



# MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI ENTE NAZIONALE AVIAZIONE CIVILE



## AEROPORTO "MARCO POLO" DI TESSERA - VENEZIA

Concessionaria del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI



COMMESSA

### INTERVENTI DI RIQUALIFICA E ADEGUAMENTO NORMATIVO DELLE INFRASTRUTTURE DI VOLO

### APPROFONDIMENTO PROGETTUALE

ELABORATO

COMMESSA: **CO859** COD. C.d.P.: **4.14**

### RELAZIONE GEOTECNICA

CODICE ELABORATO

**AP-RS03.0-02**

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	NOME FILE: CO_859_AP_RS_0302
0	24/10/2013	Prima emissione	M. Schiavo	M. Schiavo	A. Mangano	FILE DI STAMPA:
1	16/12/2013	Revisione interna	M. Schiavo	M. Schiavo	A. Mangano	SCALA:
2	21/03/2014	Agg. programmazione	A. Mangano	A. Mangano	A. Mangano	

PROGETTISTA



SAVE ENGINEERING S.r.l.  
Sede Legale: V.le G. Galilei, 30/1 - 30173  
Venezia - Tessera (Italia)  
Uffici: Via A. Ca' Da Mosto, 12/3 - 30173  
telefono: +39/041 260 6191  
telefax: +39/041 2606199  
e-mail: saveeng@veniceairport.it

DIRETTORE TECNICO  
ing. Franco Dal Pos



PROGETTISTA  
ing. Andrea Mangano

COMMITTENTE

SAVE S.p.A.  
DIREZIONE OPERATIVA  
R.U.P./R.L.

ing. Corrado Fischer

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
PROGETTAZIONE

ing. Franco Dal Pos

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
MANUTENZIONE

ing. Virginio Stramazzone

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
AREA MOVIMENTO-TERMINAL

sig. Francesco Rocchetto

SAVE S.p.A.  
COMERCIALE E  
SVILUPPO AVIATION

dott. Camillo Bozzolo - dott. Giovanni Rebecchi

SAVE S.p.A.  
QUALITÀ AMBIENTE  
E SICUREZZA

ing. Davide Bassano

SAVE S.p.A.  
SAFETY MANAGER

sig. Adriano Andreon

CONSULENTI PROGETTISTI  
**TECNO ENGINEERING 2C s.r.l.**

Società di Ingegneria - TE2C  
Viale del Policlinico, 131 - 00161 Roma  
Tel: 06/44254616 Fax: 06/44254601  
e-mail: te2c@te2c.com www.te2c.com

Direttore tecnico: Ing. Carlo Criscuolo



**SOGEN** s.r.l.  
via Bonazza 33 - 35132 - Padova - IT  
tel. +39 049 864 6799 - tecnico@sogen.it  
Ing. Simone Carraro  
Ing. Maurizio Schiavo  
Ing. Fabio Picariello

SUPERVISIONE SPECIALISTICA

Prof. Ing. Paolo Simonini  
Professore di GEOTECNICA  
Università di PADOVA

Prof. Ing. Andrea Simone  
Professore di STRADE,  
FERROVIE e AEROPORTI  
Università di BOLOGNA

**INDICE**

1	PREMESSA.....	3
2	INDAGINI IN SITU ANNI 1972-1973.....	4
2.1	Descrizione e finalità delle indagini condotte.....	4
2.2	Indagini in situ.....	4
3	INDAGINI IN SITU 2012 .....	6
3.1	Descrizione e finalità delle indagini condotte.....	6
3.1.1	Campagna indagini in sito svolta nel Novembre 2012.....	7
3.1.2	Campagna indagini in sito svolta nel Dicembre 2012.....	7
3.2	Prove di laboratorio sui terreni .....	8
4	INDAGINI IN SITU ANNO 2013 .....	9
4.1	Descrizione e finalità delle indagini condotte.....	9
4.1.1	Campagna indagini in sito svolta nell'Aprile del 2013.....	9
4.1.2	Campagna indagini in sito svolta nell'Agosto del 2013.....	10
5	MODELLO GEOTECNICO STRATO SUPERFICIALE.....	14
5.1	Peso di Volume.....	14
5.2	Contenuto di Limo e Argilla .....	15
5.3	Contenuto naturale d'acqua e Limiti di Atterberg.....	17
5.4	Angolo di Resistenza al Taglio.....	18
5.5	Coesione non Drenata $c_u$ .....	19
5.6	Indice di Compressione $c_c$ e di ricompressione $c_r$ .....	20
5.7	Grado di Sovraconsolidazione OCR .....	23
5.8	Coefficiente di consolidazione $c_v$ .....	24
5.9	CBR (California Bearing Ratio) .....	25
5.10	Modulo elastico del terreno .....	26
5.11	Modello Geotecnico Strato Superficiale .....	27
6	MODELLO GEOTECNICO STRATI PROFONDI .....	29
6.1	Sondaggio S3 .....	29
6.2	Sondaggio S5 .....	30
6.3	Sondaggio S7 .....	31

6.4	Sondaggio A .....	32
6.5	Sondaggio B .....	32
6.6	Sondaggio C .....	33
6.7	Sondaggio D .....	33
6.8	Sondaggio E .....	34
6.9	Sondaggio F .....	34
6.10	Sondaggio GEO 1 .....	35
6.11	Sondaggio GEO 2 .....	35
6.12	Sondaggio GEO 3 .....	36
6.13	Sondaggio GEO 4 .....	36
6.14	Sondaggio GEO 5 .....	37
6.15	Sondaggio GEO 6 .....	37
6.16	Sondaggio GEO 7 .....	38
6.17	Sondaggio GEO 8 .....	38
6.18	Sondaggio GEO 9 .....	39
6.19	Sondaggio GEO 10 .....	39
6.20	Indagini penetrometriche dinamiche .....	40
6.20.1	Elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche DP .....	45
6.21	Interpretazione Prove NSPT .....	51
6.22	Interpretazione Prove CPTU .....	58
6.22.1	CPTU 1 .....	58
6.22.2	CPTU 2 .....	67
6.22.3	CPTU 3 .....	76
6.23	Analisi di Laboratorio sui Terreni Coesivi .....	85
6.23.1	Granulometrie .....	85
6.24	Valutazione dei Parametri Geotecnici Caratteristici .....	87
6.24.1	CPTU 1 .....	87
6.24.2	CPTU 2 .....	95
6.24.3	CPTU 3 .....	103
7	CONCLUSIONI .....	111

## 1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica si inserisce nell'ambito dei lavori che si andranno ad effettuare nell'area dell'aeroporto Marco Polo a Venezia Tessera ed è finalizzata all'acquisizione dei dati e delle informazioni necessarie alla ricostruzione del modello geotecnico del terreno.



Figura 1.1. Immagine satellitare Aeroporto Marco Polo

Negli anni l'area è stata oggetto di differenti campagne di indagine a partire dagli anni '70 fino a tempi recenti. Sono prese in considerazione nel seguito i riscontri su 3 differenti campi prova, quelli del 1972-73, quelli del 2012 e le ultime effettuate nel 2013.

prove penetrometriche dinamiche DPSH e DPH  
prove penetrometriche statiche CPT, CPTe e CPTU  
prove pressiometriche in foro  
prove di carico su piastra  
prove di permeabilità in situ

## 2 INDAGINI IN SITU ANNI 1972-1973

### 2.1 Descrizione e finalità delle indagini condotte

La campagna prove del 1972 e 1973 fu effettuata al fine di avere una perfetta conoscenza geognostica dei terreni naturali interessati il prolungamento della pista di volo.

Le zone indagate (Figura 2.1), in relazione alle necessità della campagna prove, furono limitate ad aree specifiche e le indagini inizialmente previste fino a quota -10m furono estese a -14m da P.C. per accertare le caratteristiche dello strato sabbioso individuato mediamente oltre quota -7 m.

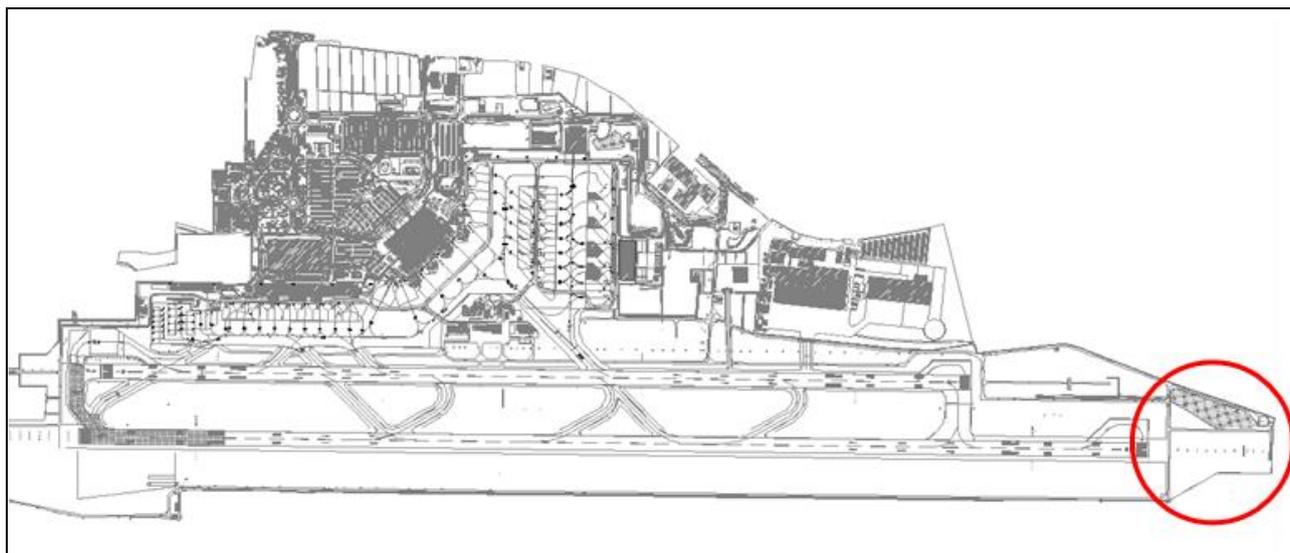


Figura 2.1. Area oggetto delle indagini

### 2.2 Indagini in situ

I dati geotecnici, ricavati dalla campagna indagini eseguita negli anni '70 per i lavori di prolungamento della pista di volo, sono stati ottenuti dalle seguenti prove:

- 19 sondaggi superficiali;
- 4 sondaggi profondi;
- 14 prove CPT;
- 141 prove di carico su piastra;
- 125 prove di densità in misto cava;
- 46 prove di densità sui rilevati in sabbia;
- 4 prove edometriche.

I dati relativi alle prove CPT di quegli anni non risultano però disponibili, ovvero si hanno a disposizione le sole rappresentazioni grafiche delle curve  $q_c$ -profondità.

L'ubicazione delle prove penetrometriche, dei sondaggi superficiali e sondaggi profondi è riportata in

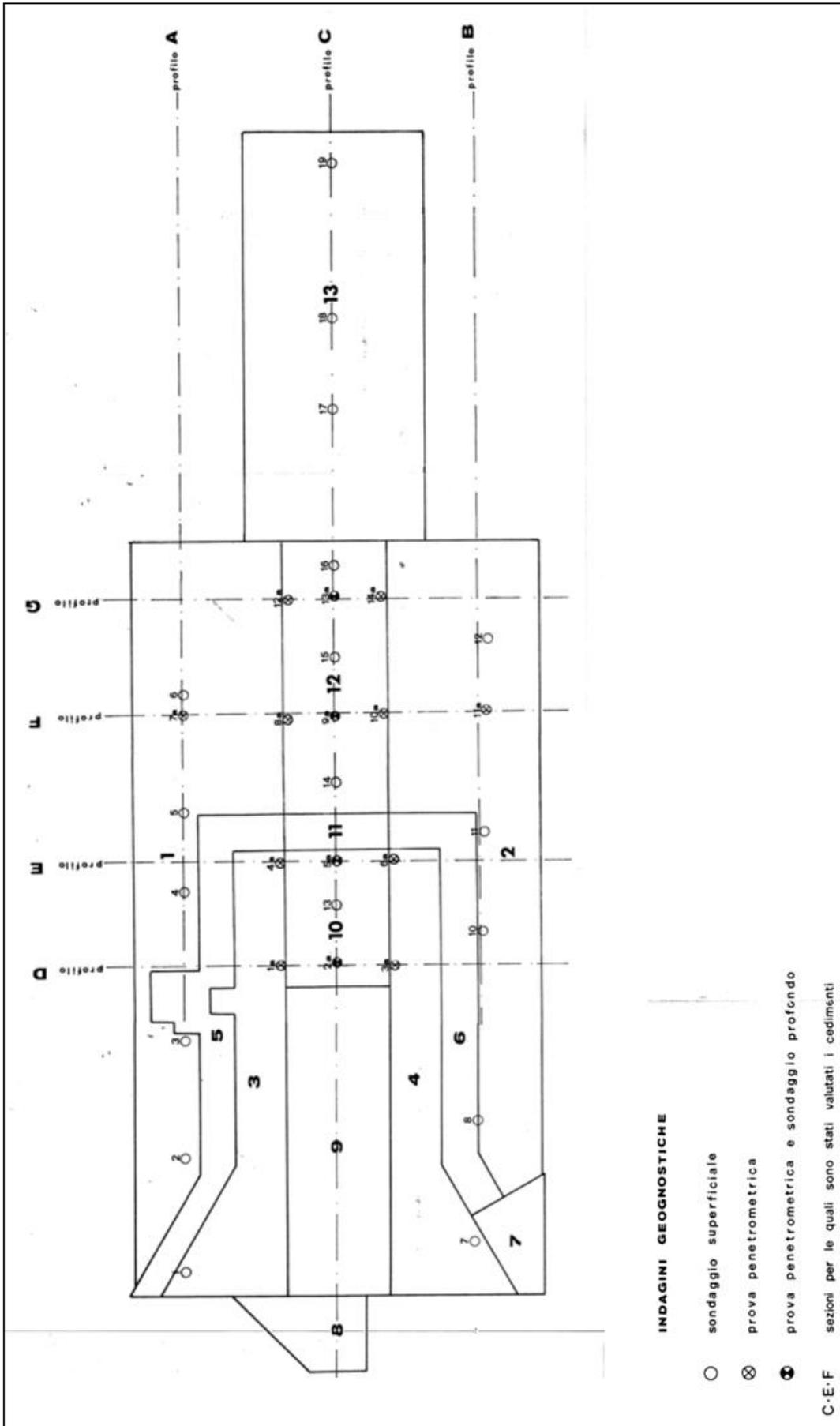


Figura 2.2. Ubicazione indagini

### **3 INDAGINI IN SITU 2012**

#### **3.1 Descrizione e finalità delle indagini condotte**

Per la definizione delle principali caratteristiche meccaniche dei terreni, la loro natura e la composizione e granulometria nonché i valori dell'indice CBR, si sono effettuati nel corso del 2012 una serie complessiva di n°16 sondaggi a carotaggio continuo corredati dall'esecuzione di prove di tipo S.P.T. e dal prelievo di campioni indisturbati per successive prove di laboratorio.

La campagna di indagini eseguita in sito lungo le piste aeroportuali dell'Aeroporto Marco Polo di Venezia, è stata effettuata dalla ditta ECOSONDA S.a.s. di Morbin Francesco & C., essa è sviluppata in due fasi, una prima risalente ai giorni dal 19 al 22 novembre 2012 relativa ai sondaggi A, B, C, D ed una seconda effettuata nei giorni dal 4 al 12 relativa ai sondaggi denominati GEO 1, GEO 2, GEO 3, GEO 4, GEO 5, GEO 6, GEO 7, GEO 8, GEO 9, GEO 10.

Sui materiali prelevati dai sondaggi si sono condotte prove di laboratorio sono state effettuate presso il Dipartimento ICEA dell'Università di Padova. Nel dettaglio sono state eseguite:

- prove granulometriche ai fini della classificazione dei materiali, eseguite per vagliatura meccanica (Gr) e/o per sedimentazioni in acqua (Ar) su 2 o 3 materiali presenti nelle cassette catalogatrici e nei campionatori;
- limiti di Atterberg (LL) sui materiali coesivi sottoposti a prova granulometrica per sedimentazione, per poter completare la classificazione;
- prove di compressione monodimensionale o edometriche (Ed) su terreni coesivi presenti nelle fustelle;
- determinazione del peso specifico dei grani solidi (Gs) sui terreni per i quali si è eseguita anche la prova edometrica;
- prove di compattazione del tipo Proctor modificata (Proctor) su 4 campioni granulari ottenuti raggruppando insieme i materiali granulari di 4 cassette catalogatrici. Preliminarmente alle indagini di laboratorio, i materiali provenienti da differenti campionamenti sono stati raggruppati secondo similitudine di granulometrie e tipologia, in modo da ottenere le quantità minime necessarie all'esecuzione delle prove CBR e CBR su campione imbibito.

