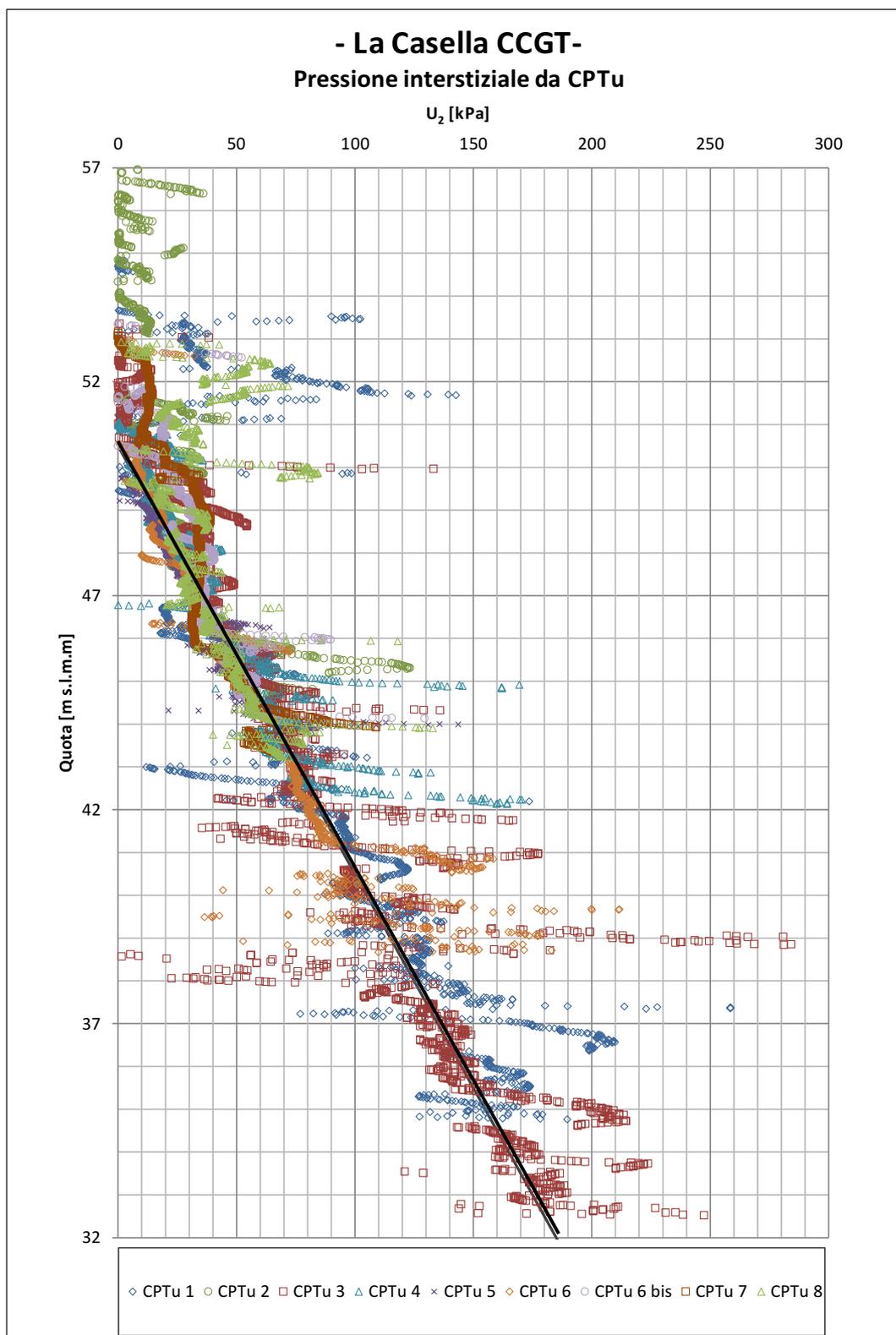
- l'area in esame è costituita da terreni prevalentemente granulari; tale caratteristica viene rilevata, oltre che dai grafici di classificazione del comportamento, anche dalle sovrappressioni generate dall'infissione della punta penetrometrica, misurate nel corso delle prove CPTu, sempre vicine ai valori di pressione neutra, come visibile nella figura 3.4.2.3.
- lo "strato 1", nel seguito caratterizzato come granulare, contiene tuttavia alcune lenti coesive;
- lo "strato 2" è classificabile come argilla limosa/limo argilloso;
- lo "strato 3" risulta prevalentemente costituito da sabbie limose e limi sabbiosi;
- lo "strato 4" conferma l'alternanza di materiale sabbioso ghiaioso e sabbioso limoso; in particolare è netto il prevalere di componente ghiaiosa tra 45 e 38 m s.l.m.;
- lo "strato 5\*" non è stato individuato perché presente a profondità maggiori rispetto a quelle investigate mediante CPTU.



**Figura 3.4.1 – Valori di resistenza alla punta corretta, da CPTu**



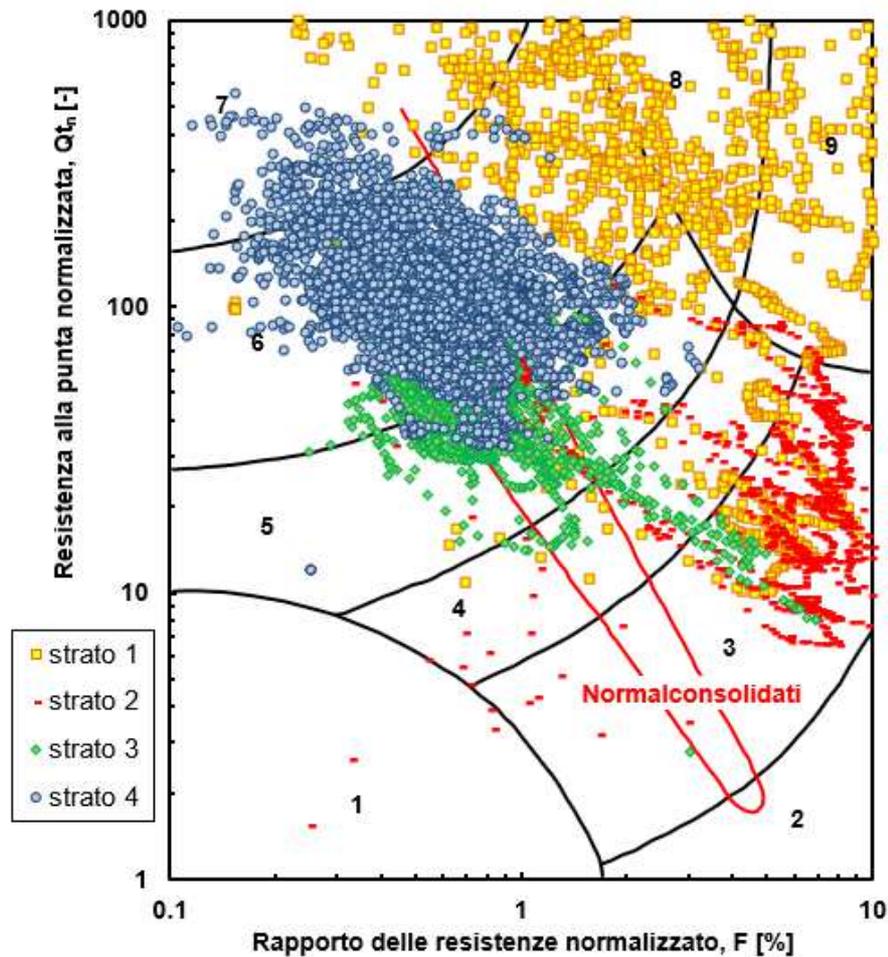
**Figura 3.4.2 – Valori di attrito laterale da CPTu**



**Figura 3.4.3** – Valori di pressione interstiziale da CPTu  
(linea nera = pressione neutra)

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet      of <i>Pagina</i> 25    di    55

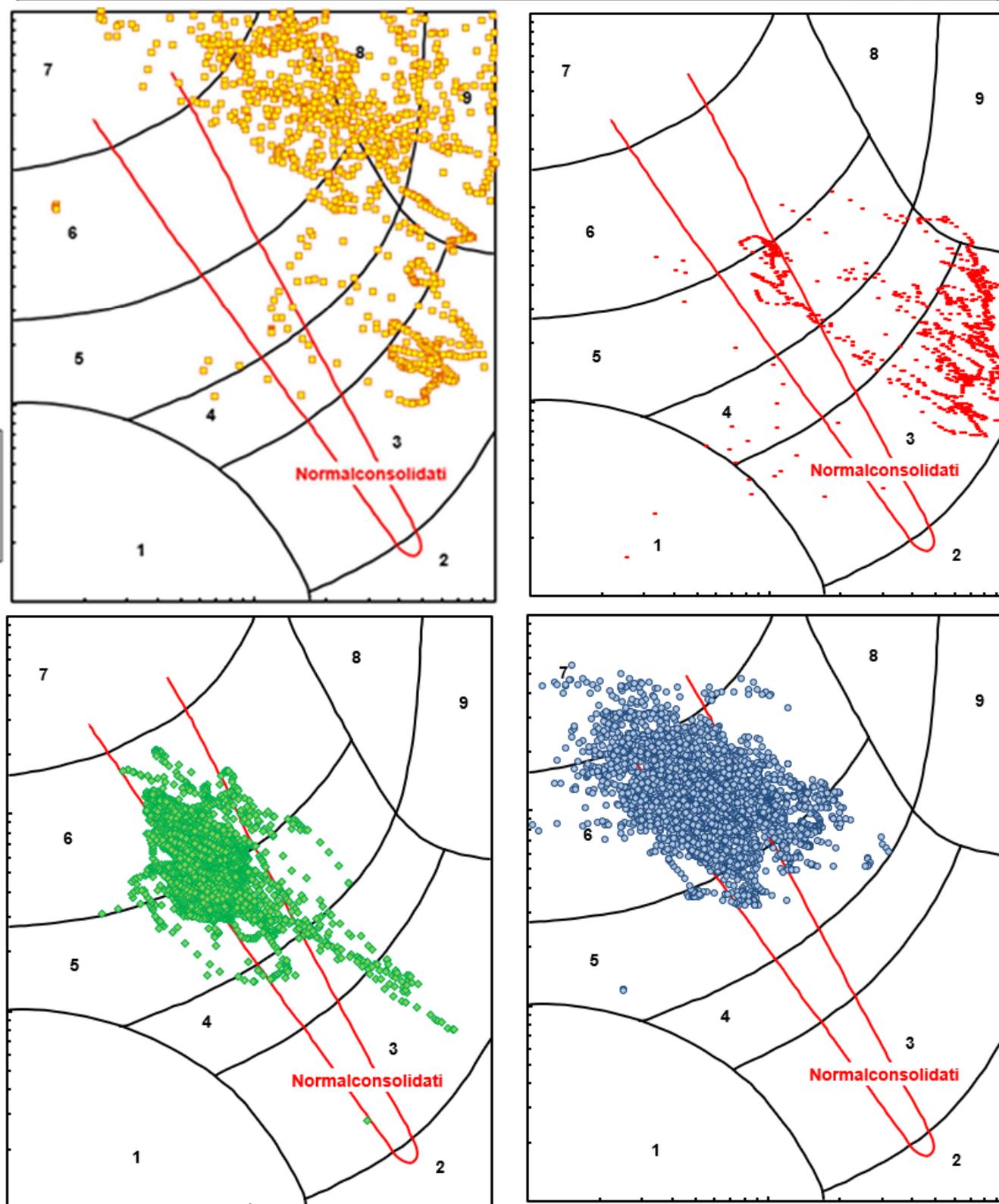
**Classificazione dei terreni da CPTu (Robertson, 1990)**