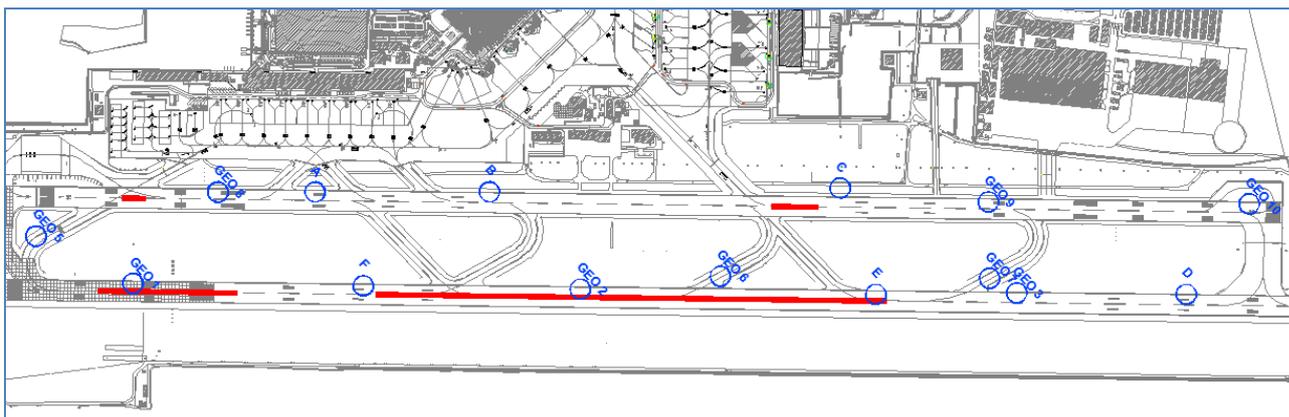


Figura 3.1. Ubicazione indagini 2012

### 3.1.1 Campagna indagini in sito svolta nel Novembre 2012

I 6 sondaggi che hanno raggiunto profondità variabili tra 3 e 5 m dal manto bituminoso. Nel seguente elenco è indicata la denominazione di ogni sondaggio con l'indicazione del prelievo dei campioni indisturbati, ottenuto tramite campionatore Shelby con fustella a pareti sottili:

- SONDAGGIO A: Sondaggio a carotaggio continuo (0,00 – 4,80 m) con campione indisturbato da 3,00 a 3,60 m.
- SONDAGGIO B: Sondaggio a carotaggio continuo (0,00 – 5,00 m)
- SONDAGGIO C: Sondaggio a carotaggio continuo (0,00 – 5,00 m) con campione indisturbato da 2,50 a 3,00 m.
- SONDAGGIO D: Sondaggio a carotaggio continuo (0,00 – 5,00 m)
- SONDAGGIO E: Sondaggio a carotaggio continuo (0,00 – 3,00 m)
- SONDAGGIO F: Sondaggio a carotaggio continuo (0,00 – 5,00 m) con campioni indisturbati da 2,10 a 2,60 m e da 4,50 a 5,00 m.

### 3.1.2 Campagna indagini in sito svolta nel Dicembre 2012

Nel dicembre 2012 sono stati eseguiti ulteriori 10 sondaggi che hanno raggiunto la profondità di 4 m dal manto bituminoso. Nel seguente elenco viene indicata la denominazione e le caratteristiche di ogni sondaggio :

- |  |                  |
|--|------------------|
| • SONDAGGIO GEO1: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), | Pista Principale |
| • SONDAGGIO GEO2: carotaggio continuo (0,00 – 5,00 m), | Pista Principale |
| • SONDAGGIO GEO3: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), | Pista Principale |
| • SONDAGGIO GEO4: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), | Pista Principale |
| • SONDAGGIO GEO5: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), | Raccordi         |
| • SONDAGGIO GEO6: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), | Raccordi         |
| • SONDAGGIO GEO7: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), | Raccordi         |

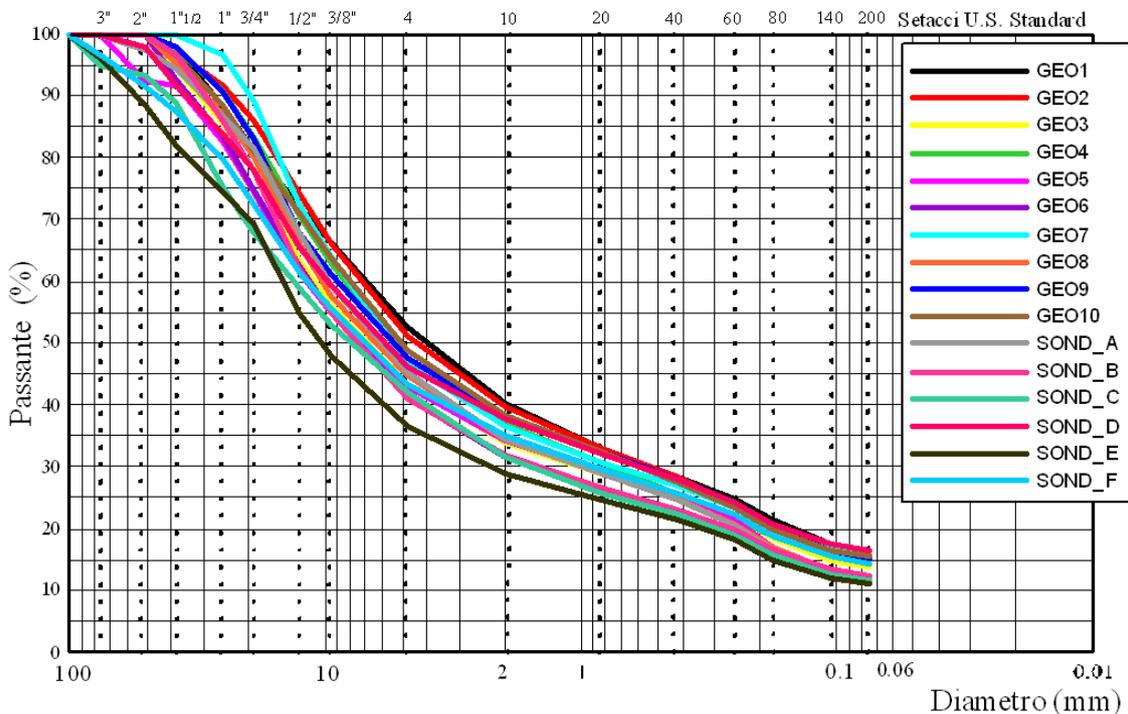
- SONDAGGIO GEO8: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), Pista Secondaria
- SONDAGGIO GEO9: carotaggio continuo (0,00 – 4,00 m), Pista Secondaria
- SONDAGGIO GEO10: carotaggio continuo (0,00 – 3,70 m), Pista Secondaria

**3.2 Prove di laboratorio sui terreni**

Per quanto riguarda i terreni ghiaio-sabbiosi questi sono stati successivamente portati in laboratorio e sottoposti a prova granulometria per vagliatura meccanica.

Rimandando alle specifiche relazioni si riporta di seguito in figura il confronto tra le curve granulometriche relative alle diverse verticali che evidenzia l'omogeneità del Tout-Venant.

**Figura 3.2: moduli elastici sottofondi, TAXIWAY**



Altre prove di compattazione secondo il metodo definito Proctor Modificato sono state eseguite sul Tout-Venant presente nelle diverse cassette secondo la procedura prevista nella norma ASTM D1557.

Sui materiali, raggruppati per omogeneità provenienti da diverse verticali, sono state eseguite anche le prove CBR su materiale compattato e secco, integrati per le prova 1 da prova CBR dopo imbibizione.

Infine sono state eseguite 5 prove su materiali aggregati, su materiale compattato al contenuto d'acqua optimum allo stato secco e uno dopo imbibizione in acqua per 96 ore. Le prove sono state condotte secondo la BS 1377.

## 4 INDAGINI IN SITU ANNO 2013

### 4.1 Descrizione e finalità delle indagini condotte

Nel corso del 2013, sono state condotte le ultime indagini, le principali campagne sono state due, una localizzata nella zona interessata da interventi di ripristino della pavimentazione flessibile realizzata nell'Aprile e una più vasta e massiccia che ha riguardato l'intera area ed è stata realizzata nel mese di Agosto.

#### 4.1.1 Campagna indagini in sito svolta nell'Aprile del 2013

Le indagini in questione sono state realizzate dalla ditta elletipi s.r.l. nell'Aprile 2013.

Tale campagna di indagini consiste in:

n°5 prove penetrometriche pesanti di tipo DPSH;

n°3 prove penetrometriche di tipo CPTU;

n°3 sondaggi superficiali in corrispondenza delle prove penetrometriche statiche.

L'ubicazione delle verticali di prova è quella di seguito riportata in figura.

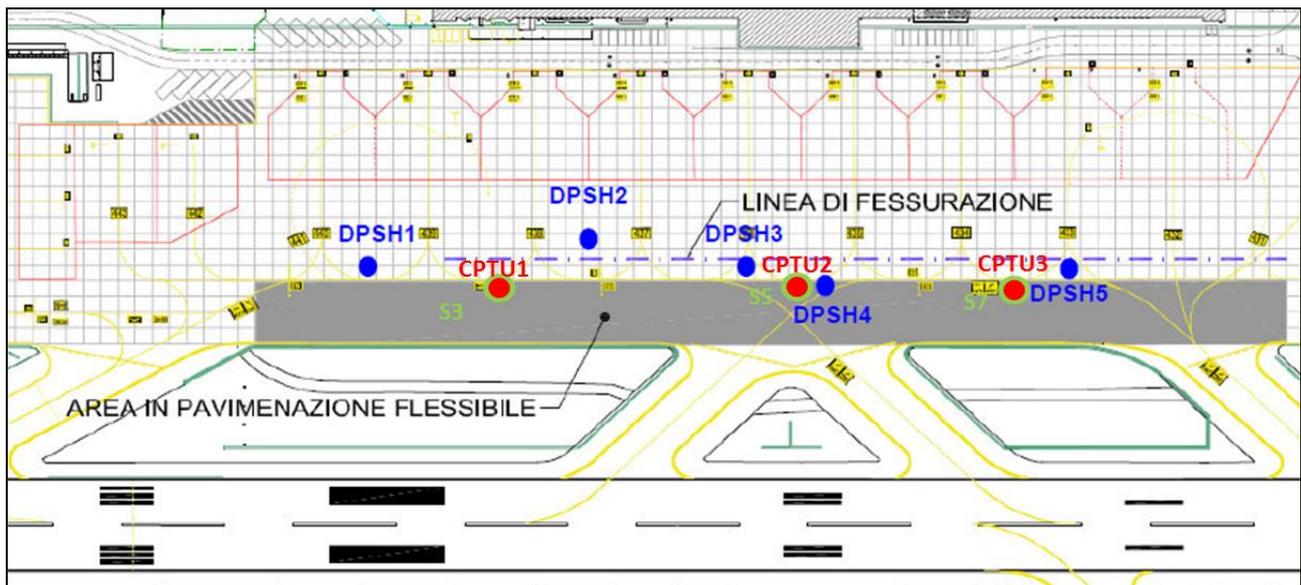


Figura 4.1. Ubicazione indagini 2013

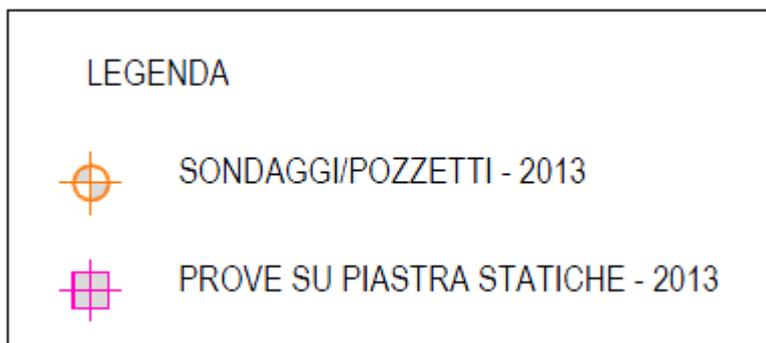
#### 4.1.2 Campagna indagini in sito svolta nell'Agosto del 2013

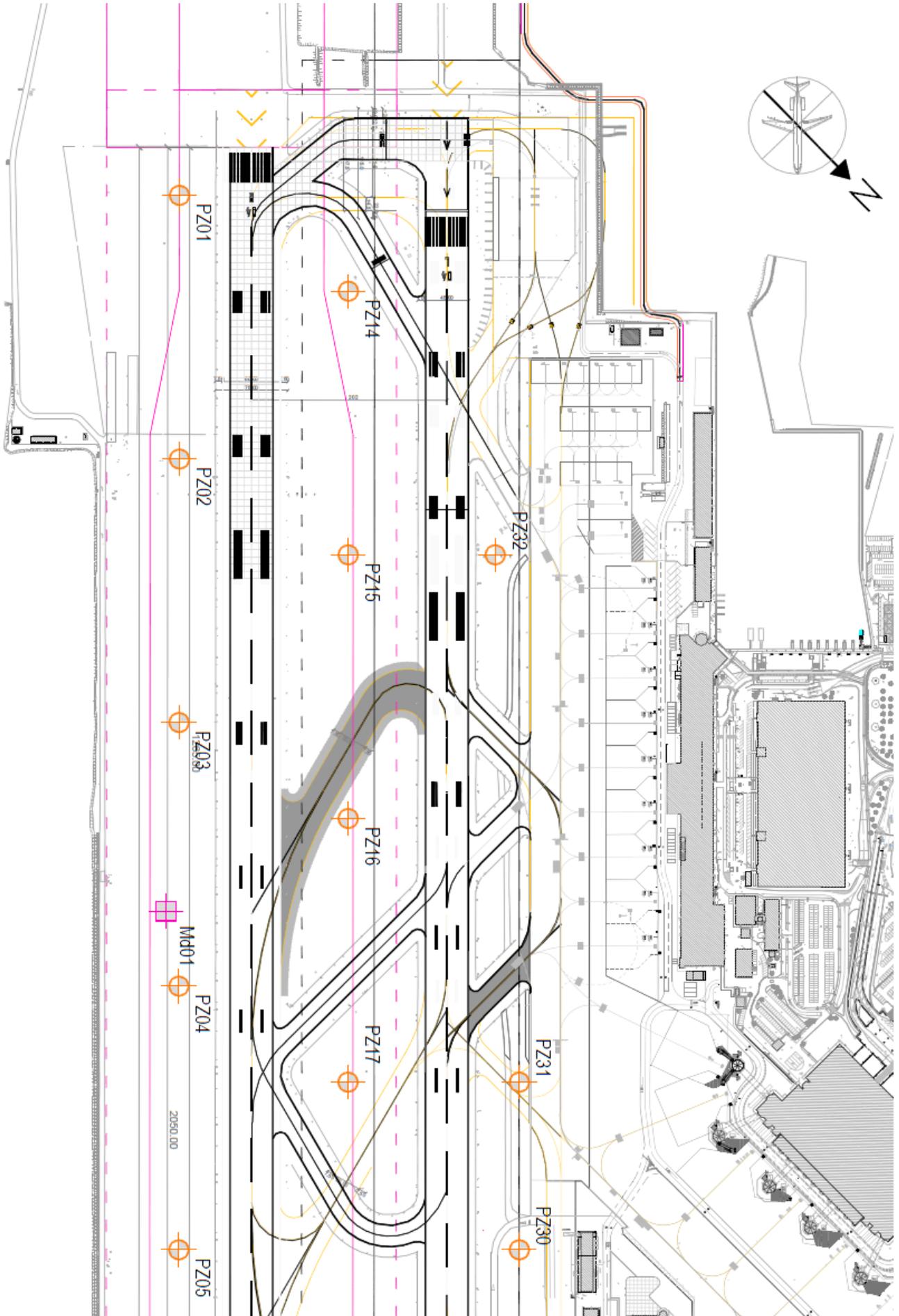
La campagna indagini dell'Agosto 2013 è l'ultima effettuata ed ha interessato un'area molto vasta.

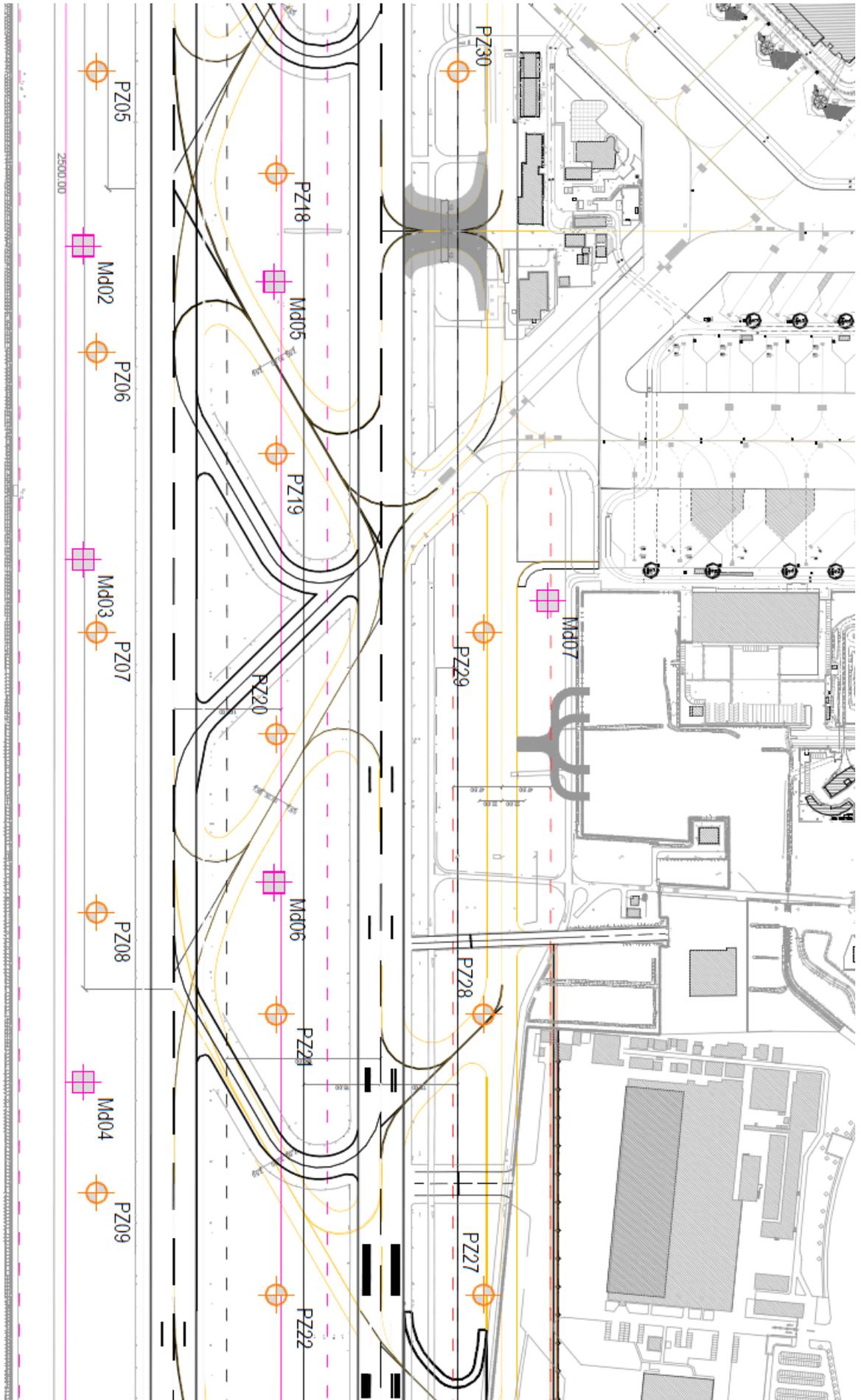
Sono state eseguite un totale di 65 prove, distinte come di seguito riportato:

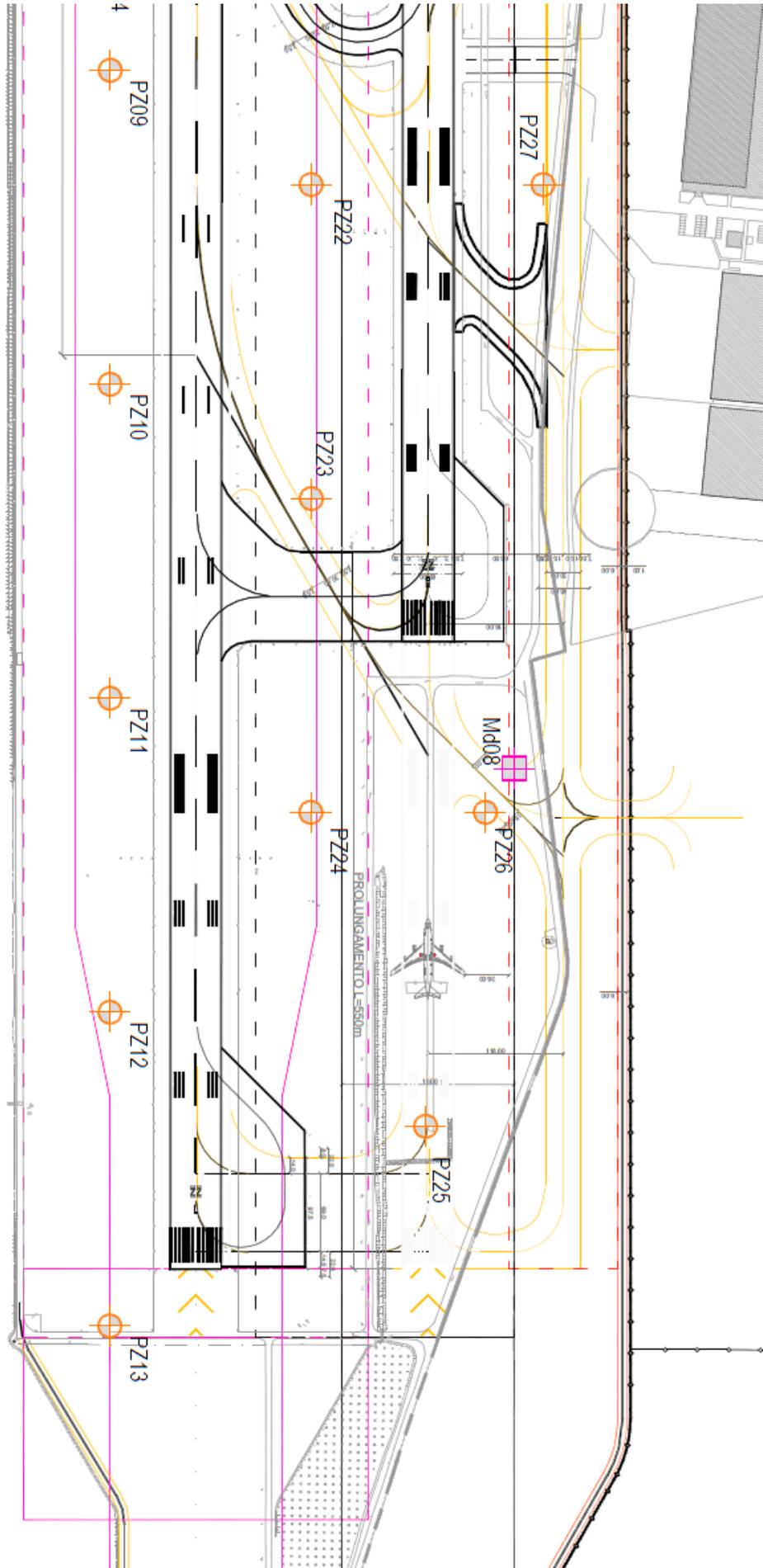
- 32 sondaggi superficiali;
- 7 sondaggi profondi;
- 6 prove di densità in sito;
- 8 prove triassiali;
- 4 prove edometriche;
- 8 prove di carico su piastra statica e dinamica.

Distinguendo i sondaggi e le prove di carico su piastra secondo la legenda di seguito riportata, alle pagine seguenti è riportata l'ubicazione delle prove a partire dalla zona a NORD OVEST e procedendo lungo la pista principale in direzione NORD EST.









## 5 MODELLO GEOTECNICO STRATO SUPERFICIALE

### 5.1 Peso di Volume

Il peso di volume del terreno limo-argilloso presente in sito, ricavato dalle diverse analisi di laboratorio realizzate negli anni, risulta di circa 20.0kN/m<sup>3</sup> (Figura 5.1).

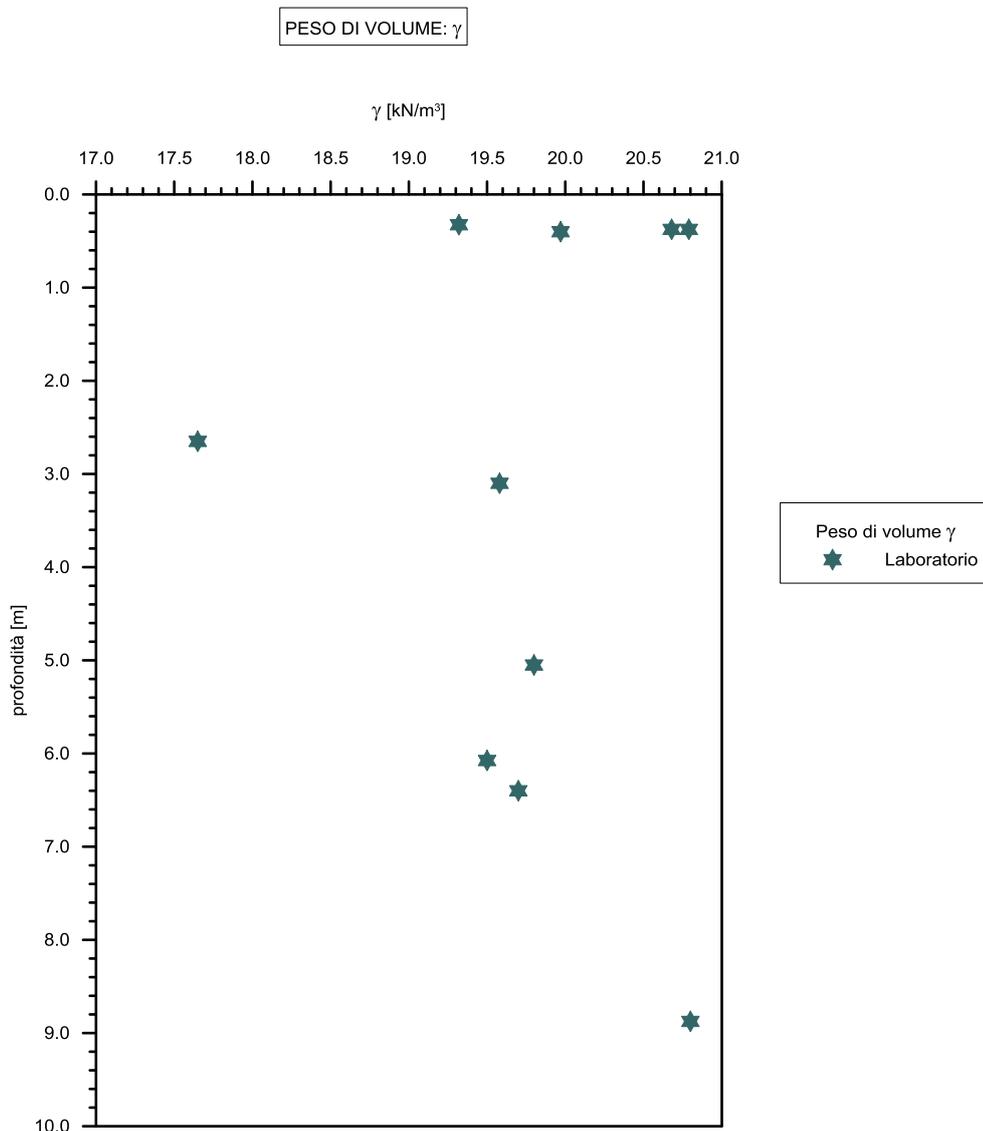


Figura 5.1. Dati prove di laboratorio: peso di volume.

Il peso di volume del terreno granulare presente ad una profondità compresa tra 0.4 e i 2.0m risulta invece di circa 22.0kN/m<sup>3</sup> come confermato dalle prove di densità a disposizione. La densità secca, ricavata da sia da prove di laboratorio che eseguite in sito, risulta difatti dell'ordine di 24.0kN/m<sup>3</sup> per le prove eseguite su materiale misto cava e di circa 22.0kN/m<sup>3</sup> per le prove realizzate in sito. I valori di densità secca ottenuti

invece su prove realizzate sui rilevati in sabbia variano da un minimo di 13.8kN/m<sup>3</sup> ad un massimo pari a 22.1kN/m<sup>3</sup> (Figura 5.2).

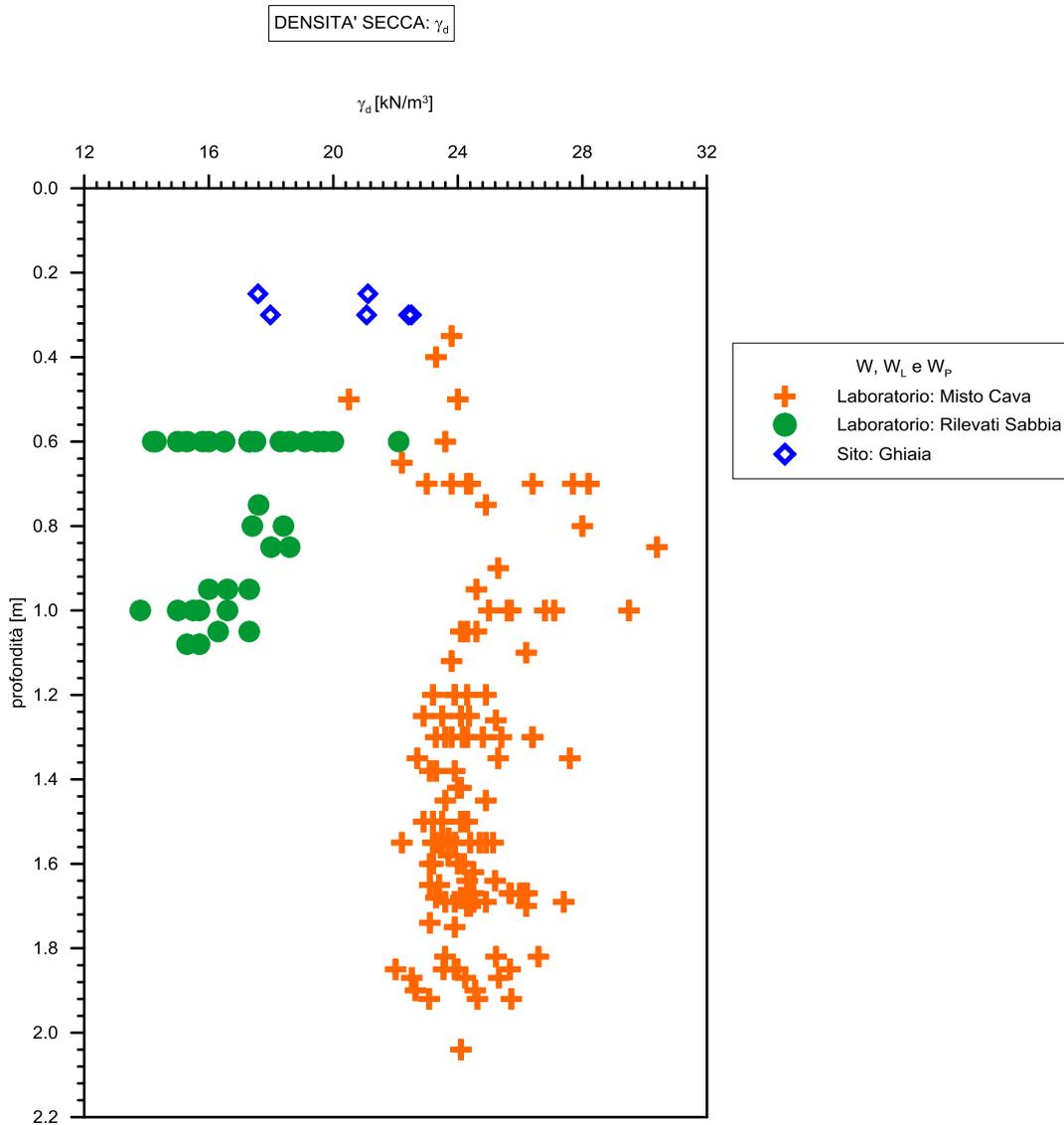


Figura 5.2. Dati prove: densità secca.

### 5.2 Contenuto di Limo e Argilla

Le granulometrie evidenziano un'elevata percentuale di limo e argilla (Figura 5.3), e pertanto la presenza di uno terreno di tipo coesivo, in corrispondenza dello strato superficiale e ad una profondità maggiore di 2.0m. La percentuale della stessa cala vistosamente per una profondità compresa tra 0.4 e 2.0 ove si rileva la presenza di uno strato granulare.

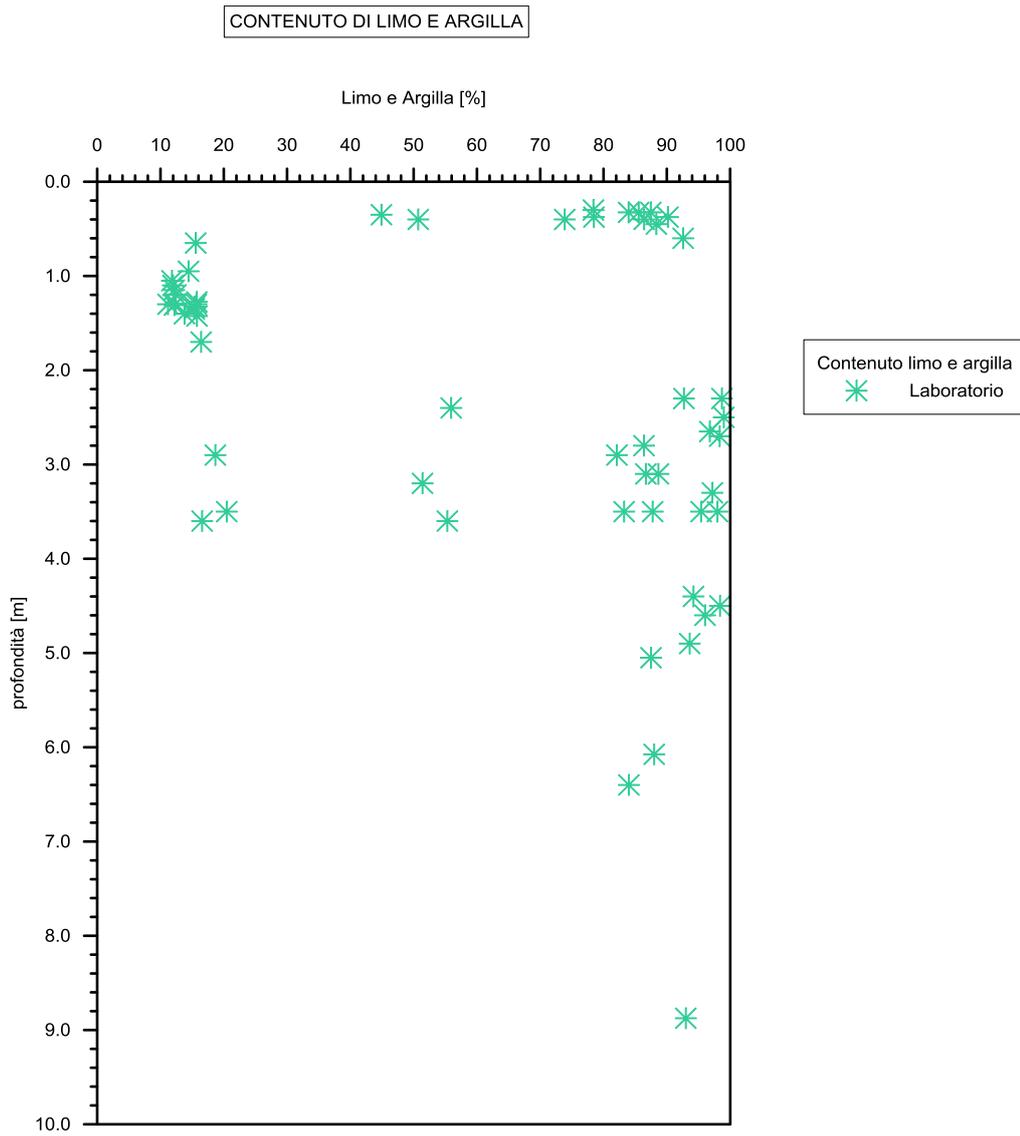


Figura 5.3. Dati prove di laboratorio: contenuto di limo e argilla.

**5.3 Contenuto naturale d'acqua e Limiti di Atterberg**

Il contenuto d'acqua risulta pressoché costante con la profondità per un valore medio di circa 22%; un comportamento simile è riscontrabile nell'andamento del  $W_p$  con un valore medio di circa 20% (Figura 5.3). Il limite liquido risulta invece più variabile con la profondità, ed in particolare fino ad una profondità di 3.0m.