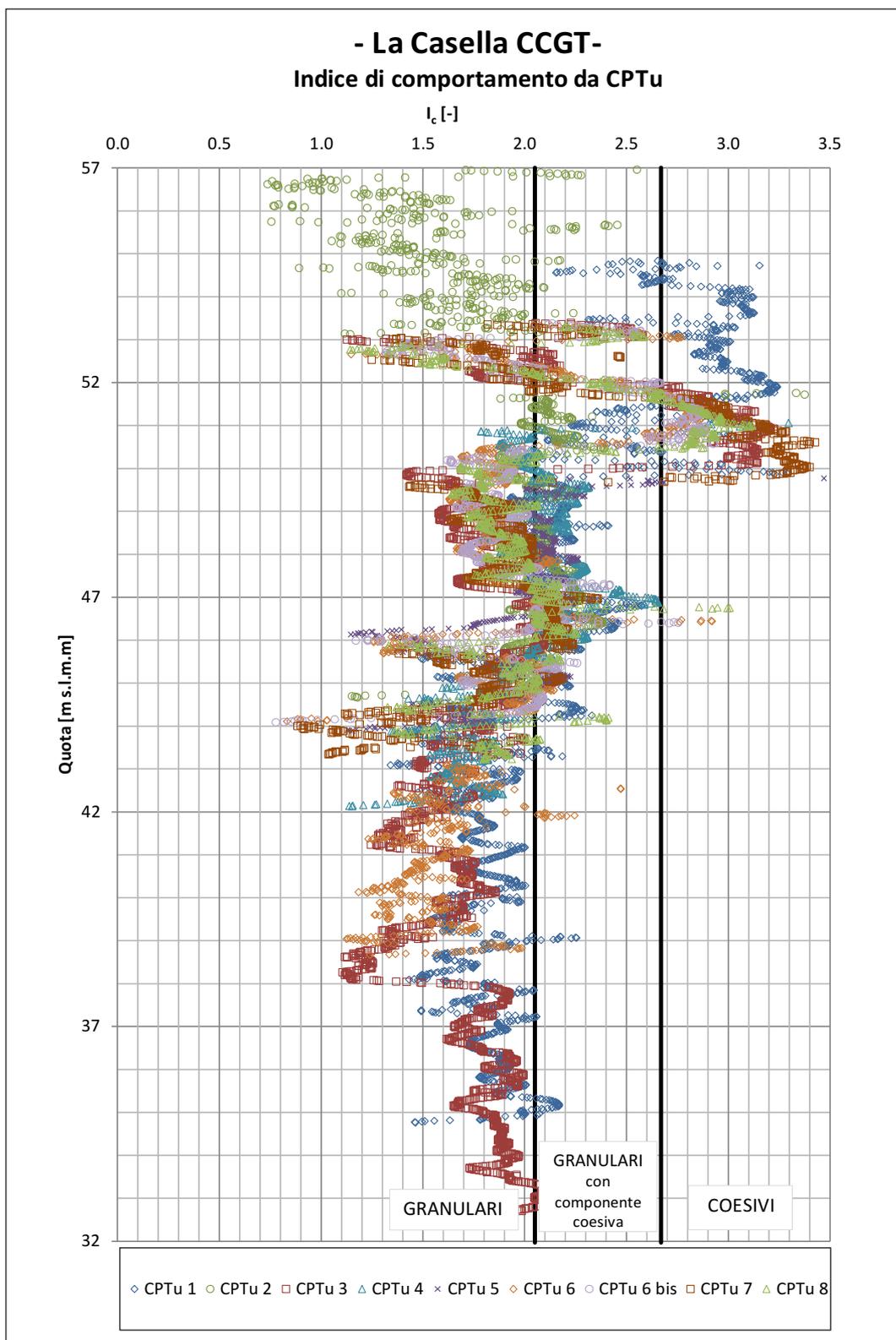
**Soil types:**

- 1) sensitive, fine grained;
- 2) peats;
- 3) Silty clay to clay;
- 4) Clayey silt to silty clay;
- 5) Silty sand to sandy silt;
- 6) Clean sand to silty sand;
- 7) gravelly sand to dense sand;
- 8) Very stiff sand to clayey sand, heavily overconsolidated or cemented);
- 9) Very stiff, fine grained (heavily overconsolidated or cemented)

**Figura 3.4.2.4–** *Classificazione dei terreni secondo Robertson 1990  
(per maggiori dettagli sugli strati si rimanda ai paragrafi 3.2 e 3.5)*



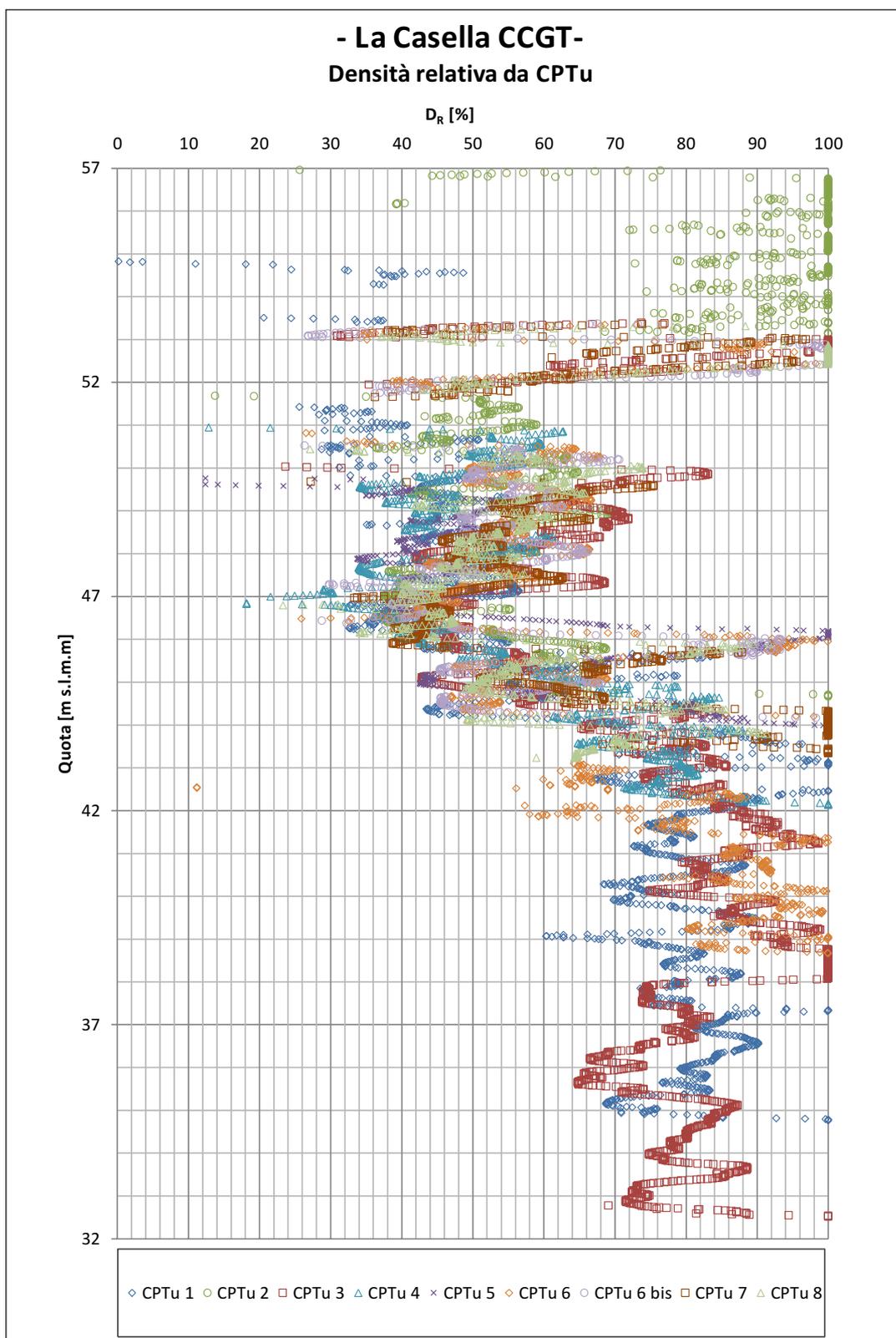
**Figura 3.4.2.4\_bis** – Classificazione dei terreni secondo Robertson 1990 – per strati



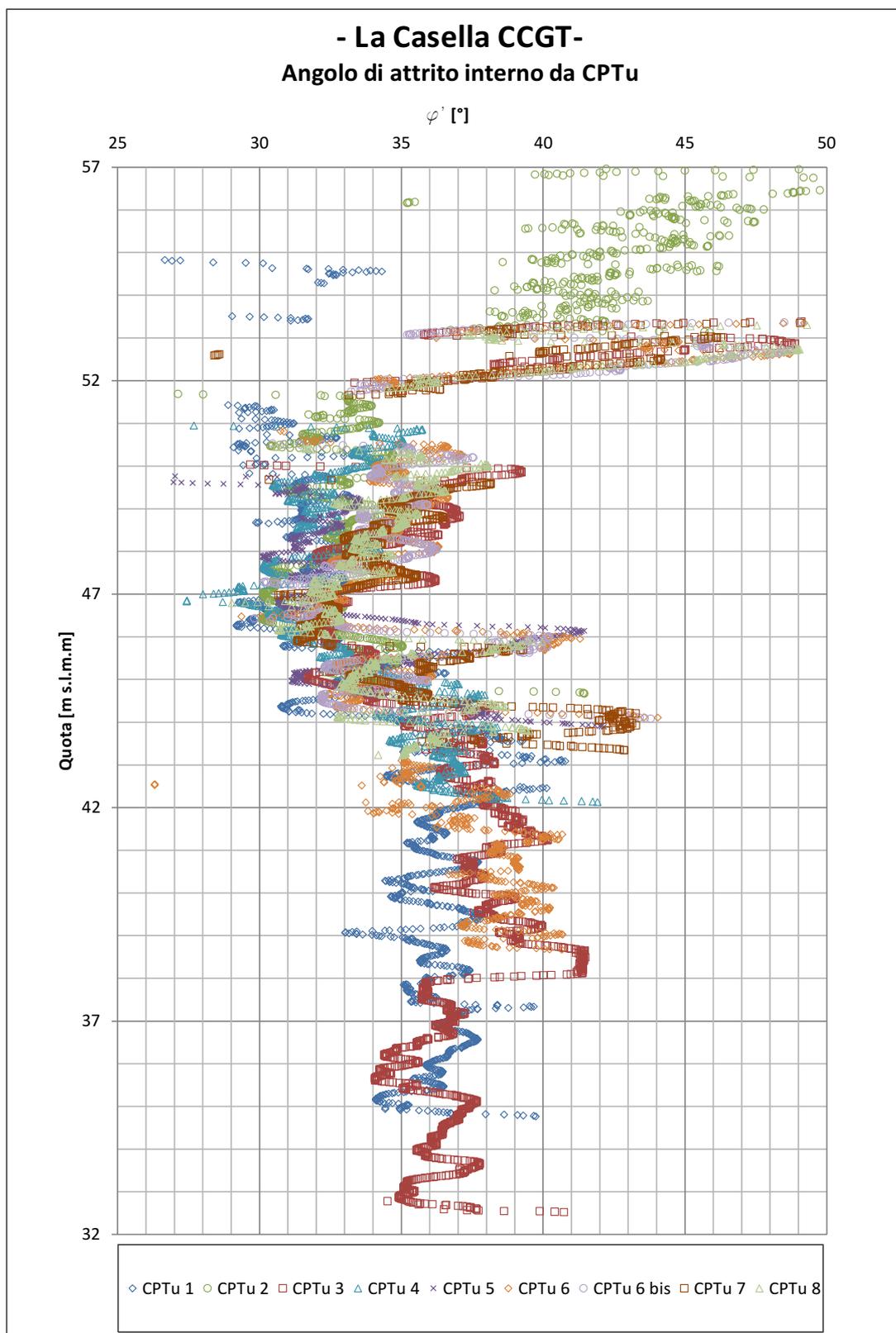
**Figura 3.4.5 – Indice di comportamento da CPTu**