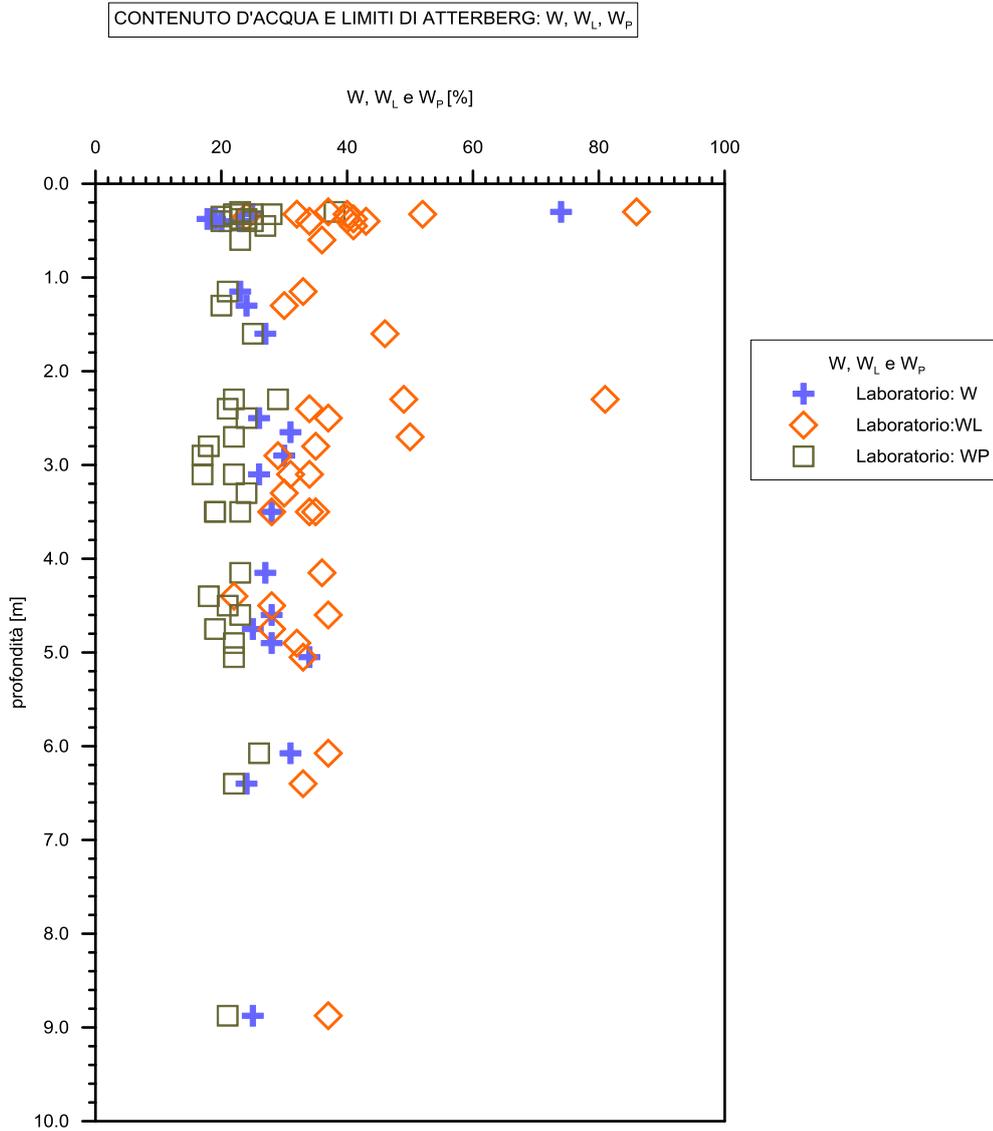


Figura 5.4. Dati prove di laboratorio: contenuto di acqua e limiti di Atterberg.

### 5.4 Angolo di Resistenza al Taglio

L'angolo d'attrito è stato ricavato attraverso correlazioni presenti in letteratura.

Per quanto riguarda lo strato di limo argilloso presente in sito, si ricava un valore d'angolo d'attrito dell'ordine di 30° in riferimento ai dati relativi alle prove di laboratorio eseguite negli anni (Figura 5.5).

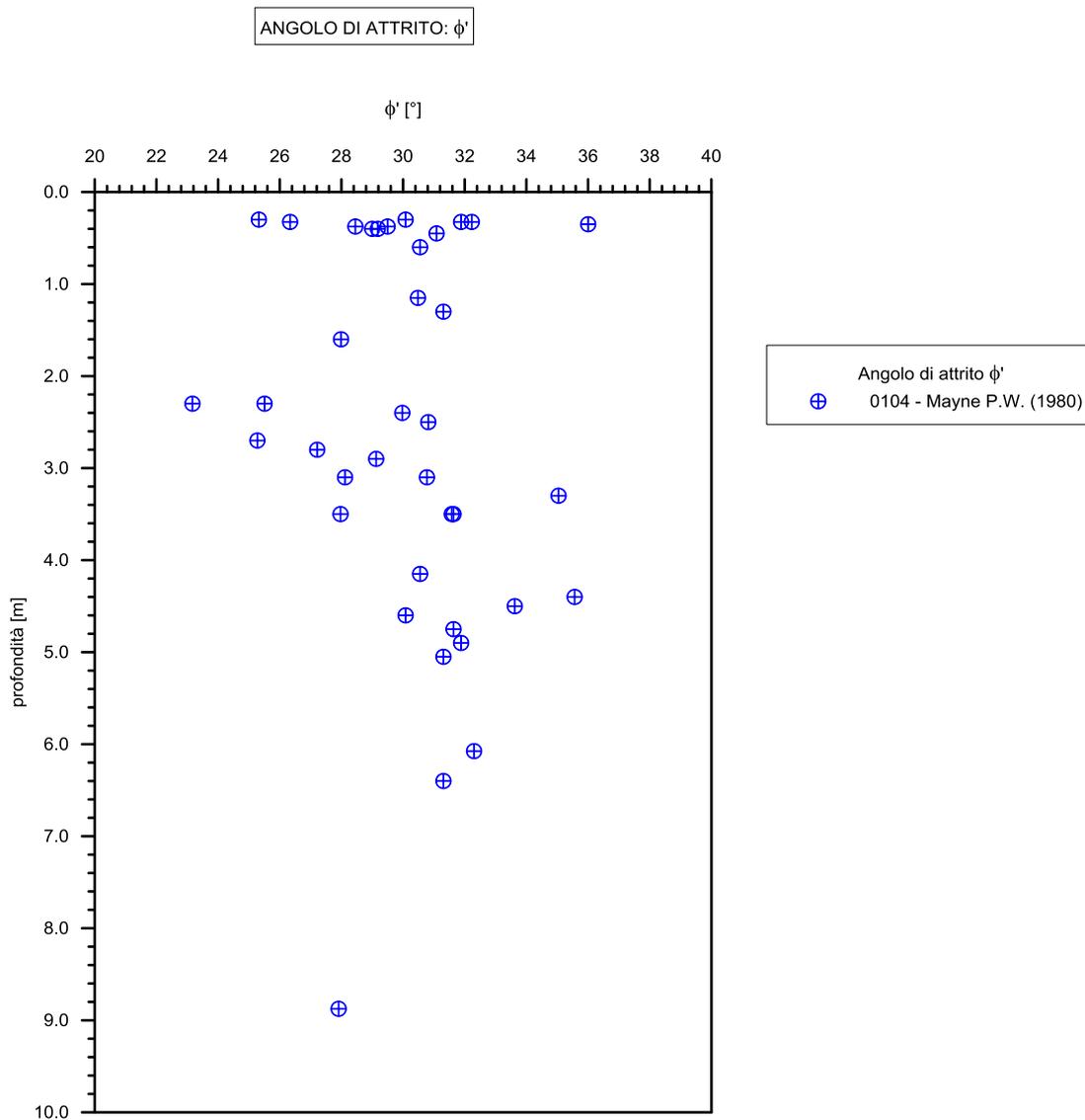


Figura 5.5. Elaborazione prove: valori dell'angolo di attrito.

**5.5 Coesione non Drenata  $c_u$**

In Figura 5.6 sono riportati i diversi valori di coesione non drenata ricavati da prove di laboratorio od eseguite in sito. Lo strato più superficiale risulta caratterizzato da una  $c_u$  dell'ordine di 60kPa e comunque variabile all'interno dell'intervallo 40÷200kPa. Ad una profondità maggiore di 2.0m diminuisce invece fino a raggiungere un valore medio di circa 30kPa assumendo valori molto variabili per la profondità compresa nell'intervallo di 2.0÷5.0m.

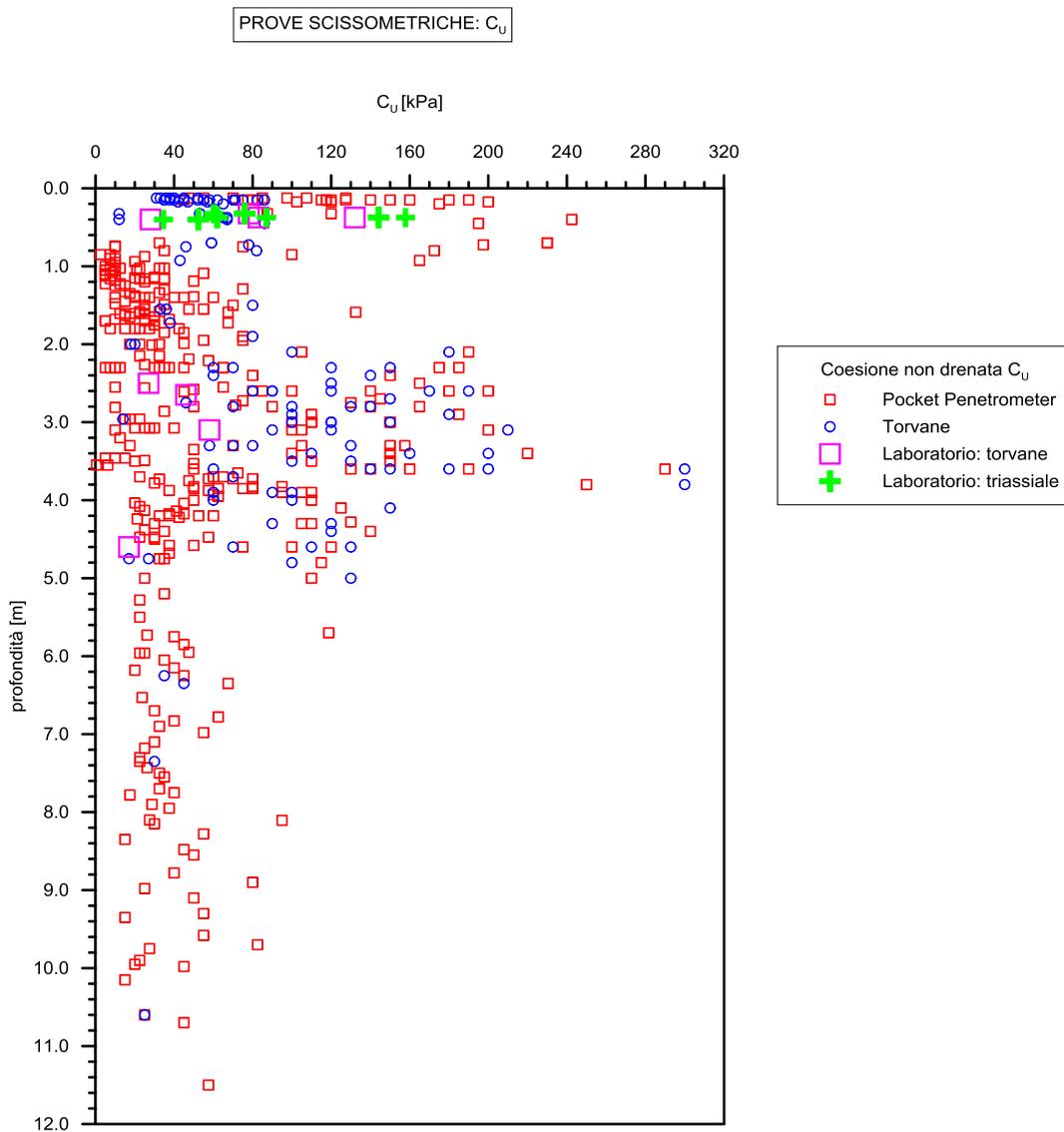


Figura 5.6. Prove scissometriche:  $C_u$  in relazione alla profondità.

### 5.6 **Indice di Compressione $c_c$ e di ricompressione $c_r$**

L'indice di compressione  $c_c$  e l'indice di ricompressione  $c_r$  sono stati ricavati sia attraverso correlazioni presenti in letteratura, sia da specifiche prove edometriche elaborate secondo la teoria di Jambu.

Quest'ultimo metodo è stato applicato solamente in alcune prove in quanto non sempre converge, come ad esempio per le prove edometriche eseguite nel 2012.

Sulla base dei dati relativi alle prove disponibili **l'indice di compressione  $c_c$**  risulta compreso nell'intervallo  $0.10 \div 0.30$  con un valore medio pari a circa 0.2 (Figura 5.7). Il valore così ottenuto è stato inoltre confermato dal valore ottenuto dalle prove edometriche relative al 2012 dove si ottiene un valore medio di 0.22.

Per quanto riguarda gli strati più superficiali, il valore di  $c_c$  diviene dell'ordine di 0.15 con un range di  $0.05 \div 0.25$ . I valori ottenuti rielaborando i dati ricavati da prove di laboratorio risultano confermati dal valore ottenuto dalle prove edometriche eseguite nel 2013 il cui valore medio risulta di 0.15.

Sulla base dei dati relativi alle prove disponibili, **l'indice di ricompressione  $c_r$**  risulta compreso nell'intervallo  $0.012 \div 0.028$  con un valore medio pari a circa 0.02 (Figura 5.8).

Tali valori risultano compatibili con il valore ricavato dalle prove edometriche realizzate sia nel 1972-1973 dove  $c_r = 0.018$ , sia nel 2012 dove  $c_r = 0.022$ .

Per quanto riguarda gli strati più superficiali, si analizzano i soli dati relativi al 2013, non essendo presenti sufficienti parametri di input nel 2010 per le correlazioni presenti in letteratura. Il valore ottenuto risulta dell'ordine di 0.028 confermato dal valore ottenuto dalle prove edometriche eseguite nello stesso anno.

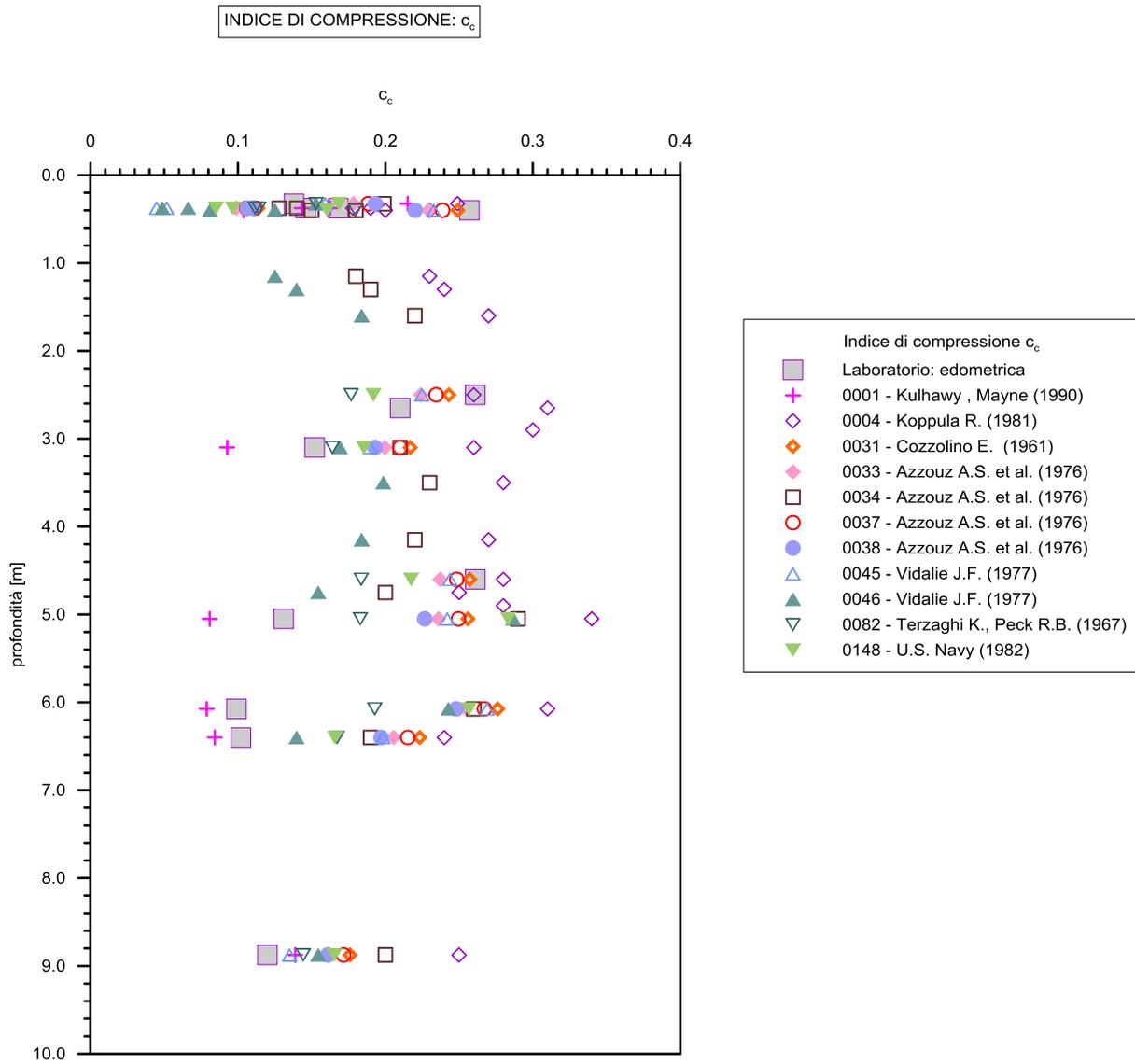


Figura 5.7. Elaborazione prove: valori dell'indice di compressione.

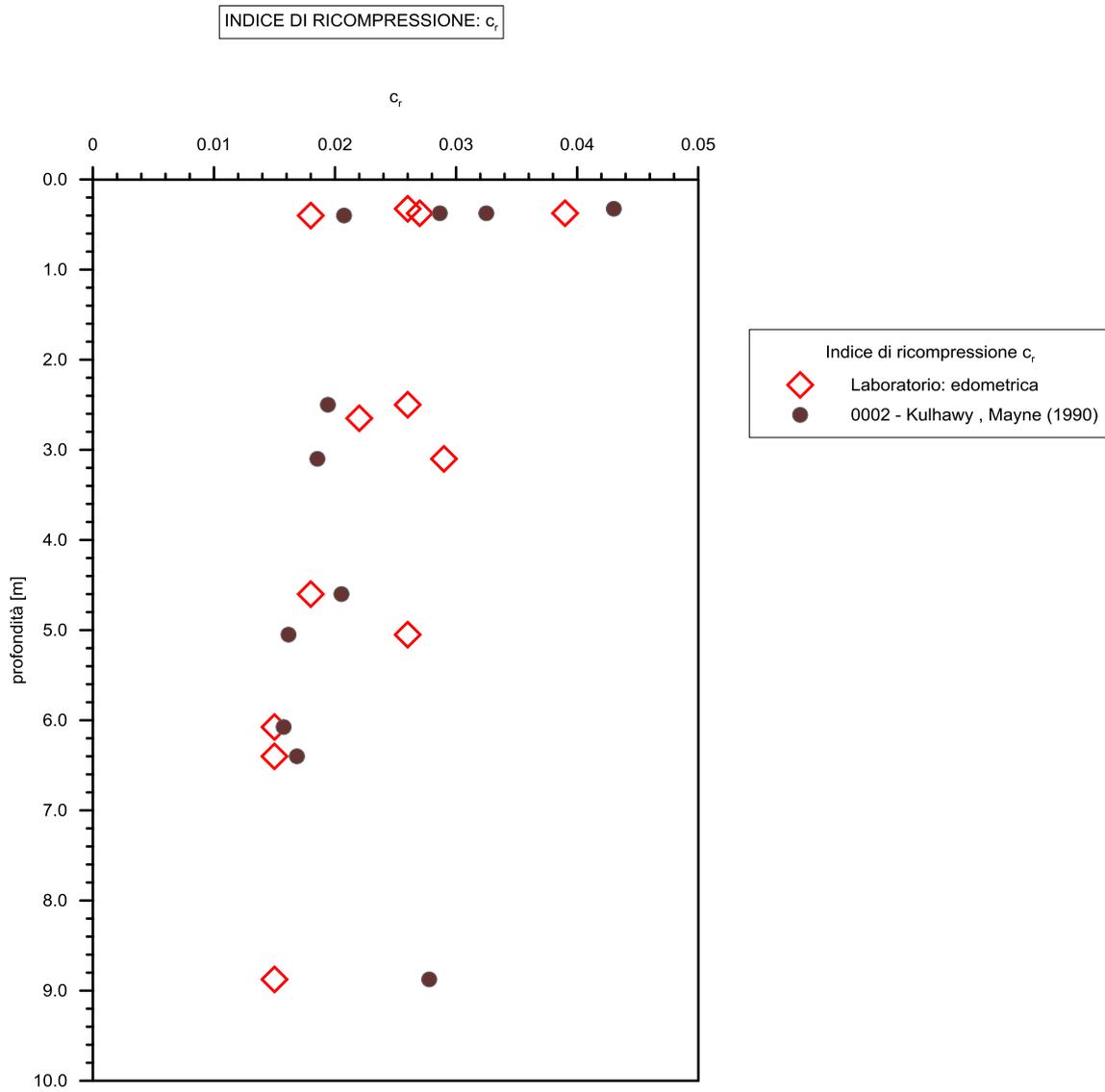


Figura 5.8. Elaborazione prove: valori dell'indice di ricomprensione.

### 5.7 Grado di Sovraconsolidazione OCR

Attraverso le prove edometriche a disposizione è stato possibile determinare il grado di sovraconsolidazione OCR del terreno applicando la teoria di Schmertmann.

Tale valore, ricavato per il solo strato superficiale analizzato dalle prove realizzate nel 2013, risulta pari a 10 indicando quindi la presenza di terreno fortemente sovraconsolidato negli strati stessi.

Valori elevati di OCR sono stati inoltre ottenuti rielaborando le prove triassiali a disposizione.

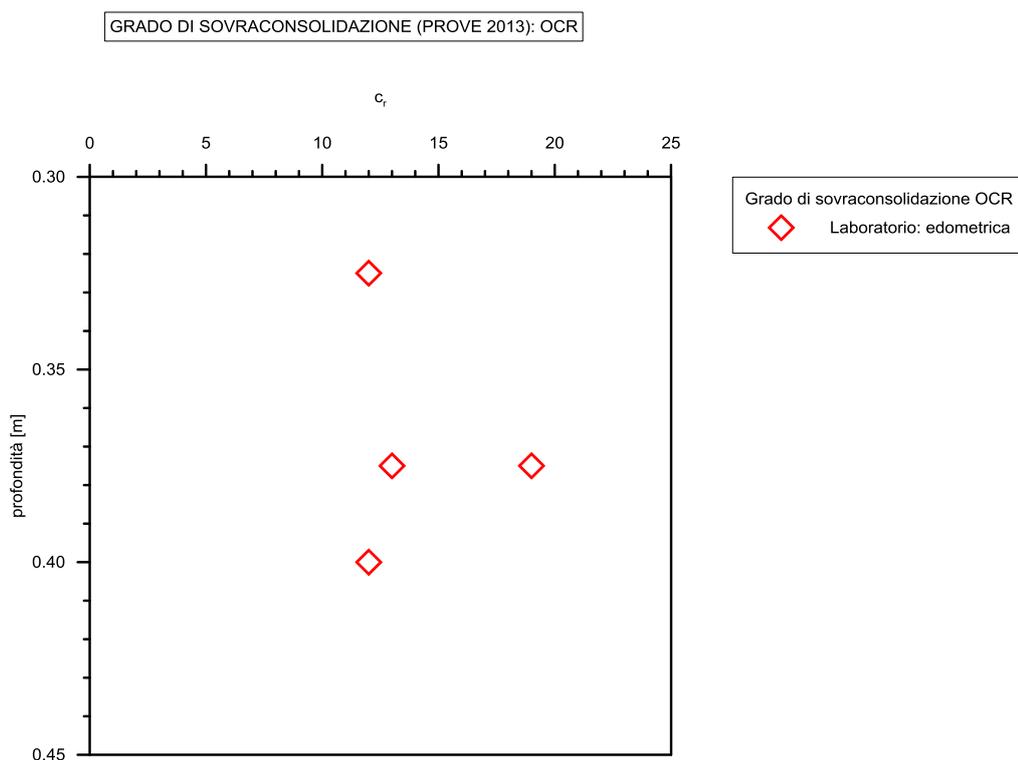


Figura 5.9. Elaborazione prove: valori del grado di sovraconsolidazione.

**5.8 Coefficiente di consolidazione  $c_v$**

Il coefficiente di consolidazione  $c_v$  è stato ricavato elaborando le prove edometriche eseguite nel 2012 e nel 2013 applicando il metodo di Taylor. I dati in possesso relativi alle prove edometriche degli anni '70, si sono invece dimostrati insufficienti per ricavare il parametro  $c_v$ .

Il valore del coefficiente di consolidazione  $c_v$  è influenzato dalla storia tensionale del terreno: esso dovrebbe decrescere man mano che si raggiunge la pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$  e rimanere pressoché costante nel tratto normalconsolidato. Nel nostro caso l'andamento del coefficiente  $c_v$  risulta pressoché crescente all'aumentare della pressione applicata  $\sigma'$  per tutte le prove (Figura 5.10): questo comportamento è dovuto solitamente al rimaneggiamento dei campioni che provoca una sottostima del valore del coefficiente stesso. Il valore medio di  $c_v$  risulta pari a  $0.01\text{cm}^2/\text{s}$ .

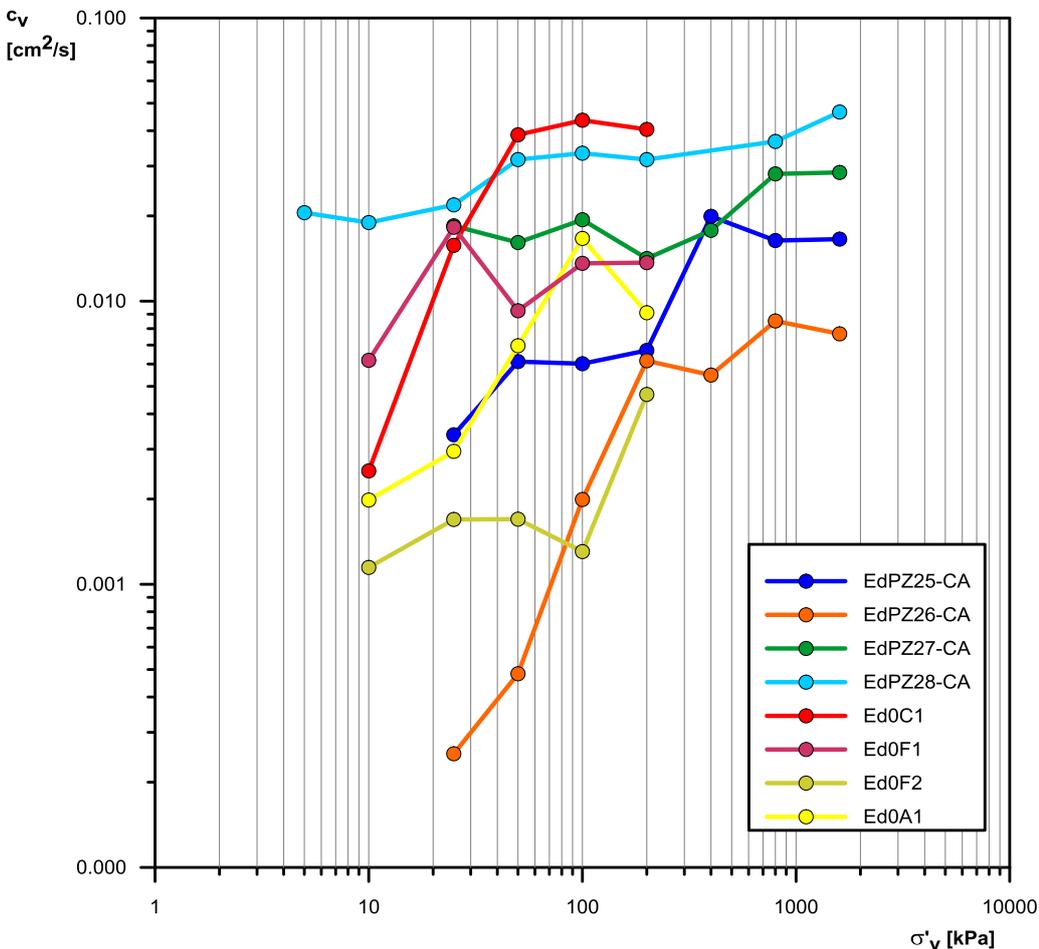


Figura 5.10. Andamento del coefficiente  $c_v$  per le prove edometriche in relazione alla pressione  $\sigma'_v$ .

### 5.9 CBR (California Bearing Ratio)

Nella figura a seguire è rappresentata la pianta delle piste aeroportuali con evidenziate in rosso le aree in cui i valori di CBR risultano insufficienti, ovvero inferiori a 20.

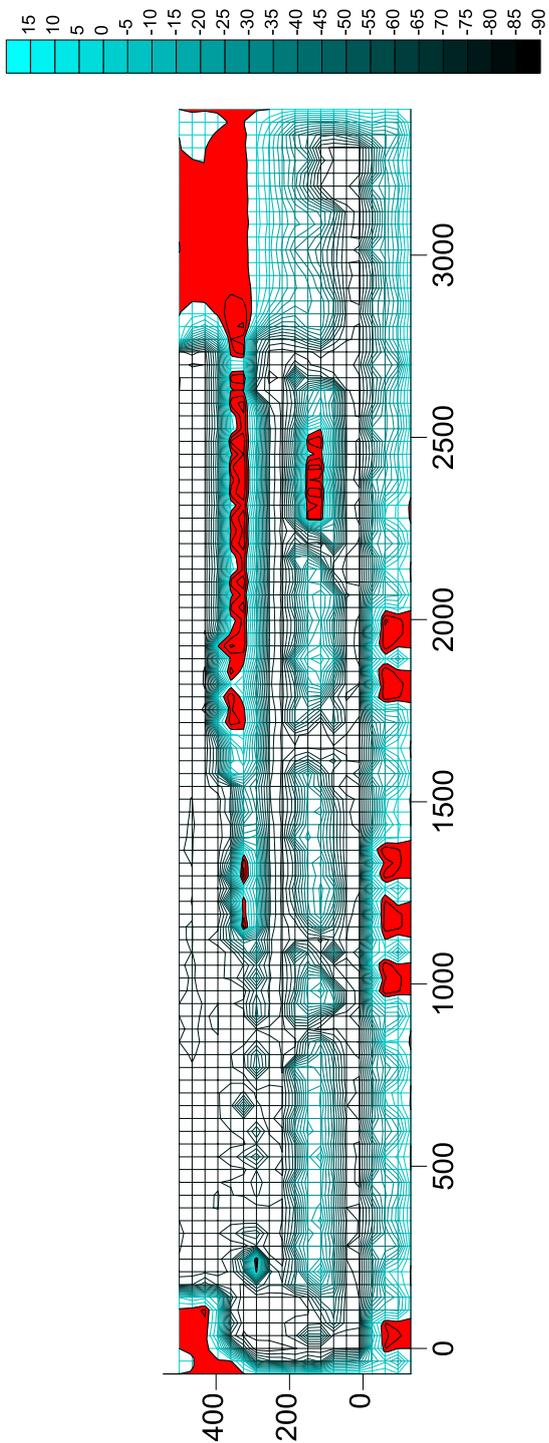


Figura 5.11. Mappatura valori di CBR da prove DCP del 2010 (vista in pianta).

### 5.10 Modulo elastico del terreno

Il modulo elastico del terreno è stato ricavato elaborando inizialmente le prove di carico su piastra eseguite negli anni 1972-1973.

Vista la grande quantità di dati da filtrare, si sono distinte due zone principali:

- fascia centrale ove si intende l'area di larghezza pari a 75.0m a cavallo della pista;
- fasce esterne laterale alla pista con larghezza di 110m circa.

Si è inoltre osservato che il modulo varia a seconda della profondità dello strato, ovvero negli strati profondi il modulo è inferiore rispetto a quello degli strati superiori. Nella Tabella 5.1 sono riportati i valori medi di modulo di Young del terreno per ciascuna fascia ed al variare della profondità rilevata.

Tabella 5.1. Valori medi di E ricavati da prove di carico su piastra negli anni 1972-1973.

PROFONDITA'	E FASCIA CENTRALE	E FASCE ESTERNE
[m da "0" di riferimento]	[MPa]	E [MPa]
1.0÷1.7	250	150
0.8÷1.0	150	50
0.4÷0.6	-	50
0.0÷0.2	30÷100	-
-1.3÷-0.8	20	1÷5

Nell'ultimo anno, 2013, sono state eseguite ulteriori n° 8 prove di carico su piastra nelle fasce esterne alle piste, anche in questo caso a quote di profondità differenti. Le prove in ghiaia hanno dato risultati simili alle prove relative agli strati più superficiali realizzate negli anni '70 evidenziando un modulo E pari 150MPa con andamento pressoché costante oltre a 0.25MPa di carico agente.

Un valore comparabile di modulo elastico è stato inoltre ottenuto da prove di carico su piastra dinamica eseguite nel 2013 dove il modulo elastico medio del terreno risulta pari a 120MPa.

Le prove eseguite in argilla hanno invece individuato un valore medio di modulo E pari a 30MPa con andamento pressoché costante oltre a 0.6MPa di carico agente; per pressioni inferiori il modulo E decresce a partire dal valore massimo di 70MPa 0.2MPa di carico agente. Il valore di circa 30MPa è stato inoltre confermato dall'elaborazione delle prove di carico su piastra dinamica eseguite nel 2013.

Dall'elaborazione delle prove realizzate nel 2013 si vede inoltre che, nel caso di argilla satura, il modulo elastico cala drasticamente assumendo un valore costante pari a 15MPa per ciascuna fase di carico, valore

che risulta di 5MPa nel caso ci si riferisca alle sole prove di carico su piastra dinamica o all'elaborazione delle prove triassiali.

### 5.11 Modello Geotecnico Strato Superficiale

Dalle indagini risulta evidente la presenza di tre principali unità stratigrafiche diffuse più o meno omogeneamente nell'intera area aeroportuale posta in corrispondenza delle strip esistenti: due di materiale coesivo e una di materiale ghiaioso eterometrico (Figura 5.12).

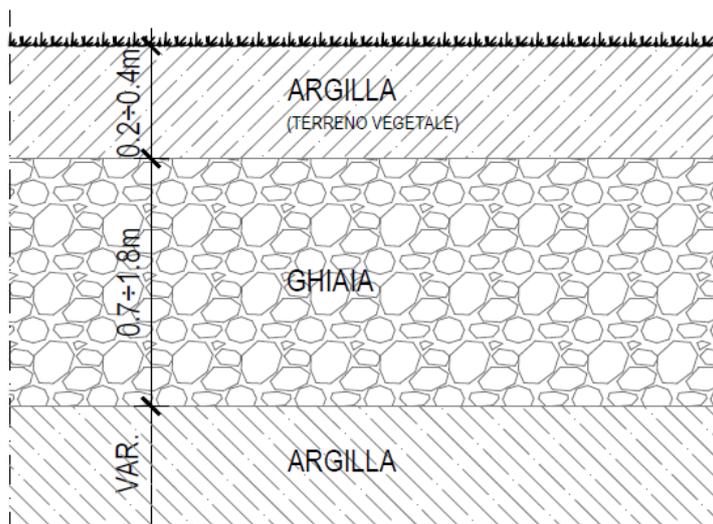


Figura 5.12. Sezione tipologica del terreno di fondazione delle strip esistenti.

Il materiale granulare rilevato ha origine antropica, ovvero non è geologicamente appartenente all'area su cui insiste l'aeroporto, ma risulta originario di aree limitrofe e trasportato in fase realizzativa a costituire lo strato di "riempimento". Si tratta di un livello di spessore pressoché costante, che si trova a circa  $0.2\div 0.4\text{m}$  da p.c. e raggiunge una profondità di  $1.1\div 2.0\text{m}$  da p.c., caratterizzato da buone caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità. Sono state individuate 2 principali tipologie di ghiaie di sottofondo caratterizzate da moduli elastici molto differenti, ma da parametri geotecnici molto simili (Tabella 5.2):

- Ghiaia tipo 1:  $E=120\text{MPa}$ ;
- Ghiaia tipo 2:  $E=50\text{MPa}$ .