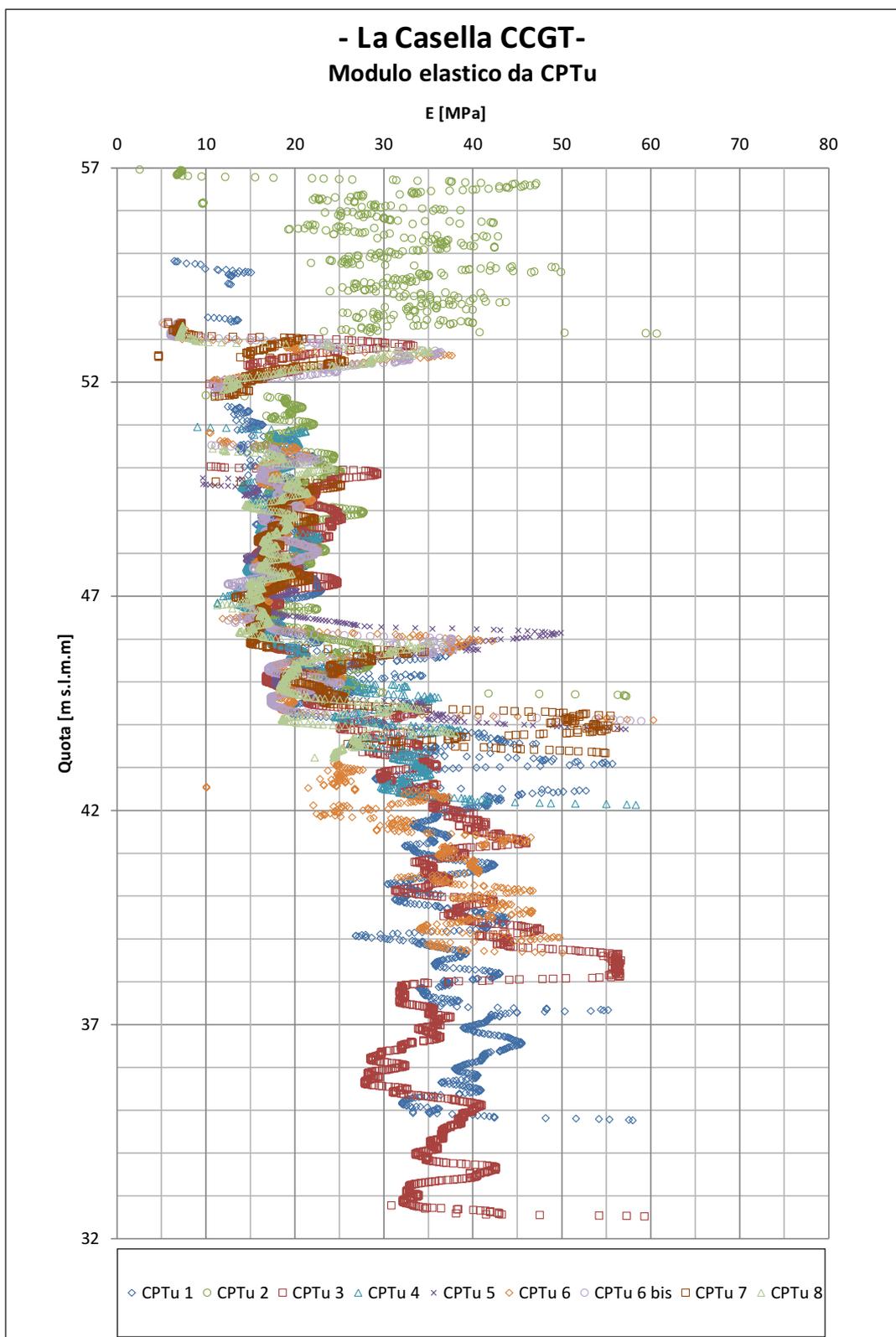




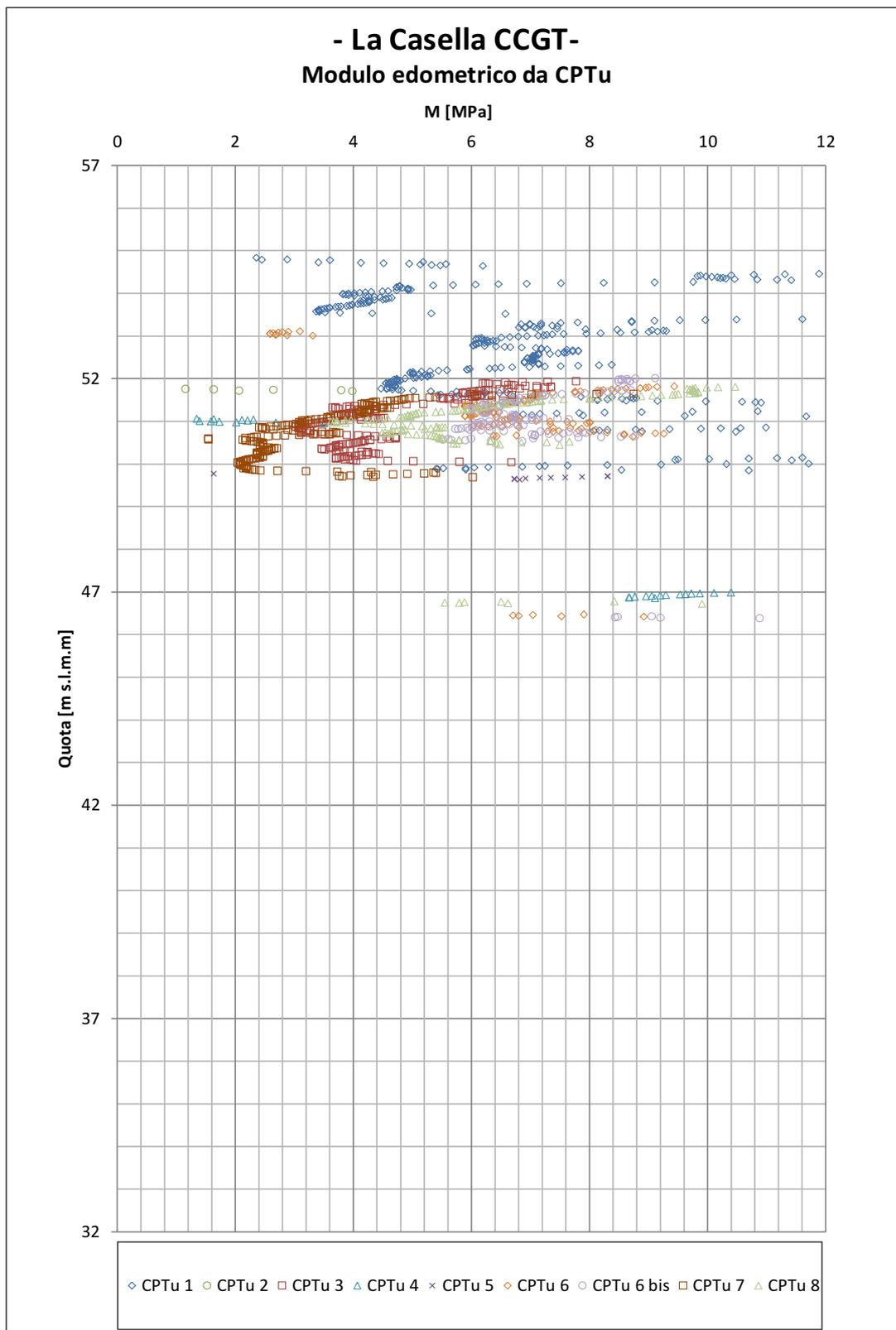
**Figura 3.4.6 – Valori di densità relativa da CPTu**



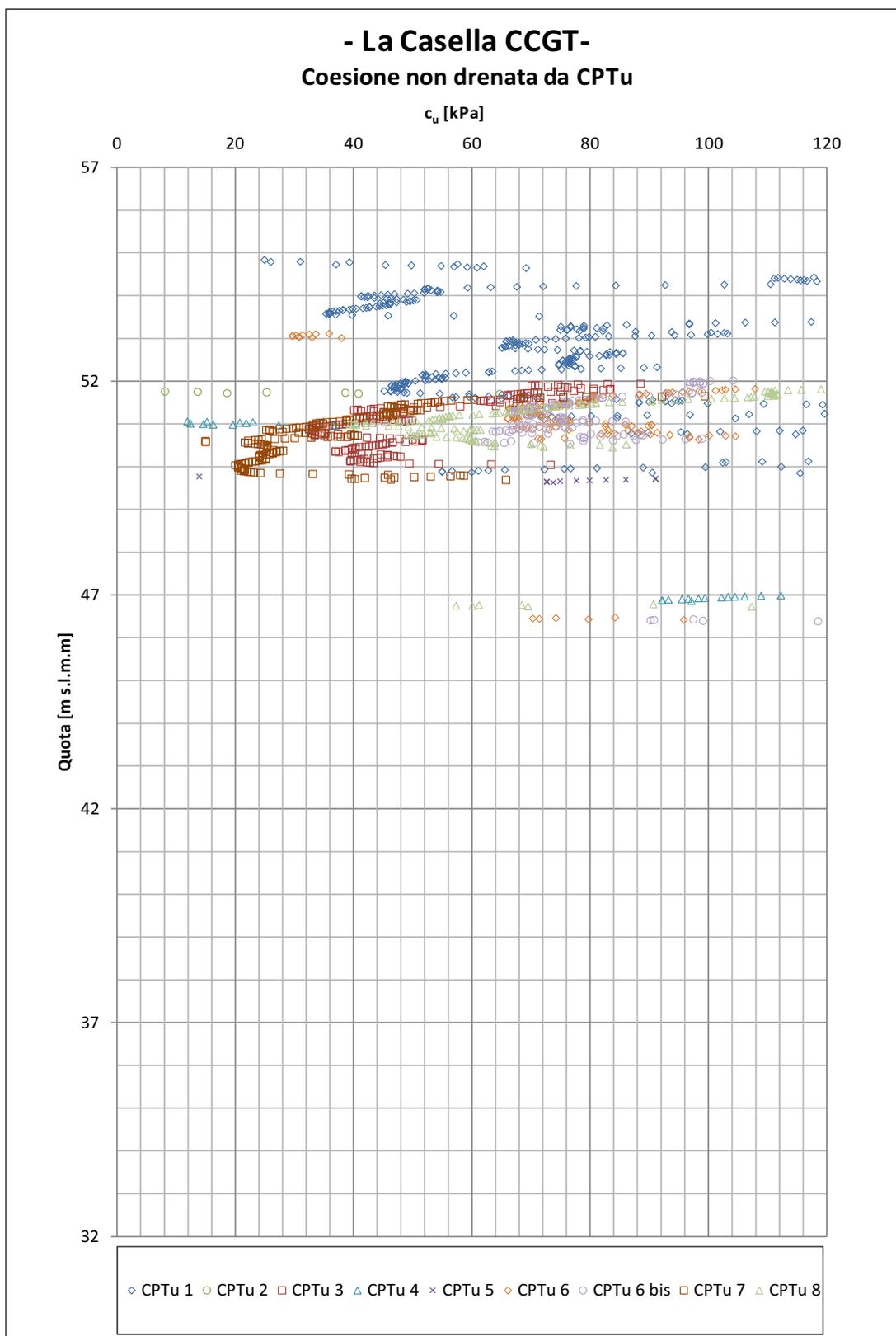
**Figura 3.4.7** – Valori di angolo di attrito interno da CPTu



**Figura 3.4.8** – Valori di modulo elastico da CPTu



**Figura 3.4.9** – Valori di modulo di compressione edometrica da CPTu



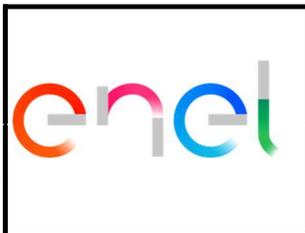
**Figura 3.4.10** – Valori di coesione non drenata da CPTu



	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet      of <i>Pagina</i> <b>36</b> <i>di</i> <b>55</b>

Dall'osservazione della figura 3.4.3.1 si evince che le analisi granulometriche confermano la presenza di terreni essenzialmente sabbiosi e sabbioso-limosi (negli strati 3 e 4 è stata valutata la percentuale di fine, senza precisare componenti limose e componenti argillose), con componente ghiaiosa particolarmente rilevante nel livello 4a (Sabbia ghiaiosa).