Lo strato più superficiale è costituito da materiale coesivo fortemente sovraconsolidato, mentre al di sotto dello strato in ghiaia si rileva la presenza di argille mediamente consistenti in parte limose. Quest'ultimo strato sostituisce inoltre lo strato granulare rilevato in corrispondenza delle strip esistenti estendendosi fino al di sotto della coltre vegetale più superficiale nelle zone antropologicamente non-modificate (Figura 5.13).

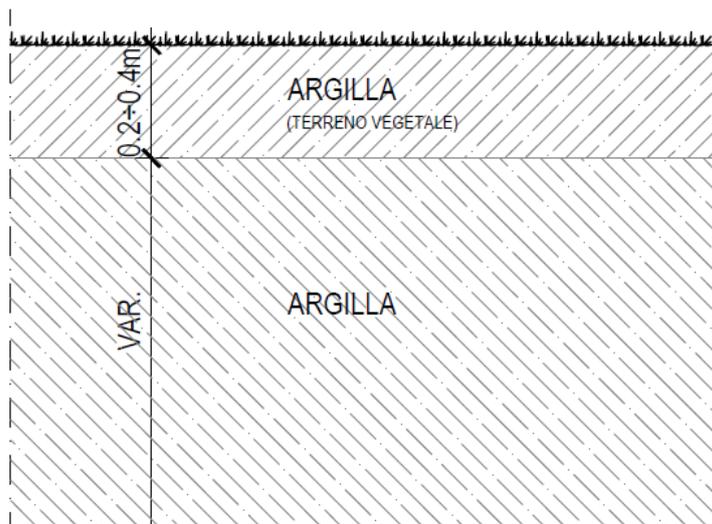


Figura 5.13. Sezione tipologica del terreno di fondazione delle strip esistenti.

Nella tabella a seguire vengono riportati i principali parametri geotecnici ricavati per ciascuna unità rilevata.

Tabella 5.2. Modello geotecnico Strato Superficiale.

UNITA'	PROFONDITA' [m]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c <sub>u</sub> [kPa]	c' [kPa]	$\phi$ [°]	$\psi$ [°]	$\sigma'_p$ [kPa]	OCR [-]	
	DA	A								
1	ARGILLA	0	0.2÷0.4	20	60	0÷20	30	-	100	10
2	GHIAIA	0.2÷0.4	1.1÷2.0	22	-	5	45	20	-	-
3	ARGILLA	1.1÷2.0	-	19	30	0÷5	30	-	-	1.5

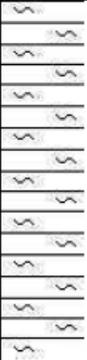
UNITA'	E <sub>(oc)</sub> [MPa]	E <sub>(nc)</sub> [MPa]	E <sub>oed,ref</sub> [MPa]	E <sub>ur,ref</sub> [MPa]	m [-]	cc	cr	
								1
2	GHIAIA	50÷120	50÷120	-	-	-	-	-
3	ARGILLA	-	-	4.5	12	0.54	0.2	0.02

## 6 MODELLO GEOTECNICO STRATI PROFONDI

Noto il modello geotecnico degli strati superficiali si riporta, sulla base delle indagini disponibili per ogni singola verticale il modello geotecnico degli strati profondi oltre i 2m di profondità rispetto al piano campagna attuale.

### 6.1 Sondaggio S3

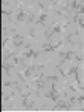
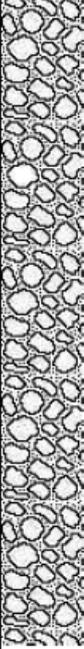
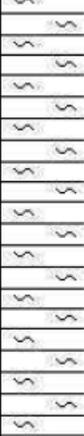
Di seguito le risultanze relative al sondaggio S3

MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
			tipo	num	PROF	
1	.20					Conglomerato Bituminoso
	1.70					Misto Granulare
2	2.50					Argilla limosa di colore verde oliva

Durante l'esecuzione del sondaggio S3 non sono state effettuate prove scissometriche.

**6.2 Sondaggio S5**

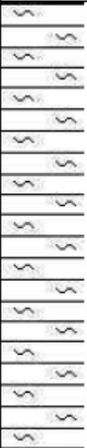
Di seguito le risultanze relative al sondaggio S5

MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
			tipo	num	PROF	
1	28					Conglomerato Bituminoso
	1.70					Misto Granulare
2	2.70					Argilla limosa di colore verde oliva

Durante l'esecuzione del sondaggio S5 non sono state effettuate prove scissometriche.

### 6.3 Sondaggio S7

Di seguito le risultanze relative al sondaggio S7

MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
			tipo	num	PROF	
	22					Conglomerato Bituminoso
1						Misto Granulare
2	1.80					Argilla limosa di colore verde oliva
	2.80					

Durante l'esecuzione del sondaggio S7 non sono state effettuate prove scissometriche.

### 6.4 Sondaggio A

Conglomerato Bituminoso	0,35  1,80 2,60 3,80 4,80	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)		
Argilla consistente di colore grigio con striature ocra e presenza di materiale organico visibile in striature nere		
Argilla debolmente limosa colore nocciola consistente ocra, C.I. da 3 a 3,50 m		
Argilla debolmente limosa colore nocciola consistente ocra		
FINE SONDAGGIO 4,80 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
A-2	COE.	A	2.10	39.90	39.90	2.10	1.05	1.00
A-2	COE.	A	2.40	45.60	45.60	1.60	0.80	0.60
A-3	COE.	A	2.80	53.20	53.20	1.80	0.90	1.00
A-3	COE.	A	3.00	57.00	57.00	2.20	1.10	1.20
A-3	COE.	A	3.50	66.50	66.50	3.00	1.50	1.30
A-3	COE.	A	3.70	70.30	70.30	1.20	0.60	0.70
A-4	COE.	A	4.00	76.00	76.00	2.20	1.10	1.00
A-4	COE.	A	4.30	81.70	81.70	2.20	1.10	1.20
A-4	COE.	A	4.60	87.40	87.40	1.50	0.75	0.70

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
A-2	1.8	2.6	0.86
A-3	2.6	3.8	1.04
A-4	3.8	4.8	0.98

### 6.5 Sondaggio B

Conglomerato Bituminoso	0,20  2,20 3,20 3,70 5,00	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)		
Argilla consistente di colore grigio con striature ocra e presenza di materiale organico visibile in striature nere		
Argilla debolmente limosa di colore nocciola e striature ocra		
Sabbia limosa di colore grigio a tratti limosa		
FINE SONDAGGIO 5 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
B-2	COE.	B	2.60	49.40	49.40	1.70	0.85	0.90
B-2	COE.	B	2.80	53.20	53.20	1.00	0.50	0.70
B-2	COE.	B	3.00	57.00	57.00	2.00	1.00	1.20
B-3	COE.	B	3.40	64.60	64.60	2.00	1.00	1.10
B-3	COE.	B	3.60	68.40	68.40	2.60	1.30	1.50
B-3	COE.	B	3.90	74.10	74.10	2.10	1.05	0.90

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
B-2	2.2	3.20	0.86
B-3	3.2	3.70	1.14

### 6.6 Sondaggio C

Conglomerato Bituminoso	0.10	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)		
Argilla consistente di colore grigio con striature ocra e presenza di materiale organico visibile in striature nere	2.00	
Argilla debolmente limosa di colore nocciola e striature ocra C.I. da 2,50 a 3,00 m	2.60	
Sabbia grigia di granulometria fine	3.20	
Argilla debolmente limosa di colore grigio	4.60	
Argilla organica di colore marrone	4.80	
FINE SONDAGGIO 5 m	5.00	

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
C-2	COE.	C	2.30	43.70	43.70	3.70	1.85	1.50
C-2	COE.	C	2.60	49.40	49.40	3.60	1.80	1.70
C-3	COE.	C	2.90	55.10	55.10	3.70	1.85	1.80
C-5	COE.	C	4.60	87.40	87.40	2.00	1.00	1.10
C-5	COE.	C	4.80	91.20	91.20	2.30	1.15	1.00
C-5	COE.	C	5.00	95.00	95.00	2.20	1.10	1.30

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
C-2	2	2.6	1.71
C-3	2.6	3.5	1.83
C-5	4.6	5	1.11

### 6.7 Sondaggio D

Conglomerato Bituminoso (4 cm) e Calcestruzzo Armato	0.35	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)		
Argilla di colore grigio debolmente limosa	3.00	
Sabbia ocra di granulometria media	3.50	
Argilla debolmente limosa di colore grigio	4.30	
Sabbia grigia di granulometria media	4.48	
FINE SONDAGGIO 5 m	5.00	

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
D-2	COE.	D	3.10	58.90	58.90	2.10	1.05	0.90
D-2	COE.	D	3.30	62.70	62.70	2.10	1.05	0.80
D-2	COE.	D	3.50	66.50	66.50	2.20	1.10	1.00

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
D-2	3	3.50	0.98

### 6.8 Sondaggio E

Conglomerato Bituminoso	0.26	
Ghialla di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)		
Argilla consistente di colore grigio con macchie scure	2.60	
FINE SONDAGGIO 3 m	3.00	

Durante l'esecuzione del sondaggio E non sono state effettuate prove scissometriche.

### 6.9 Sondaggio F

Di seguito le risultanze relative al sondaggio F

Conglomerato Bituminoso	0.17	
Ghialla di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)		
Limo sabbioso argilloso di colore ocra C.I. da 2.10 a 2.60 m	1.80	
Argilla grigia consistente con macchie scure	2.60	
Argilla debolmente limosa consistente di colore grigio scuro	2.90	
Argilla consistente debolmente limosa di colore nocciola e striature grige	3.30	
Argilla debolmente limosa di colore grigio C.I. da 4,50 a 5,00 m	3.90	
FINE SONDAGGIO 3 m	5.00	

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
F-2	COE.	F	2.30	43.70	43.70	1.30	0.65	0.60
F-2	COE.	F	2.60	49.40	49.40	1.60	0.80	0.80
F-3	COE.	F	3.00	57.00	57.00	3.00	1.50	1.20
F-3	COE.	F	3.30	62.70	62.70	3.00	1.50	1.30
F-3	COE.	F	3.60	68.40	68.40	2.80	1.40	1.40
F-3	COE.	F	3.90	74.10	74.10	2.20	1.10	1.00
F-3	COE.	F	4.10	77.90	77.90	2.50	1.25	1.50
F-3	COE.	F	4.40	83.60	83.60	2.80	1.40	1.20

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
F-2	1.8	2.60	0.71
F-3	2.6	5.00	1.31

### 6.10 Sondaggio GEO 1

Calcestruzzo con guaina plastica alla base	0.40	
Ghialla di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei in matrice sabbiosa (Tout - Venant)	2.40	
Argilla debolmente limosa consistente di colore grigio con striature glialle	4.00	
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO1-2	COE.	GEO1	2.70	51.30	51.30	2.90	1.45	1.50
GEO1-2	COE.	GEO1	3.00	57.00	57.00	3.00	1.50	1.50
GEO1-2	COE.	GEO1	3.60	68.40	68.40	3.80	1.90	2.00

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO1-2	2.4	4.00	1.64

### 6.11 Sondaggio GEO 2

Conglomerato Bituminoso	0.25	
Ghialla di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei in matrice sabbiosa (Tout - Venant)	2.15	
Sabbia limosa di colore giallo ocra	3.20	
Sabbia di media granulometria di colore grigio	3.80	
Argilla debolmente limosa di colore grigio	5.00	
FINE SONDAGGIO 5,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO2-3	COE.	GEO2	4.00	76.00	76.00	1.00	0.50	0.60
GEO2-3	COE.	GEO2	4.30	81.70	81.70	2.10	1.05	0.90
GEO2-3	COE.	GEO2	4.60	87.40	87.40	2.40	1.20	1.30

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO2-3	3.8	5.00	0.93

### 6.12 Sondaggio GEO 3

Conglomerato Bituminoso	0.24	
Ghiala di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei in matrice sabbiosa (Tout - Venant)	2.60	
Argilla consistente di colore grigio con presenza di macchie scure costituite da materiale organico vegetale	3.20	
Sabbia di media granulometria di colore grigio	4.00	
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO3-2	COE.	GEO3	2.60	49.40	49.40	2.00	1.00	0.90
GEO3-2	COE.	GEO3	2.90	55.10	55.10	2.20	1.10	1.00
GEO3-2	COE.	GEO3	3.10	58.90	58.90	2.00	1.00	1.20

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO3-2	2.6	3.20	1.03

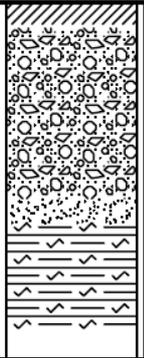
### 6.13 Sondaggio GEO 4

Conglomerato Bituminoso	0.30	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei in matrice sabbiosa (Tout - Venant)	2.20	
Sabbia debolmente limosa di colore grigio	3.20	
Argilla consistente di colore grigio/verde con presenza di macchie scure costituite da materiale organico vegetale	4.00	
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO4-3	COE.	GEO4	3.40	64.60	64.60	3.00	1.50	1.60
GEO4-3	COE.	GEO4	3.60	68.40	68.40	3.20	1.60	1.80

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO4-3	3.2	4.00	1.63

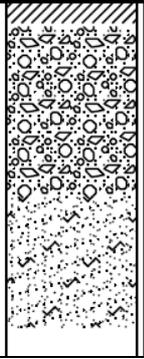
**6.14 Sondaggio GEO 5**

Conglomerato Bituminoso	0.33  2.40 2.70  4.00	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei in matrice sabbiosa (Tout - Venant)		
Sabbia di colore grigio di media granulometria		
Argilla consistente debolmente limosa di colore grigio e strature ocra		
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO5-3	COE.	GEO5	3.40	64.60	64.60	4.40	2.20	2.00
GEO5-3	COE.	GEO5	3.60	68.40	68.40	5.80	2.90	3.00
GEO5-3	COE.	GEO5	3.80	72.20	72.20	5.00	2.50	3.00

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO5-3	2.7	4.00	2.60

**6.15 Sondaggio GEO 6**

Conglomerato Bituminoso	0.30  2.40  4.00	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei in matrice sabbiosa (Tout - Venant)		
Sabbia di granulometria fine limosa di colore grigio e strature verdi		
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO6-2	COE.	GEO6	3.30	62.70	62.70	1.40	0.70	0.70
GEO6-2	COE.	GEO6	3.60	68.40	68.40	1.00	0.50	0.60
GEO6-2	COE.	GEO6	3.90	74.10	74.10	1.90	0.95	0.60

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO6-2	2.4	4.00	0.68

## 6.16 Sondaggio GEO 7

Conglomerato Bituminoso	0.25	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei in matrice sabbiosa (Tout - Venant)	1.30	
Argilla consistente di colore grigio/verde con presenza di macchie scure costituite da materiale organico vegetale	3.20	
Sabbia limosa di colore grigio e striature ocra	4.00	
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO7-2	COE.	GEO7	1.50	28.50	28.50	1.40	0.70	0.80
GEO7-2	COE.	GEO7	1.90	36.10	36.10	1.50	0.75	0.80
GEO7-2	COE.	GEO7	2.30	43.70	43.70	1.30	0.65	0.70

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO7-2	1.3	3.20	0.73

## 6.17 Sondaggio GEO 8

Conglomerato Bituminoso	0.40	
Ghiaia di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosa (Tout - Venant)	2.10	
Argilla consistente di colore grigio presenza di materiale organico organico visibile in striature nere	2.60	
Sabbia di granulometria fine debolmente limosa di colore giallo ocra	3.30	
Sabbia di granulometria fine di colore giallo ocra	4.00	
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO8-2	COE.	GEO8	2.10	39.90	39.90	3.80	1.90	1.80
GEO8-2	COE.	GEO8	2.30	43.70	43.70	3.50	1.75	1.20
GEO8-2	COE.	GEO8	2.60	49.40	49.40	4.00	2.00	1.90

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO8-2	2.1	2.60	1.76

### 6.18 Sondaggio GEO 9

Conglomerato Bituminoso	0.25	
Ghiala di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)	2.50	
Argilla consistente di colore grigio presenza di materiale organico organico visibile in striature nere	3.30	
Sabbia di granulometria fine debolmente limosa di colore giallo ocra	4.00	
FINE SONDAGGIO 4,00 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO9-2	COE.	GEO9	2.50	47.50	47.50	3.30	1.65	1.20
GEO9-2	COE.	GEO9	2.80	53.20	53.20	3.30	1.65	1.30
GEO9-2	COE.	GEO9	3.10	58.90	58.90	4.00	2.00	2.10

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO9-2	2.5	3.30	1.65

### 6.19 Sondaggio GEO 10

Conglomerato Bituminoso	0.27	
Ghiala di riporto eterometrica con ciottoli centimetrici prevalentemente calcarei con matrice sabbiosi (Tout - Venant)	2.35	
Argilla consistente di colore grigio presenza di materiale organico organico visibile in striature nere	3.00	
Sabbia di granulometria fine di colore giallo ocra	3.70	
FINE SONDAGGIO 3,70 m		

Unità Stratigrafica	natura terr.	Sond.	Quota	$\sigma_v$	$\sigma_v'$	Pocket		Cu (Torvane)
			[m]	[kPa]	[kPa]	qu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO10-2	COE.	GEO10	2.40	45.60	45.60	3.00	1.50	1.40
GEO10-2	COE.	GEO10	2.60	49.40	49.40	2.80	1.40	1.20
GEO10-2	COE.	GEO10	2.80	53.20	53.20	2.80	1.40	1.40
GEO10-2	COE.	GEO10	3.00	57.00	57.00	2.20	1.10	1.00

Unità Stratigrafica	DA	A	Cu
	m	m	[kg/cm <sup>2</sup> ]
GEO10-2	2.35	3.00	1.30

### 6.20 Indagini penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche realizzate sono di tipo pesante DPSH65, TIPO EMILIA, eseguite lungo le 5 verticali, indicate in planimetria **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** con DPSH1 DPSH2 DPSH3 DPSH4 e DPSH5, esse hanno fornito valori continui di N30, cioè del numero di colpi necessari per un avanzamento della punta pari e 30 cm. I diagrammi dei dati forniti sono di seguito in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..** e nelle successive.

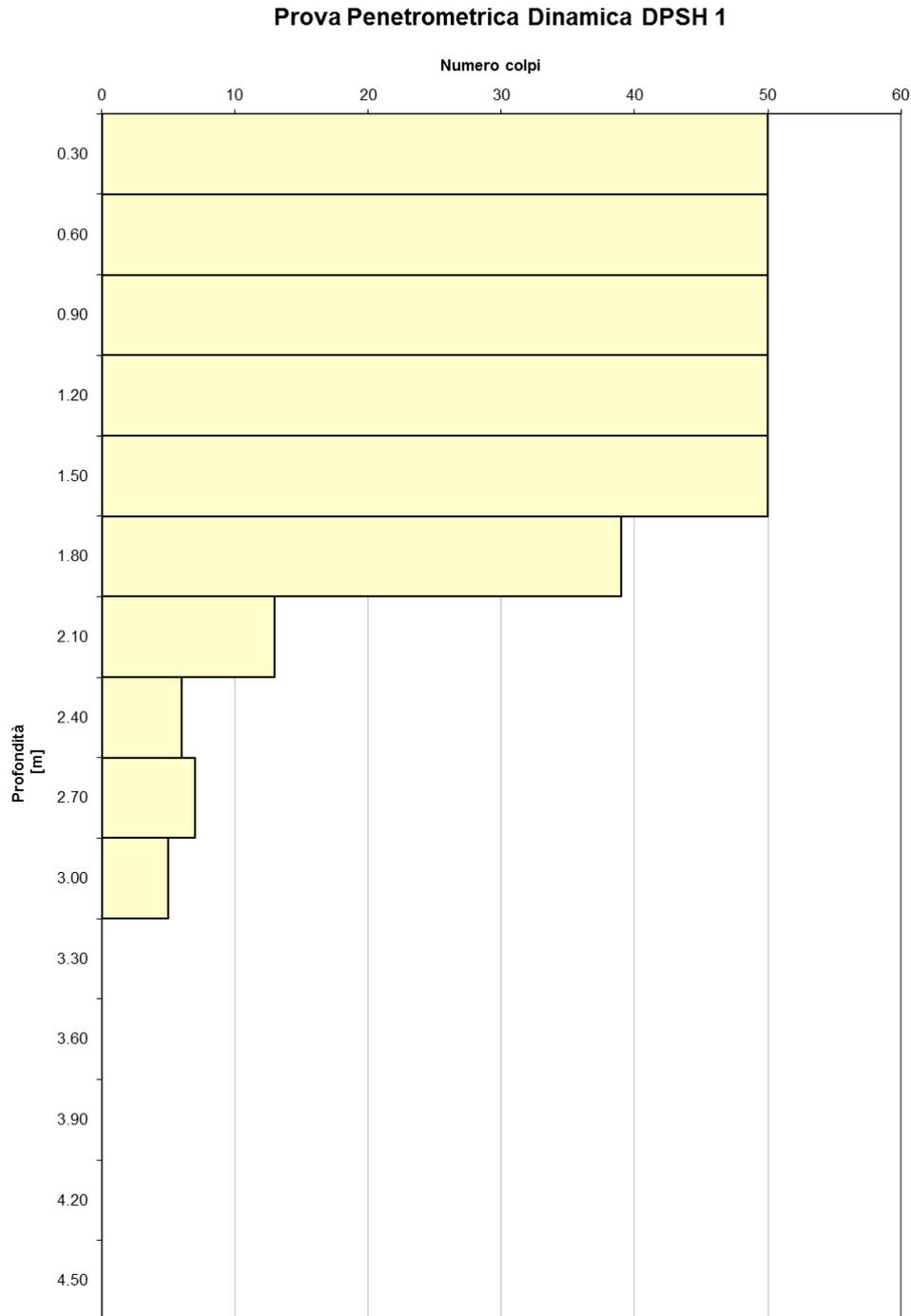


Figura 6.1: Restituzione prova DPSH1

### Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 2

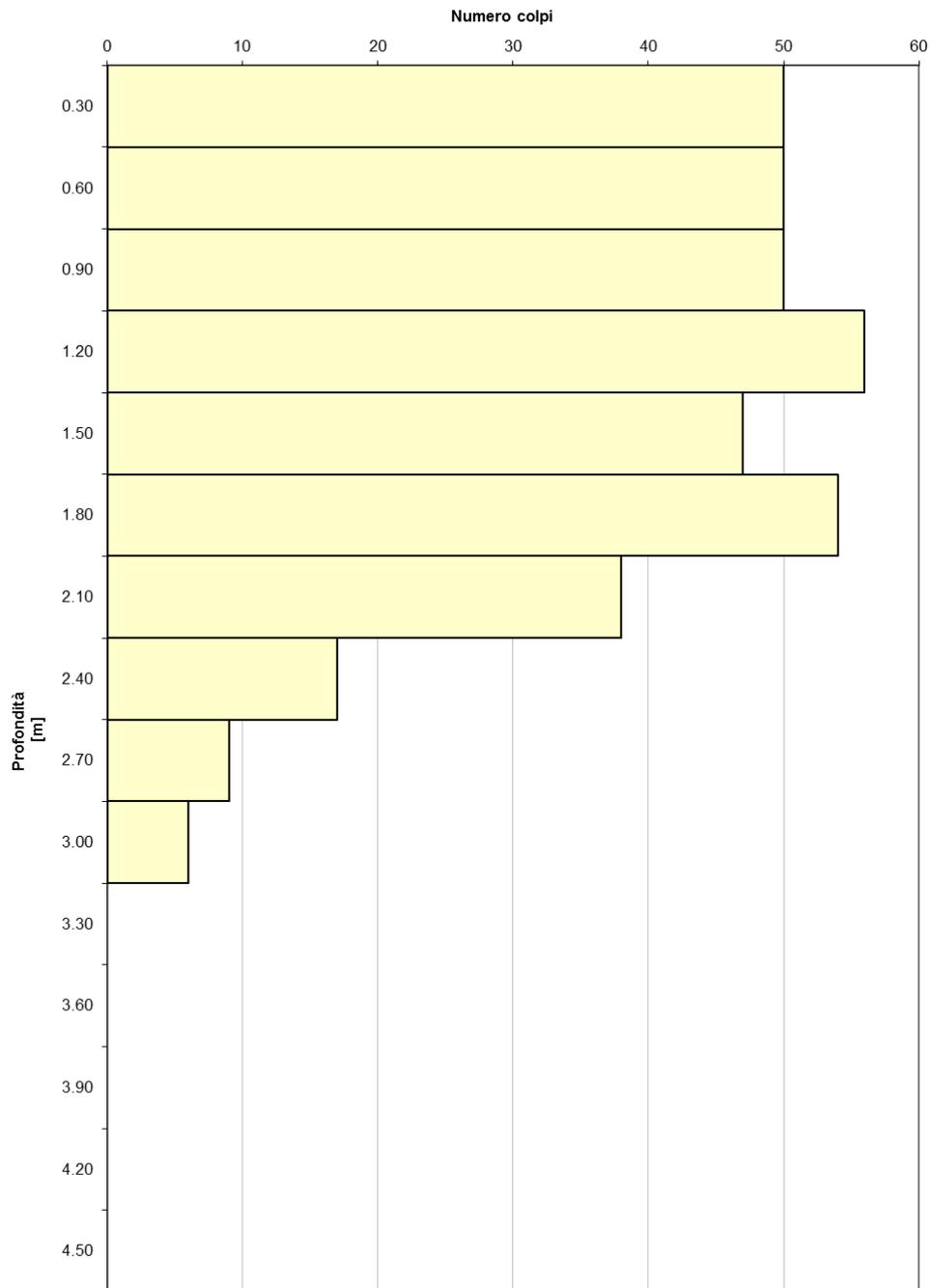


Figura 6.2: Restituzione prova DPSH2

Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 3

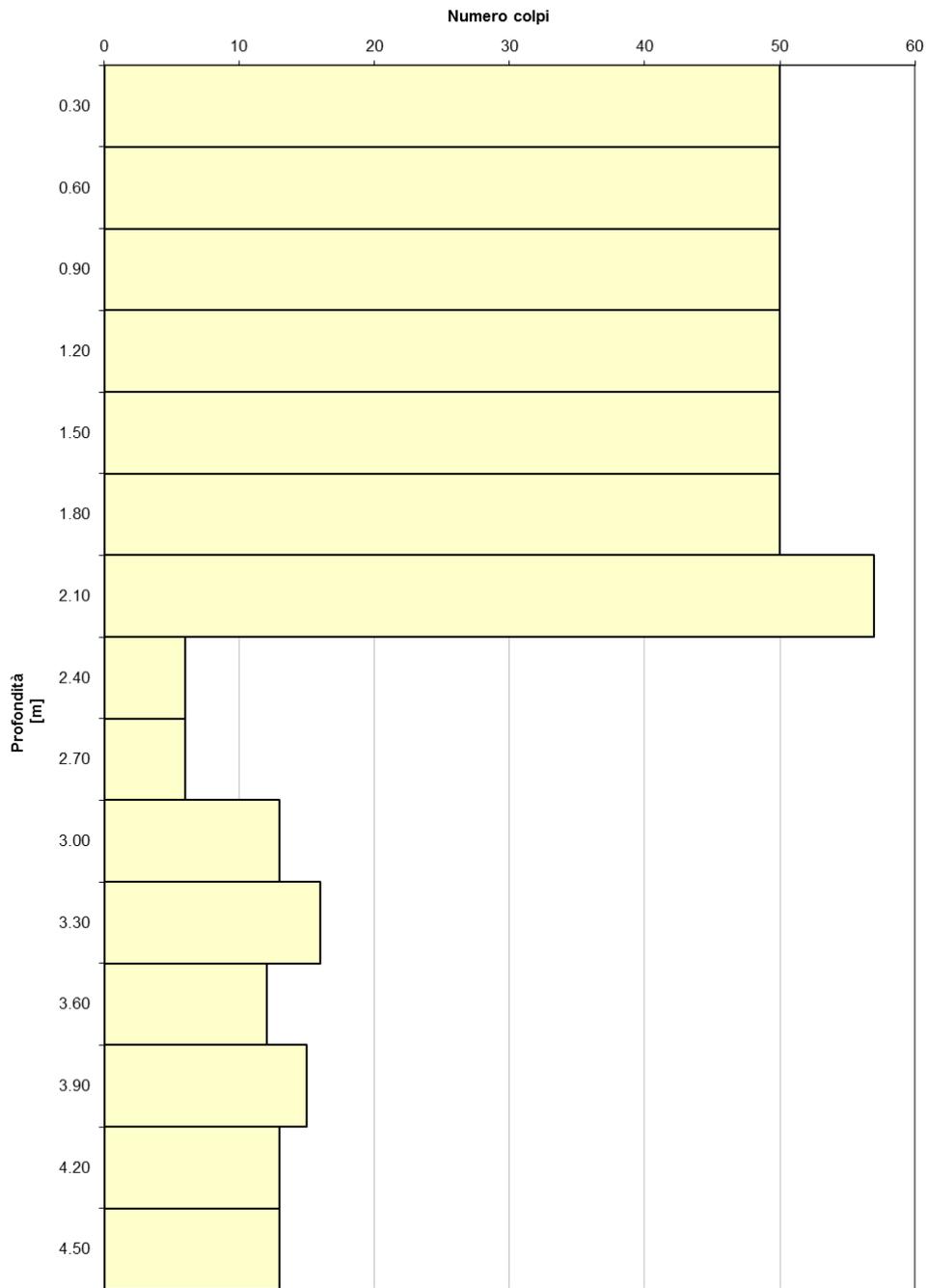


Figura 6.3: Restituzione prova DPSH3

Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 4

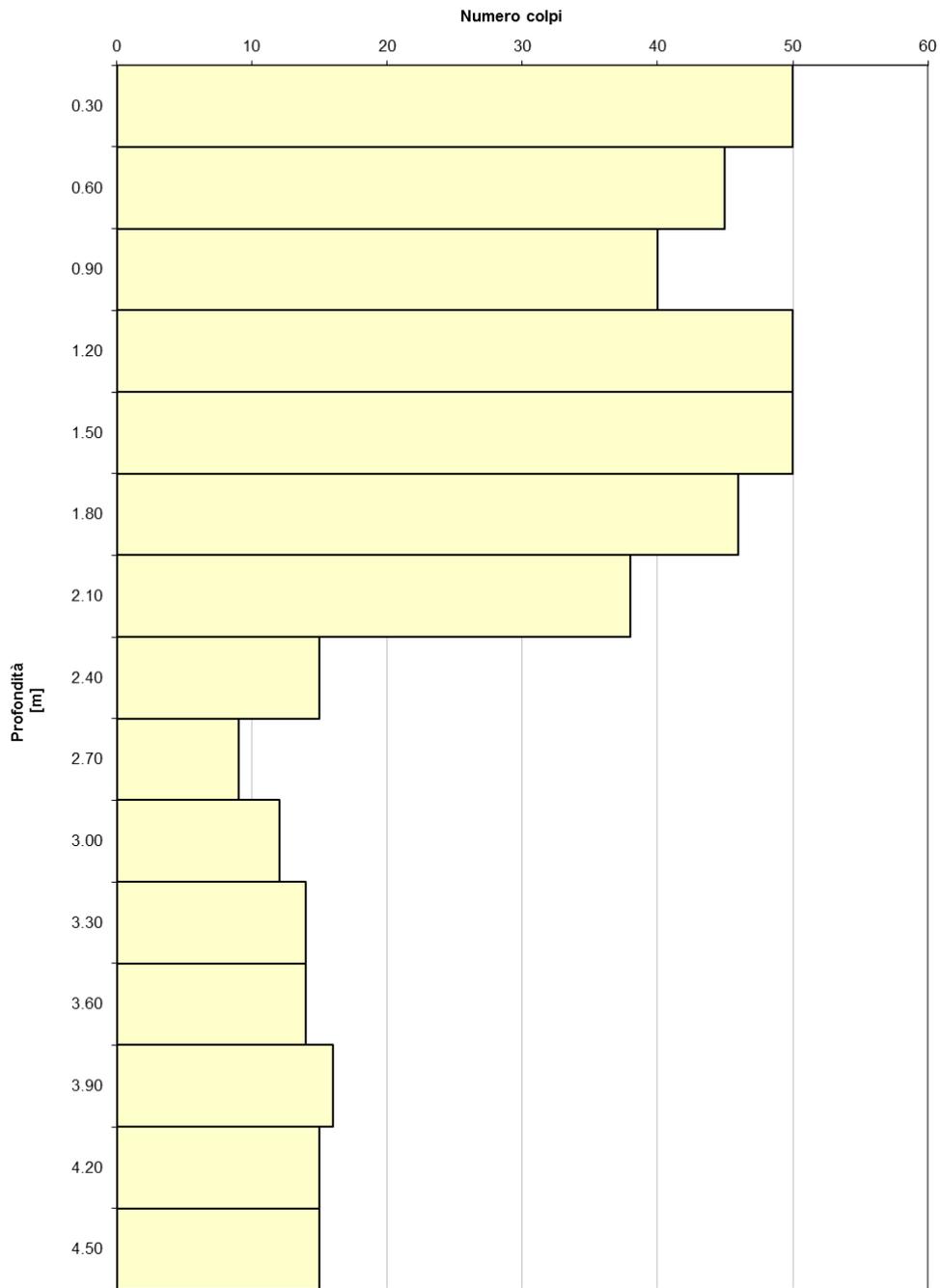


Figura 6.4: Restituzione prova DPSH4

### Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 5

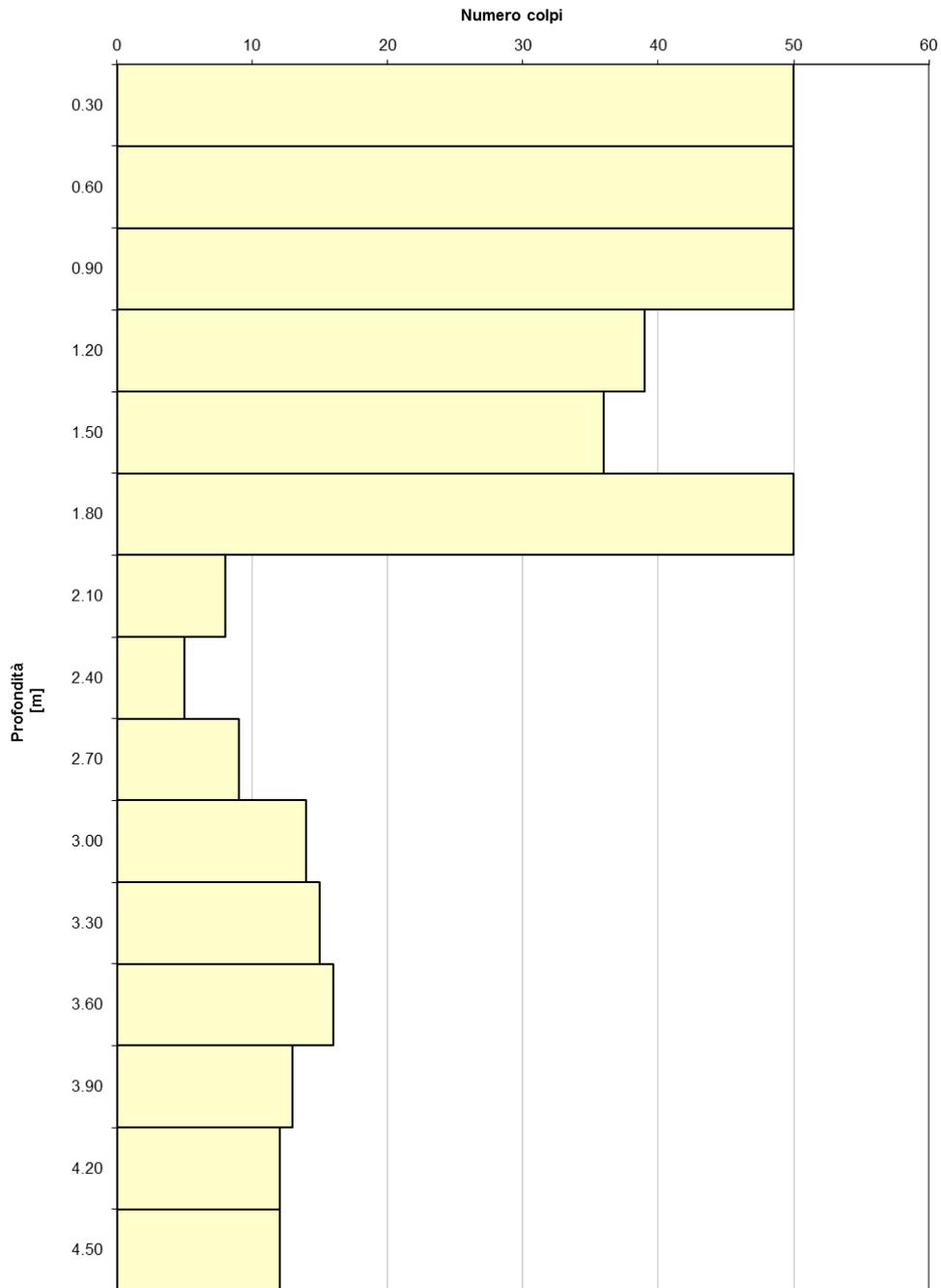


Figura 6.5: Restituzione prova DPSH5

### 6.20.1 Elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche DP

Per l'elaborazione delle prove si è proceduto come descritto di seguito.