La medesima figura attesta altresì che il livello 2 è costituito da materiale fine, limoso argilloso; analogamente le analisi confermano anche la natura coesiva dell'intercalazione localmente riscontrata tra 32 e 29 m s.l.m. nei sondaggi BH1 e BH4.



Analisi granulometriche

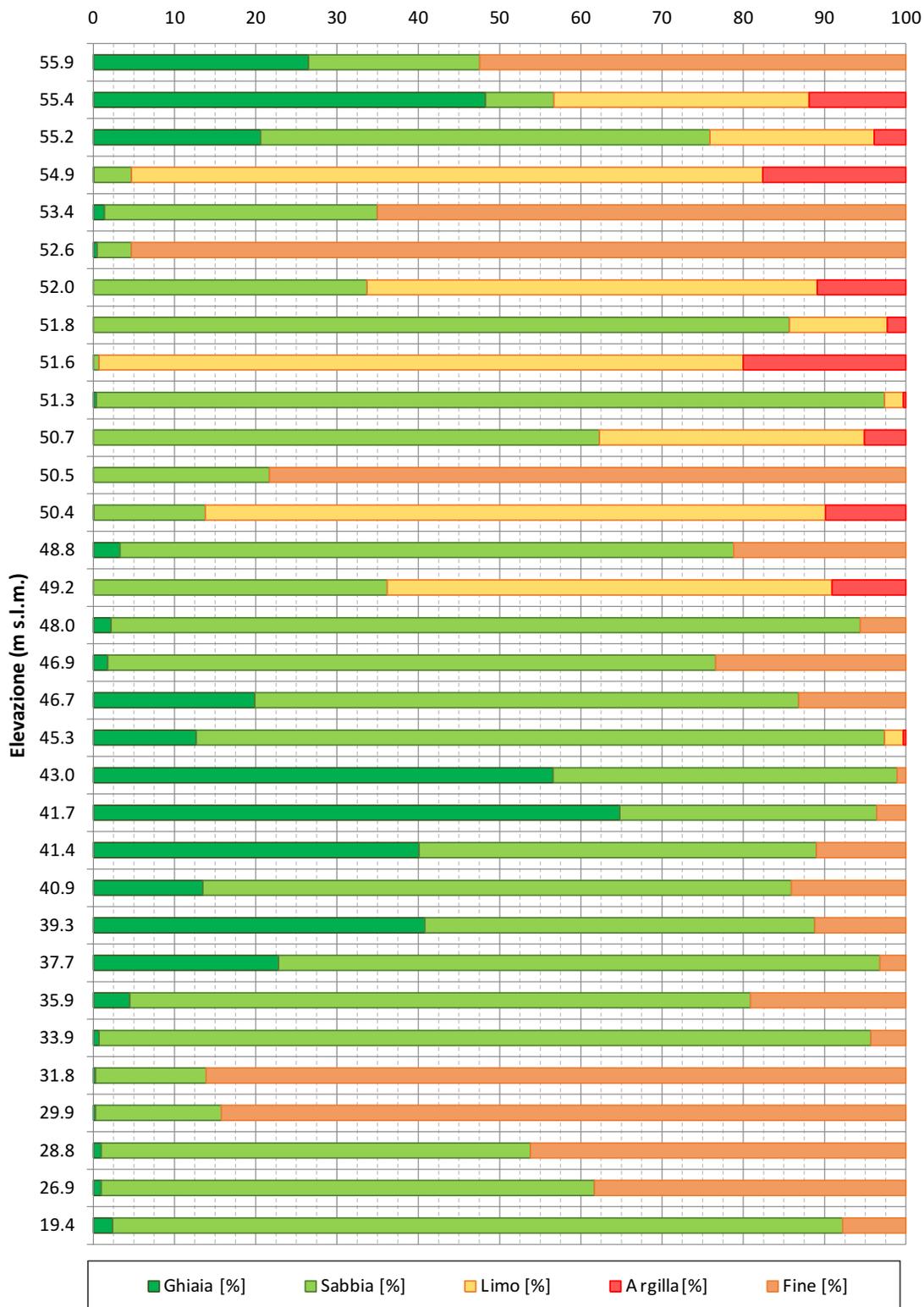


Figura 3.4.3.1 - Analisi granulometriche

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet      of <i>Pagina</i> <b>38</b> of <b>55</b> <i>di</i>

### 3.4.4 Confronto dei risultati ottenuti dalle diverse prove

Le figure che seguono riportano i valori dei parametri geotecnici calcolati e ricavati sia dalle diverse prove in sito sia da quelle di laboratorio; tutti questi dati sono messi a confronto in funzione della quota rispetto al l.m.m..

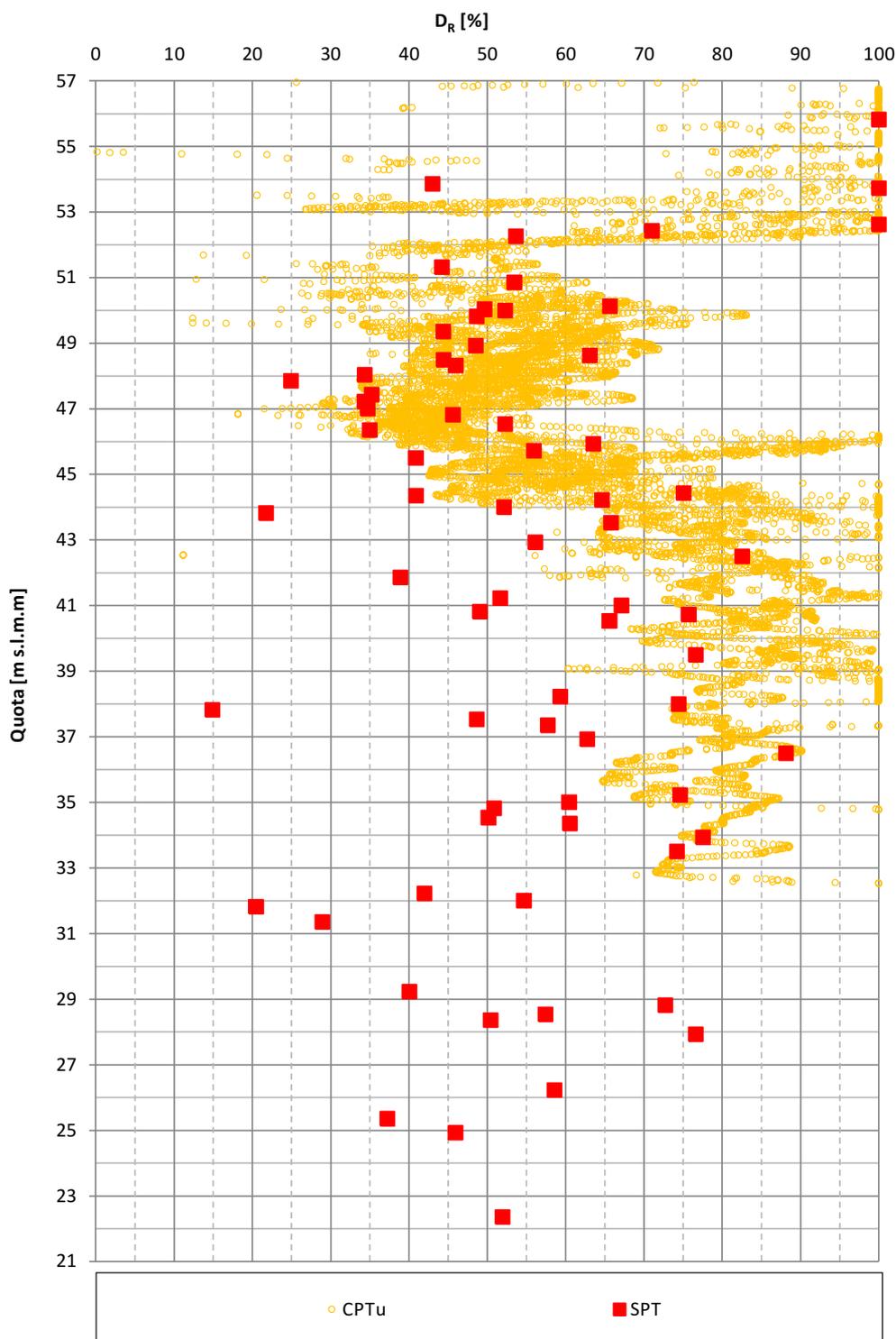
Come si può vedere dall'andamento dei grafici sovrapposti, i valori delle varie grandezze/parametri, ricavati da differenti prove, attraverso differenti correlazioni portano a risultati abbastanza simili per i livelli 1, 2 e 3, mentre discrepanze un poco più rilevanti si riscontrano sul livello 4.

Per lo strato 5\*, riscontrato solo localmente, gli unici dati disponibili sono quelli forniti dalle prove SPT.

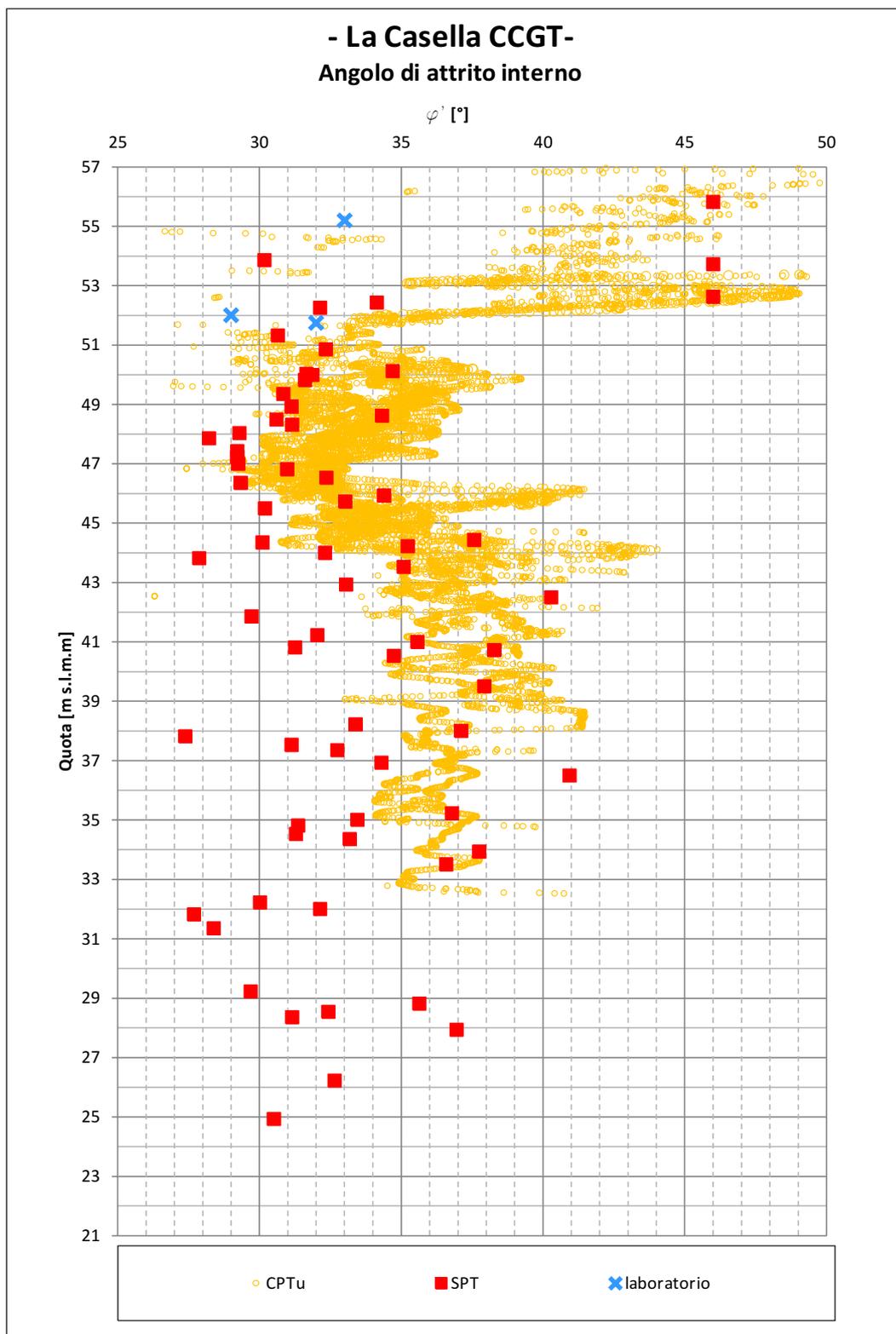
Lo strato 6, invece, non è stato caratterizzato per mancanza di dati.

Nella stratigrafia riprodotta nel paragrafo 3.5 si riportano per ciascun parametro unicamente i valori complessivamente ritenuti più idonei a fungere da riferimento di progetto.

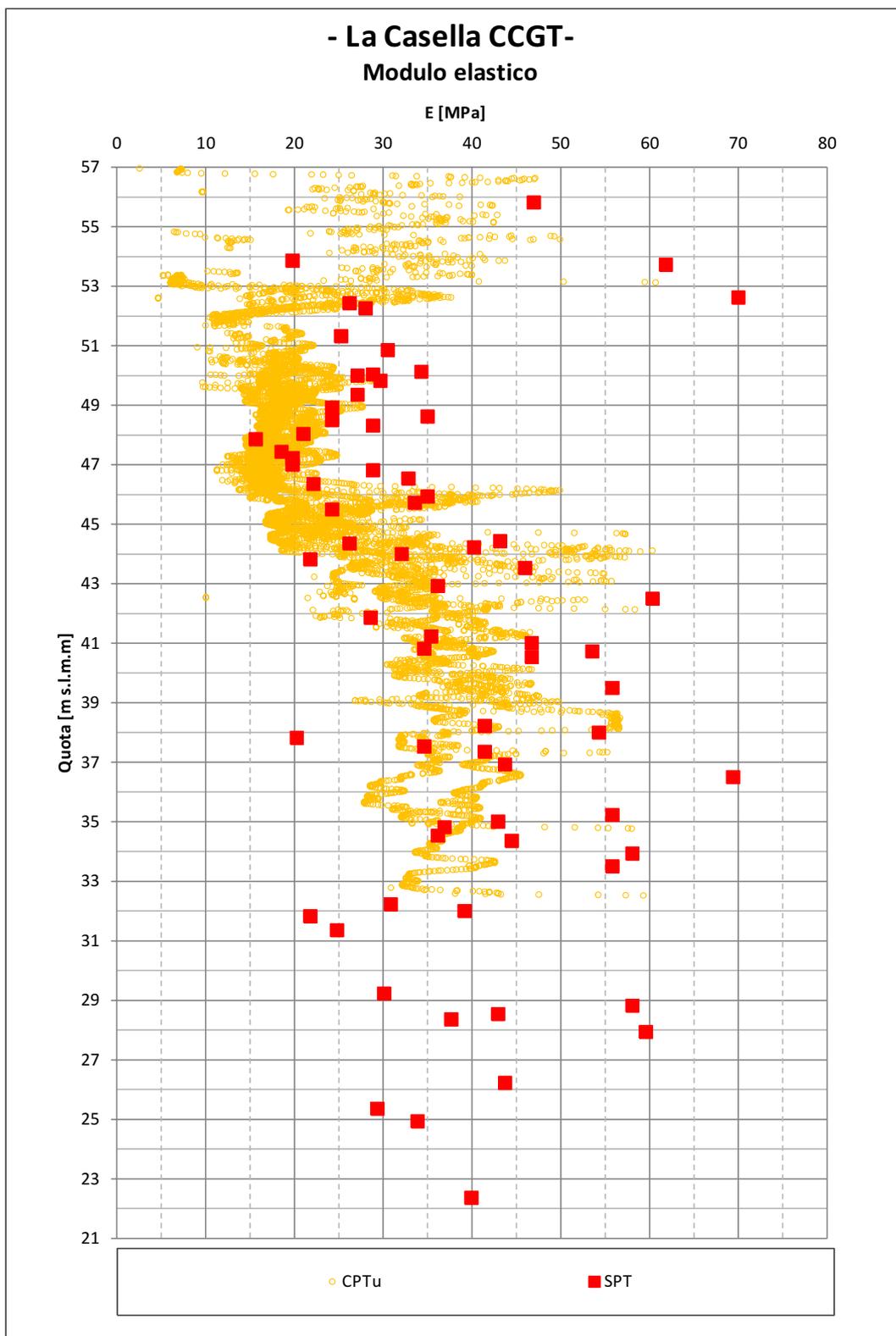
**- La Casella CCGT-  
Densità relativa**



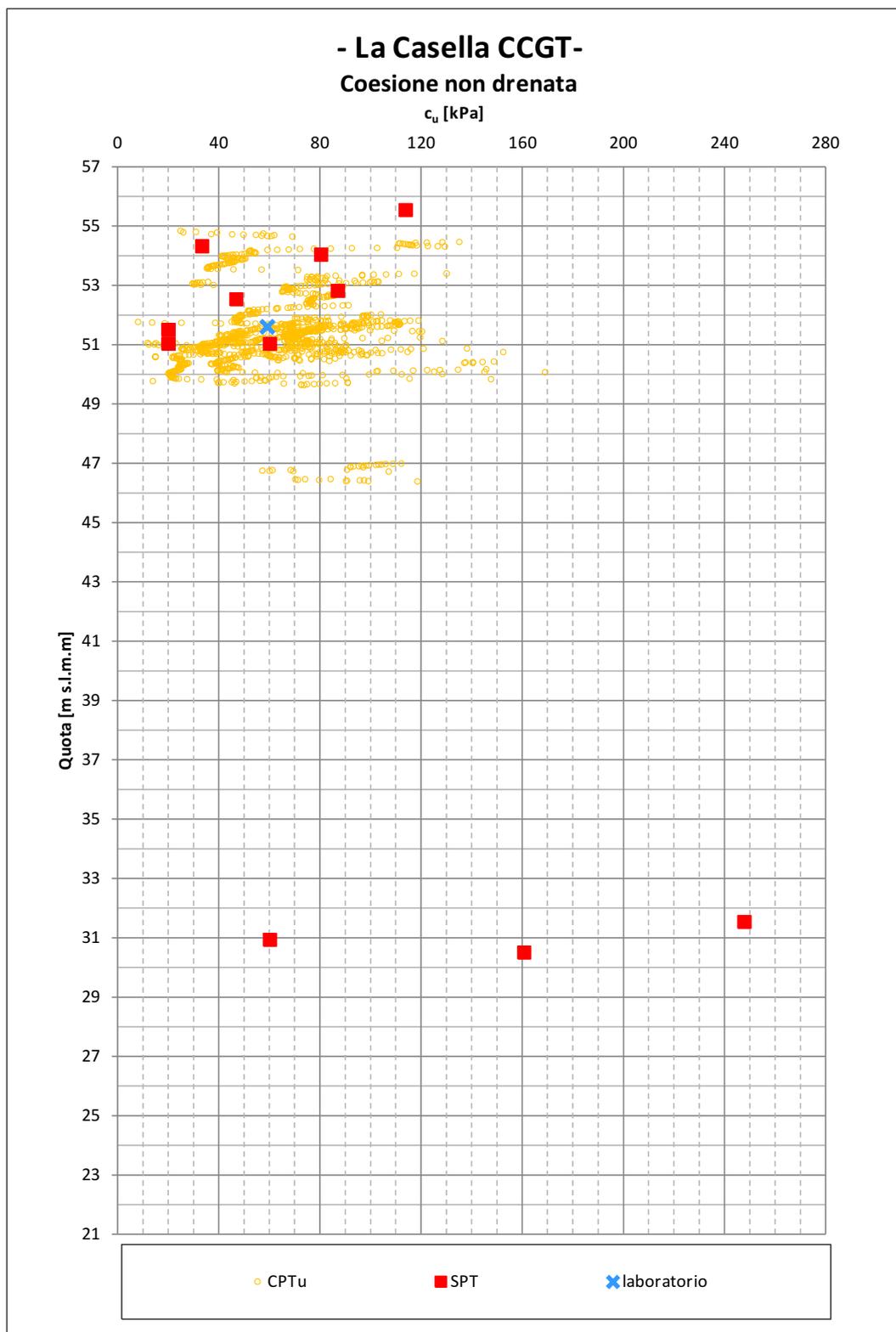
**Figura 3.4.4.1 – Densità relativa da SPT e CPTu**



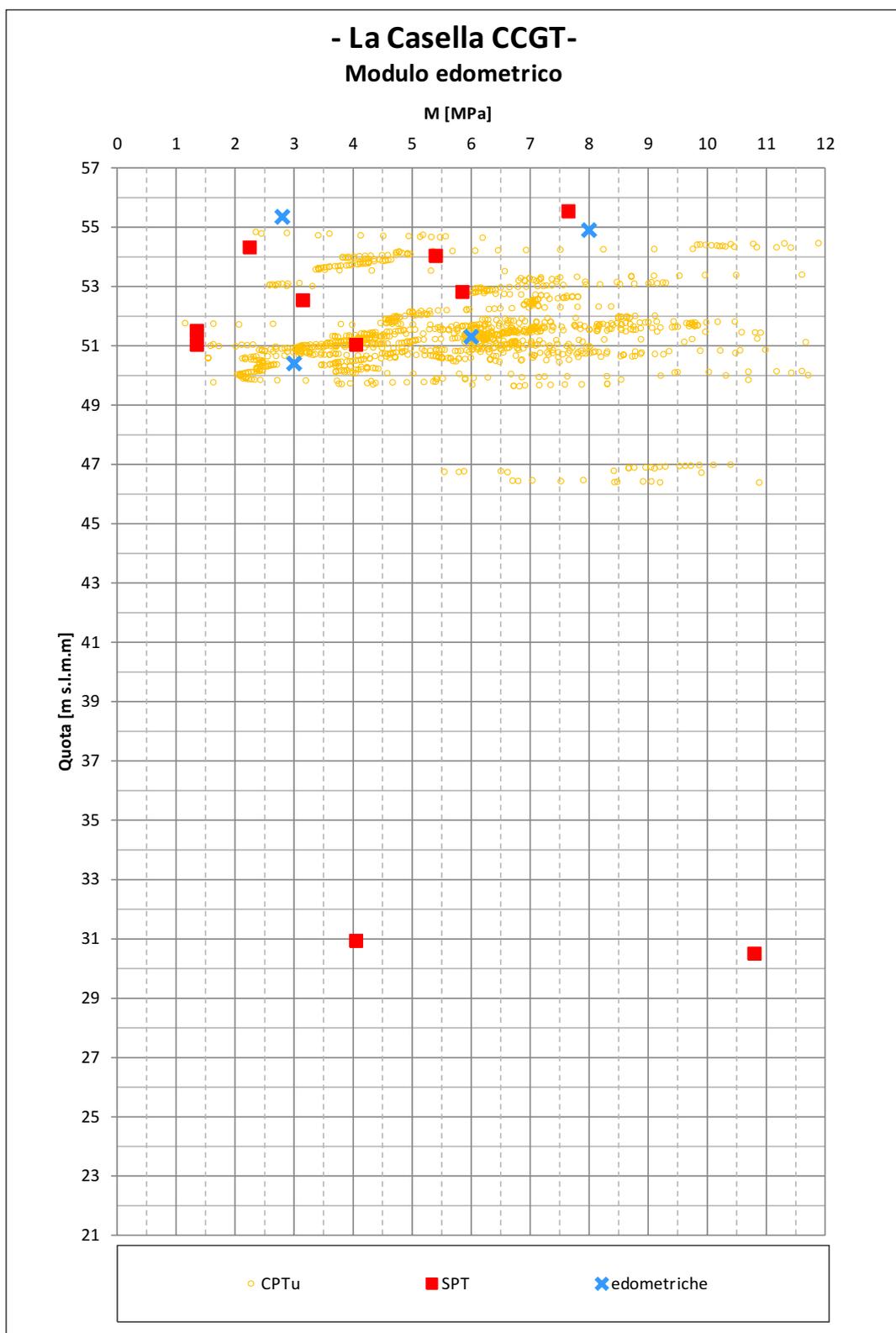
**Figura 3.4.4.2 – Angolo d’attrito da SPT, CPTu e laboratorio**



**Figura 3.4.4.3 – Modulo elastico da SPT e CPTu**



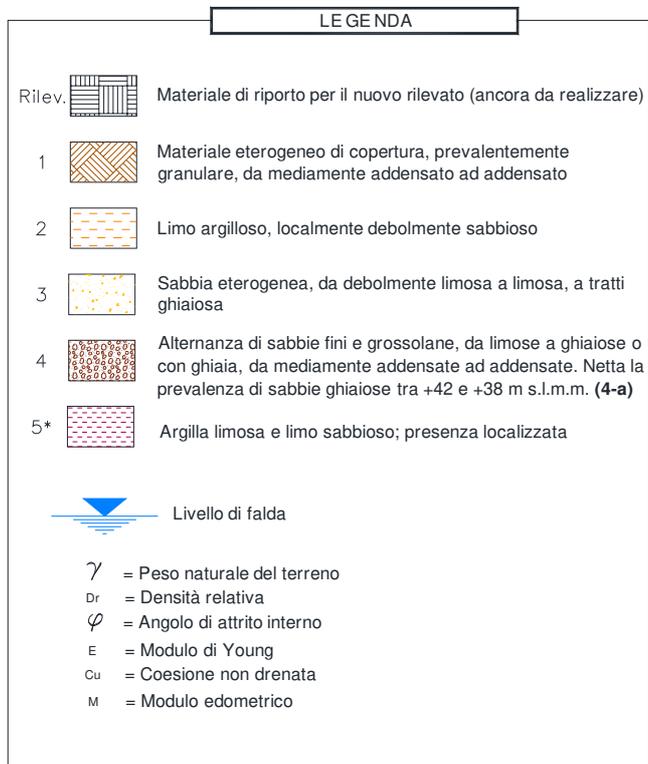
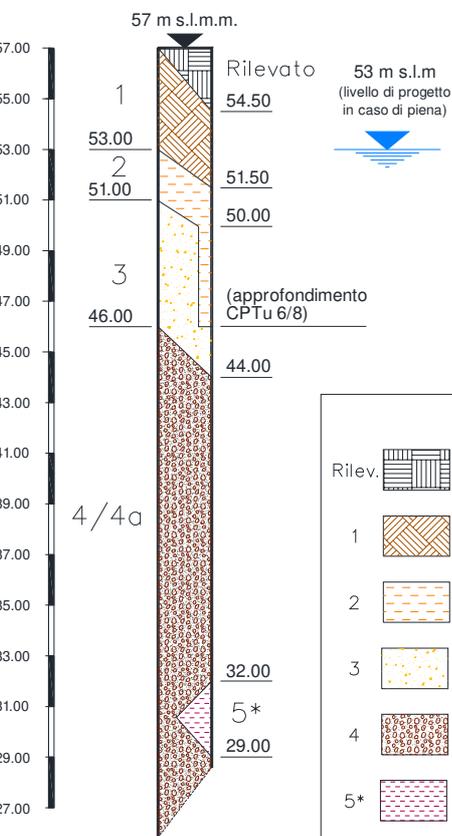
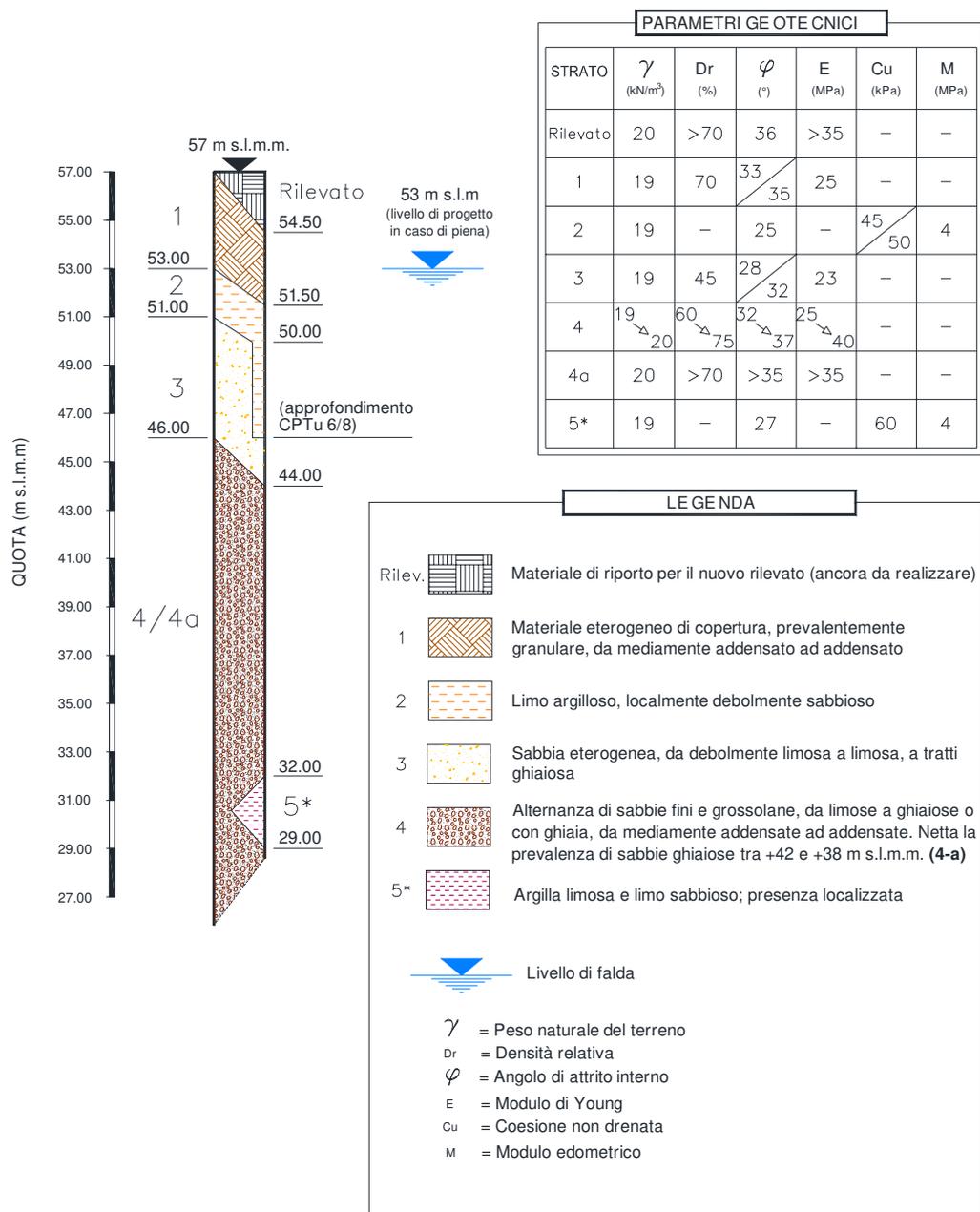
**Figura 3.4.4.4** – Coesione non drenata da SPT, CPTu e laboratorio



**Figura 3.4.4.5** – Modulo edometrico da SPT, CPTu e laboratorio

### 3.5 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Con rimando a quanto descritto nei precedenti paragrafi, all'area di intervento viene quindi attribuita la seguente stratigrafia di progetto, comprensiva anche di una caratterizzazione del materiale di riporto antropico che andrà a costituire il rilevato necessario per innalzare il piano campagna a + 57.05 m sul livello del mare.



**Figura 3.5.1 – Stratigrafia di riferimento per le aree di intervento**





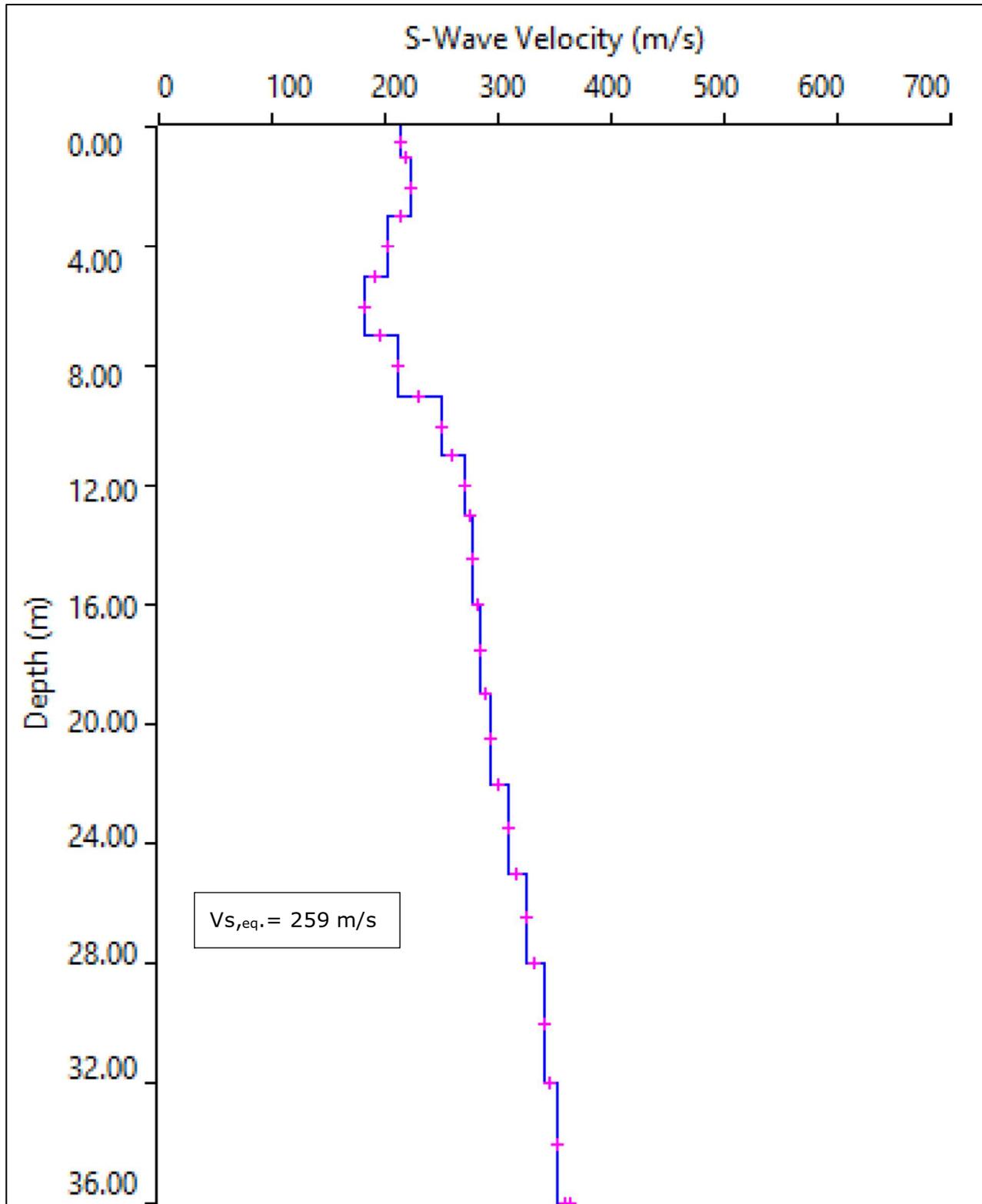
**CENTRALE DI LA CASELLA (PC)**

Document  
Documento n.  
**PBITC00062 00**

**RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  
GEOTECNICA**

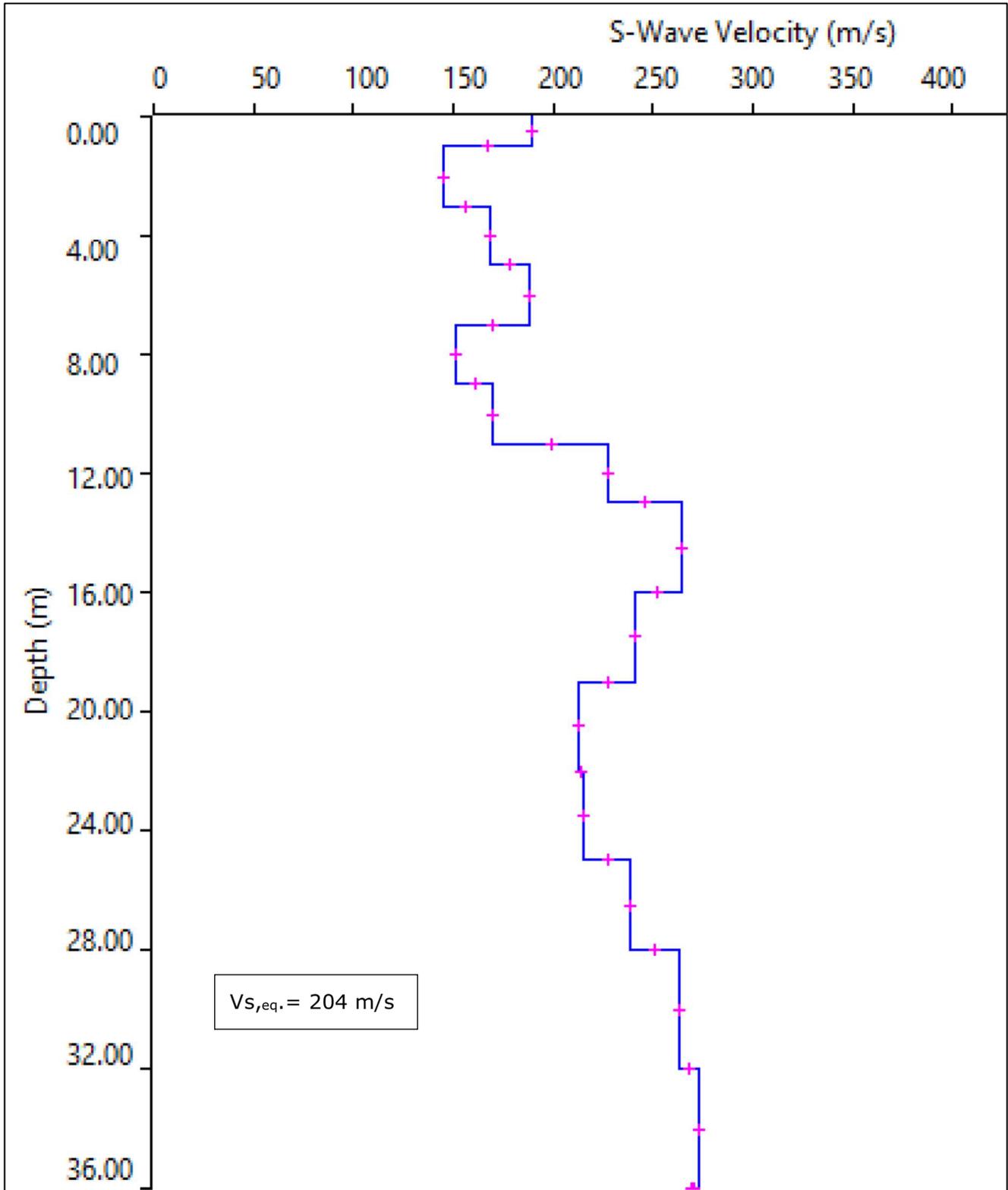
REV. 00 07.07.21

Sheet  
Pagina **46** of  
di **55**



**Figura 4.1.2** –  $V_s$  misurate dalla prova MASW 1

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet      47    of <i>Pagina</i> <i>di</i> 55



**Figura 4.1.3** – Vs misurate dalla prova MASW 2

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00      07.07.21 Sheet      of <i>Pagina</i> <b>48</b> <i>di</i> <b>55</b>

## 4.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONE TOPOGRAFICA

Ai sensi del paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018, vengono qui determinate la categoria di sottosuolo e la condizione topografica proprie dei terreni sui quali si realizzerà l'intervento in progetto.

In base ai risultati delle prove MASW, dalle quali si sono stimati valori di  $V_{s,eq}$  dell'ordine di 200÷260 m/s, i terreni in esame si possono classificare in **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  $i \leq 15^\circ$ ".

## 4.3 ACCELERAZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Il Testo Unico 2018 suddivide il territorio italiano in maglie a cui sono state attribuite accelerazioni sismiche massime su suolo rigido, definite in base alle coordinate assolute del luogo; nello specifico per la centrale in esame sono state considerate le seguenti coordinate:

- Latitudine: 45.088764
- Longitudine: 9.478017

Per i terreni di interesse l'accelerazione sismica di progetto, riferita ad un valore di vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera di 50 anni (opere ordinarie) in una classe d'uso IV (opere di importanza strategica: coefficiente  $C_u=2$ ), risulta essere:  $a_g = 0.119 g$ , ove "g" è l'accelerazione di gravità.

Tale accelerazione è quella caratteristica dello stato limite di salvaguardia della vita SLV, avente tempo di ritorno  $T_R = 949$  anni, calcolato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 949 \text{ anni}$$

in cui:

$P_{VR}$  = probabilità di superamento nel periodo di riferimento = 10%;

$V_R$  = periodo di riferimento =  $V_R = V_N \cdot C_u = 50 \text{ anni} \times 2 = 100 \text{ anni}$ .

Il valore del fattore di amplificazione spettrale massima sul sito di riferimento rigido orizzontale ( $F_0$ ) corrispondente è pari a 2.464.

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE          GEOTECNICA</b>	REV. 00     07.07.21 Sheet     of <i>Pagina</i> <b>49</b> of <b>55</b> <i>di</i>

Da NTC2018, il calcolo dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito andrebbe svolto utilizzando la formula

$$a_{max} = S_s S_T a_g$$

in cui:

- $S_s = 1.0 \leq 1.7 - 0.6 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.5 = 1.5$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, tabellato in normativa in funzione della categoria di suolo (C, come definito nel paragrafo 4.2);
- $S_T = 1.0$  è il coefficiente di amplificazione topografica per categoria tipo T1 (si veda il paragrafo 4.2).

Tuttavia, poiché il comune di Castel San Giovanni ha redatto uno studio sismico di secondo livello che attribuisce all'area della centrale un valore di FPGA pari a 1.8, per la definizione di  $a_{max}$  si farà riferimento proprio a questo valore.

$F_{PGA}$  è un fattore di amplificazione che si ottiene dividendo l'accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  alla superficie del sito (PGA) per l'accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  al suolo di riferimento ( $PGA_0$ , ossia  $a_g$  ricavato dalle NTC 2018).

Si può pertanto calcolare PGA tramite la seguente formula:

$$PGA = F_{PGA} \cdot PGA_0 = 1.8 \cdot 0.119g = 0.2142g$$

Infine, per calcolare  $a_{max}$  è necessario moltiplicare il valore di PGA per il parametro  $S_T$ , che come già spiegato nel caso in esame è pari a 1; pertanto  $a_{max}$  risulta pari a **0.2142g**.

#### 4.4 SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE

L'analisi di suscettibilità al fenomeno della liquefazione è stata condotta nella relazione geologica di Rif. [7], a cui si rimanda per dettagli e approfondimenti.

Da tale verifica risulta che una parte del terreno indagato, nello specifico si tratta dello strato 3, è effettivamente potenzialmente liquefacibile al verificarsi del sisma di riferimento.

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE          GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 <hr/> Sheet      of <i>Pagina</i> <b>50</b> di <b>55</b>

## 5. RILEVATI FONDAZIONALI

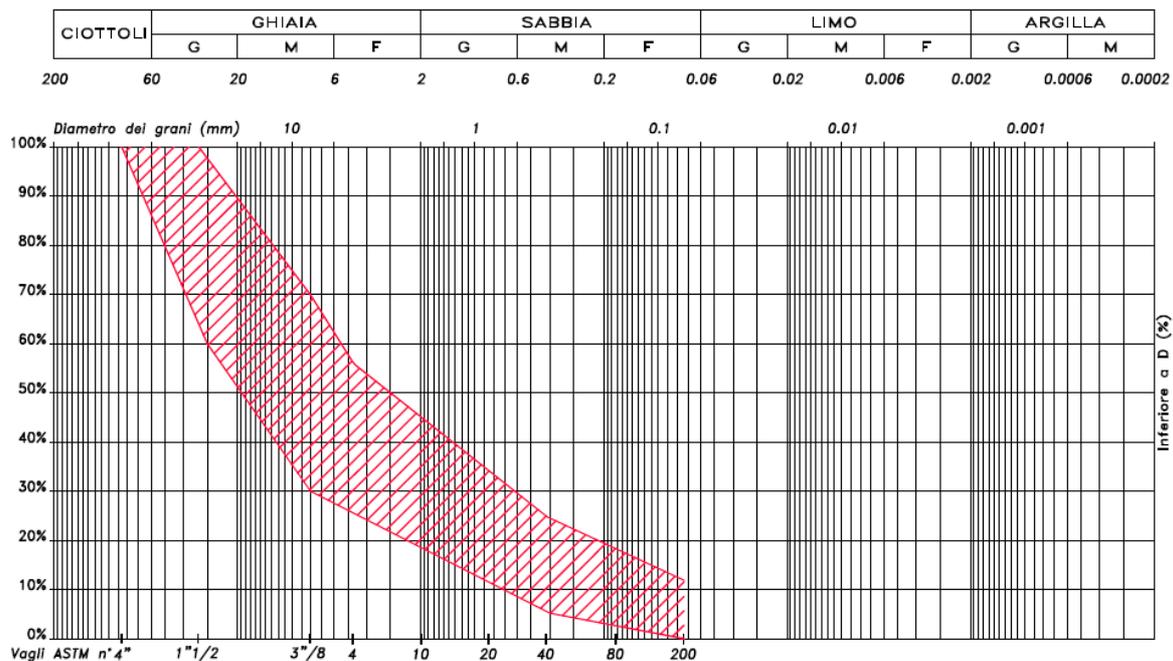
Al fine di mitigare il rischio idraulico, il piano finito delle nuove installazioni dovrà essere innalzato dalla quota attuale (variabile) sino a quella di progetto, che raggiunge la massima elevazione di 57.05 m s.l.m., mediante rilevati in terra, adeguatamente costipati.

Le fondazioni delle strutture in progetto potrebbero posare quindi proprio sul materiale di riporto che verrà utilizzato per la realizzazione dei suddetti rilevati, che dovrà pertanto avere caratteristiche tali sia da garantire la necessaria capacità portante alla fondazione, sia da limitare lo sviluppo dei cedimenti nel tempo.

La costruzione del rilevato dovrà avvenire per strati, di spessore massimo 30 cm, al fine di permettere una loro adeguata costipazione mediante il passaggio di rulli.

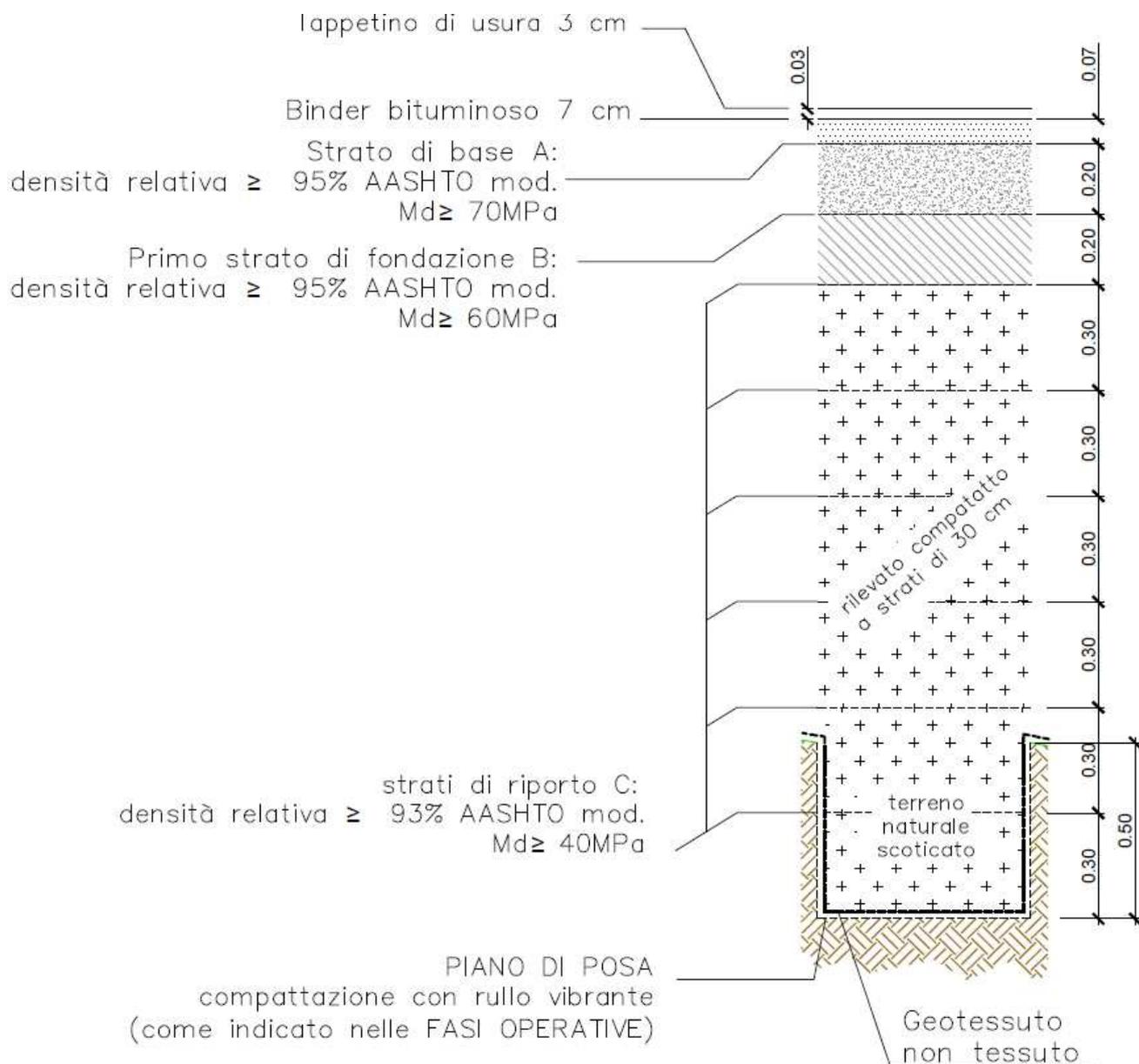
Il grado di costipazione da raggiungere per il corpo del rilevato deve essere pari al 96% dello standard o al 93% del proctor modificato; per lo strato di finitura si richiede, invece, il raggiungimento del 95% del proctor modificato (si veda la figura 5.2).

Nella figura sottostante è riportato un esempio di fuso granulometrico idoneo a definire la pezzatura del materiale di riporto da utilizzare per lo strato di base (A) del pacchetto di finitura. Per il corpo del rilevato (strati C) e per il primo strato di fondazione/finitura (strato B), invece, sarà possibile l'utilizzo di terreni appartenenti al gruppo A1-a o A1-b della Classificazione dei terreni HRB-AASHTO.



**Figura 5.1** – Fuso granulometrico per lo strato di base del pacchetto di finitura

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document Documento n. <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet      51    of Pagina    di    55



**Figura 5.2** – Tipologico degli strati con indicazione sul grado di costipazione

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> <b>52</b> of <i>di</i> <b>55</b>

## 6. CONCLUSIONI

Il presente documento è stato redatto al fine di caratterizzare parte dei terreni della centrale a ciclo combinato di La Casella, a Castel San Giovanni (PC), nell'ambito di un progetto di ampliamento e di potenziamento della centrale stessa.

Le considerazioni riportate ai capitoli precedenti si basano soprattutto su quanto contenuto nei documenti di riferimento Rif. [6] e Rif. [7] che a loro volta descrivono i risultati ottenuti da indagini geognostiche e geofisiche condotte nel 2020 proprio sui terreni oggetto di intervento. Si è tenuto altresì conto anche delle indagini pregresse ritenute tra le più significative (Rif. [1], [2], [3] e Rif. [4]).

A prescindere dal materiale che andrà a costituire i nuovi rilevati fondazionali, necessari per innalzare il piano finito alla quota di progetto (57.05 m s.l.m. o 54.45 m s.l.m. a seconda delle aree di intervento), sulla base dei documenti sopra citati è stata desunta la stratigrafia di progetto per i terreni in esame, qui schematizzata in Figura 3.5.1.

Al disotto del materiale di copertura (Strato 1) di origine antropica e prevalentemente granulare, si individua uno strato limoso-argilloso (2 m circa di spessore medio, che si approfondisce localmente) passante in profondità a sabbia limosa (Strato 3). Dalla quota di circa 44÷45 m s.l.m. e per una profondità di almeno 20 m si sussegue un'alternanza di strati (4a) sabbioso-ghiaiosi, che prevalgono nettamente tra 45 e 38 m s.l.m., e sabbioso-limosi (4b). A quote comprese tra 32 e 29 m s.l.m. nelle verticali dei sondaggi considerati più significativi per la caratterizzazione dei terreni di intervento è stata riscontrata una lente di materiale limoso-argilloso la cui presenza è discontinua se valutata sull'intera area di centrale.

Per quanto concerne la caratterizzazione sismica, i terreni sono risultati appartenere alla Categoria di suolo C. Sulla base dei dati a disposizione, inoltre, è risultato che il terreno di fondazione, e nello specifico lo "Strato 3", è potenzialmente liquefacibile al verificarsi del sisma di riferimento, come risulta dall'analisi del potenziale di liquefazione condotta nella relazione geologica di Rif.[8].

Da ultimo, sulla base di quanto sin qui documentato, si espongono le seguenti considerazioni in merito alle tipologie di fondazione per le nuove installazioni:

- si ritiene che per strutture poco sensibili ai cedimenti, o che trasferiscono al terreno sollecitazioni non elevate, non di importanza critica per il funzionamento della centrale, è certamente possibile l'adozione di fondazioni superficiali dirette sul terreno di riporto

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE  GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> <b>53</b> of <i>di</i> <b>55</b>

costituente il rilevato (in parte già realizzato, in parte ancora da costruire) del piano di centrale; ovviamente, per quanto concerne la parte di rilevato ancora da erigere, condizioni necessarie per il contenimento dei cedimenti sono l'impiego di materiale con buone caratteristiche geomeccaniche, possibilmente drenante, e ben compattato → indicazioni più specifiche sul materiale con cui andrà realizzato il nuovo rilevato fondazionale e sulle modalità operative che dovranno essere seguite per garantire l'esecuzione di un lavoro a regola d'arte sono state fornite nel capitolo 5;

- per strutture, invece, che applichino tassi di lavoro elevati al terreno o molto sensibili ai cedimenti si consiglia di procedere ad un miglioramento dei terreni mediante un trattamento di vibroflottazione che insista sugli Strati 1-2-3; tale trattamento, oltre a migliorare una capacità portante già di per sé buona, limiterà significativamente i cedimenti attesi, azzerando quasi totalmente quelli di consolidazione legati essenzialmente allo strato limoso-argilloso riscontrato sotto il riporto e consentirà, inoltre, di risolvere il problema di possibili fenomeni di liquefazione dello strato 3 indotti da sismi particolarmente violenti;
- non si ritiene necessario il ricorso a fondazioni su pali: i terreni a profondità maggiori di quota 44 m s.l.m.m. sono molto addensati e con buone caratteristiche geomeccaniche e perfettamente idonei a sopportare i carichi residui trasmessi in profondità da eventuali colonne vibroflottate.

**CONSULET SERVIZI S.r.l.**

	<b>CENTRALE DI LA CASELLA (PC)</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBITC00062 00</b>
	<b>RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b>	REV. 00    07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> <b>54</b> of <i>di</i> <b>55</b>

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Bachelier, M. and Perez, L. (1965):**

"Contribution on the study of soil compressibility by means of a cone penetrometer" Proc. 6th int. conf. on soil mech. appl. math., 1973

### **Baligh, et al. (1981) e Campanella, et al. (1982):**

"Use of in situ tests in Geotechnical Engineering".ASCE. pp. 18/20

### **Bazaraa, A. R. S. S. (1969):**

"Penetration Testing" – from A. A. Balkema (1982) ESOPT II, Amsterdam, pagg. 47/50.

### **D'Appolonia, D.J, D'Appolonia, E, Brisette, P.F. (1970):**

"Discussion on Settlement of Spread Footing on Sand" – J. Soil Mech. and Found. Div. ASCE, Vol. 96, No. SM 2.

### **Denver, H. (1982):**

"Modulus of Elasticity for Sand Determined by SPT and CPT": from A.A. Balkema(1982). – "Penetration Testing" – ESOPT II, Amsterdam.

### **Durgunoglu, H.T. e Mitchell, J.K. (1975):**

"Static Penetration Resistance of soils: I-analysis", proc. ASTTE spec. conf. on in situ measurement of soil parameters, Ralligh, vol. I, pp 151-171

### **Jamiolkowski, M, Ladd, C. C, Germaine, J. T, e Lancellotta, R. (1988):**

"New developments in field and laboratory testing of soils" - Proceedings, 11th International Conference on soil mechanics and foundation engineering, vol. 1, San Francisco (1985), pp 57-153

### **Ku C.S, Juang C.H, Ou C.Y:**

"Reliability of CPT Ic as an index for mechanical behaviour classification of soil.", Geotechnique Vol. 60 – n°11, novembre 2010, pag. 861-875.