A partire dal valore del numero di colpi N è stato determinato il valore della resistenza di punta Rpd con la seguente formula:

$$Rpd = \frac{M}{[M + M']} \cdot \frac{MgH}{[Ae]}$$

Le caratteristiche della prova eseguita sono:

- Rpd = resistenza dinamica di punta,
- MARCA e MODELLO: Gouda DPSH Tipo "Emilia"
- MAGLIO: 63.5 kg (M)
- ALTEZZA CADUTA: 0.75 m (H)
- PESO TESTA: 2 kg (M')
- LUNGHEZZA ASTE: 1.5 m
- PESO ASTE: 8.3 kg (M')
- DIAMETRO ASTE: 32 mm
- DIAMETRO PUNTA: 52.0 mm (A)
- ANGOLO PUNTA: 60 °

A partire da N, si è proceduto poi all'interpretazione della prova attraverso opportune correlazioni con prove di tipo SPT, ricavando i valori stimati per N<sub>spt</sub>, così come di seguito esposto:

$$ColpiN_{30} \cong N_{spt}$$

A questo punto si è proceduto alla determinazione dei principali parametri geotecnici attraverso i riscontri forniti dalle prove SPT "derivate" secondo le teorie di seguito esposte.

I grafici relativi all'andamento dei colpi N<sub>spt</sub> e delle resistenze di dinamiche di punta delle singole prove sono di seguito riportati.

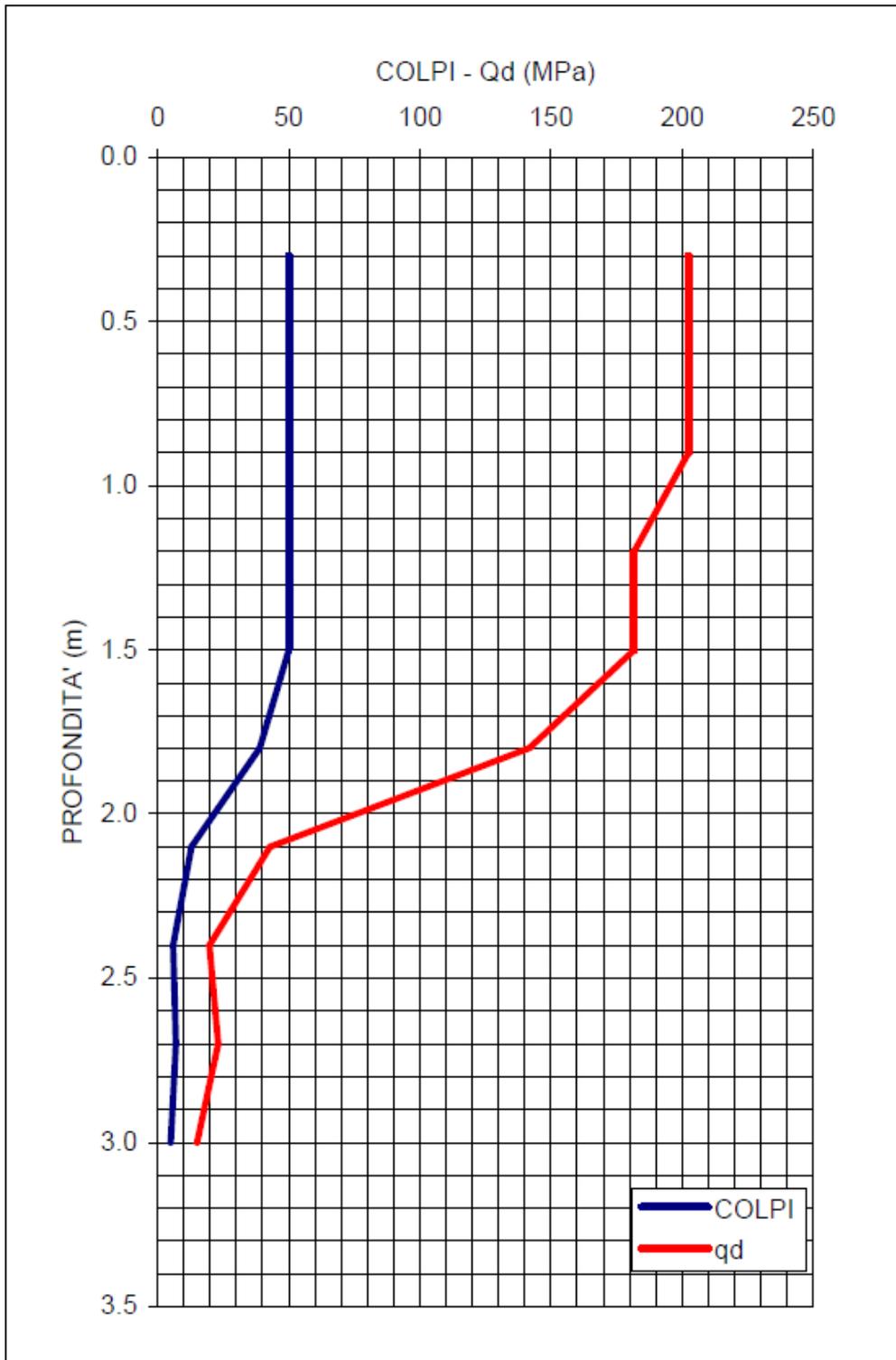


Figura 6.6. DPSH 1 – Andamento  $N_{30}$  e  $Q_d$

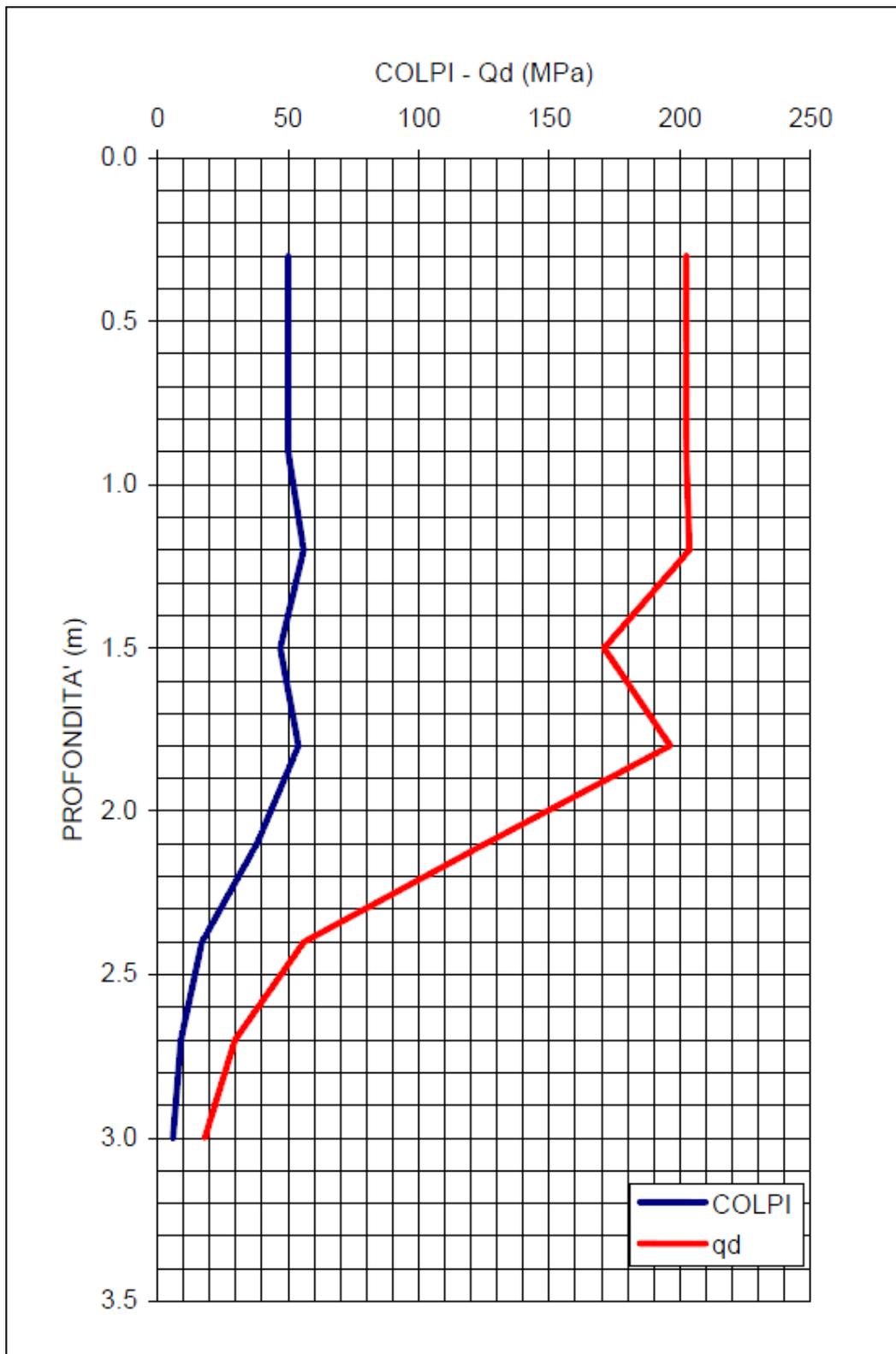


Figura 6.7. DPSH 2 – Andamento  $N_{30}$  e Qd

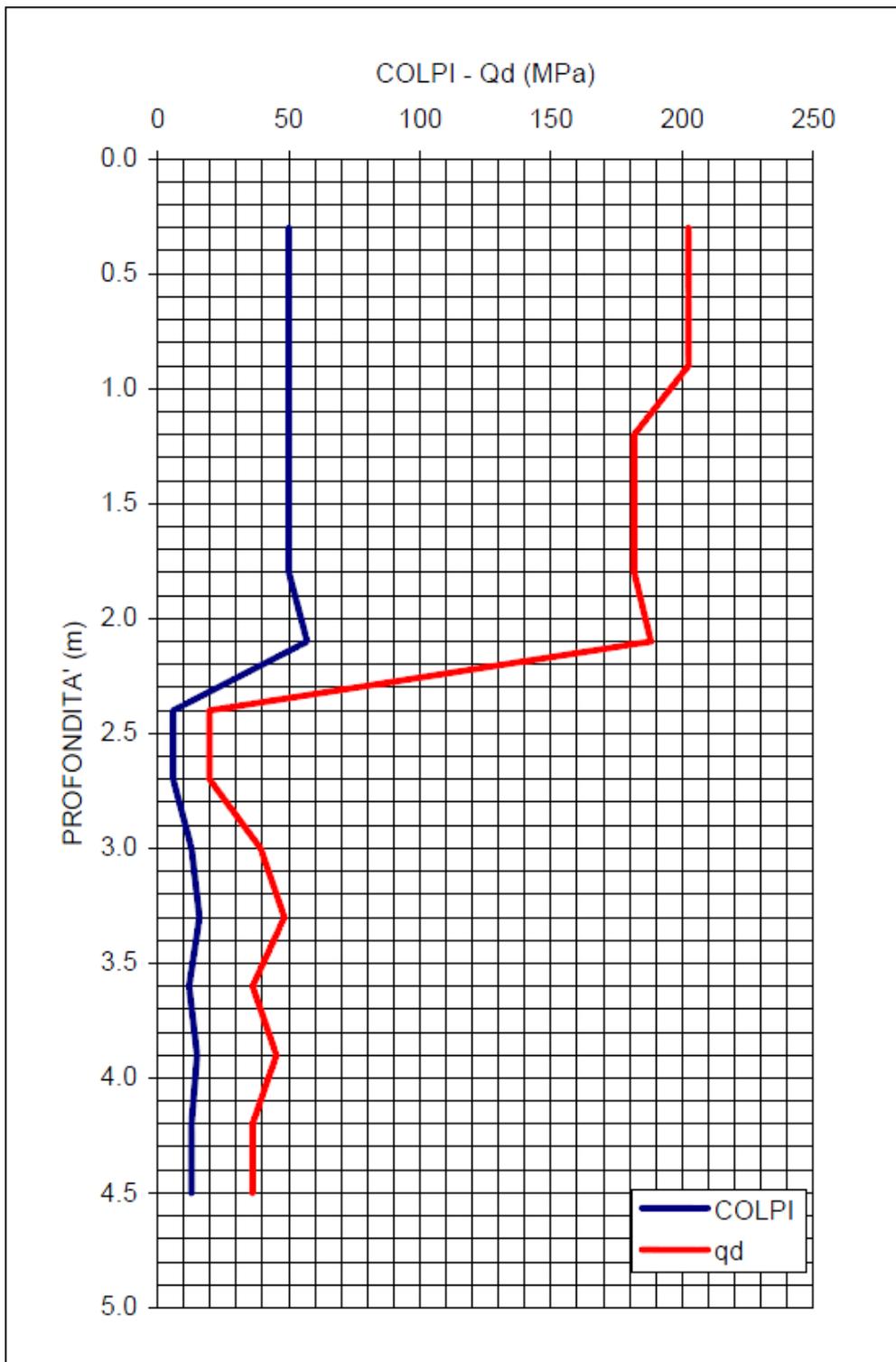


Figura 6.8. DPSH 3 – Andamento  $N_{30}$  e Qd

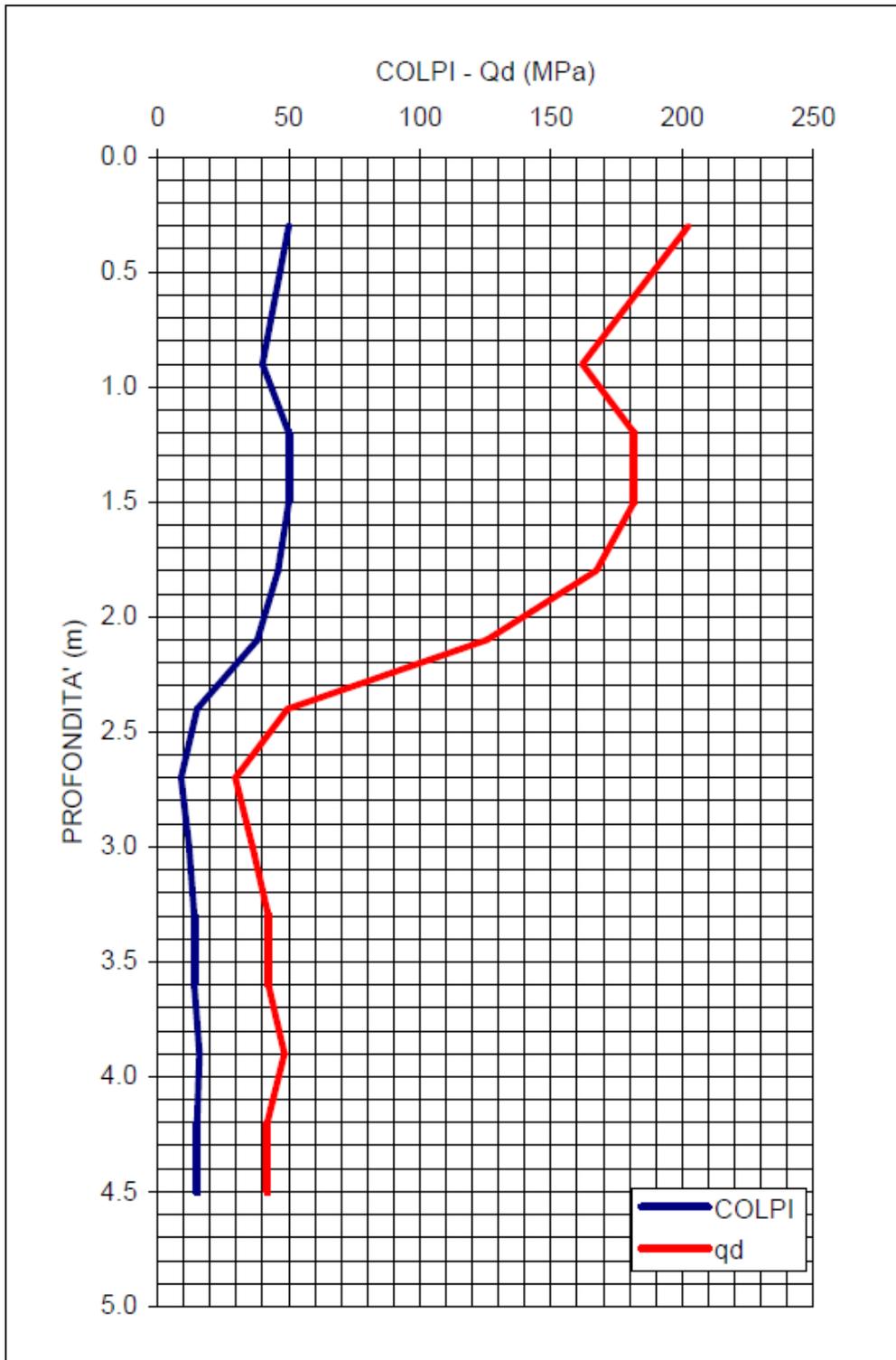


Figura 6.9. DPSH 4 – Andamento  $N_{30}$  e Qd

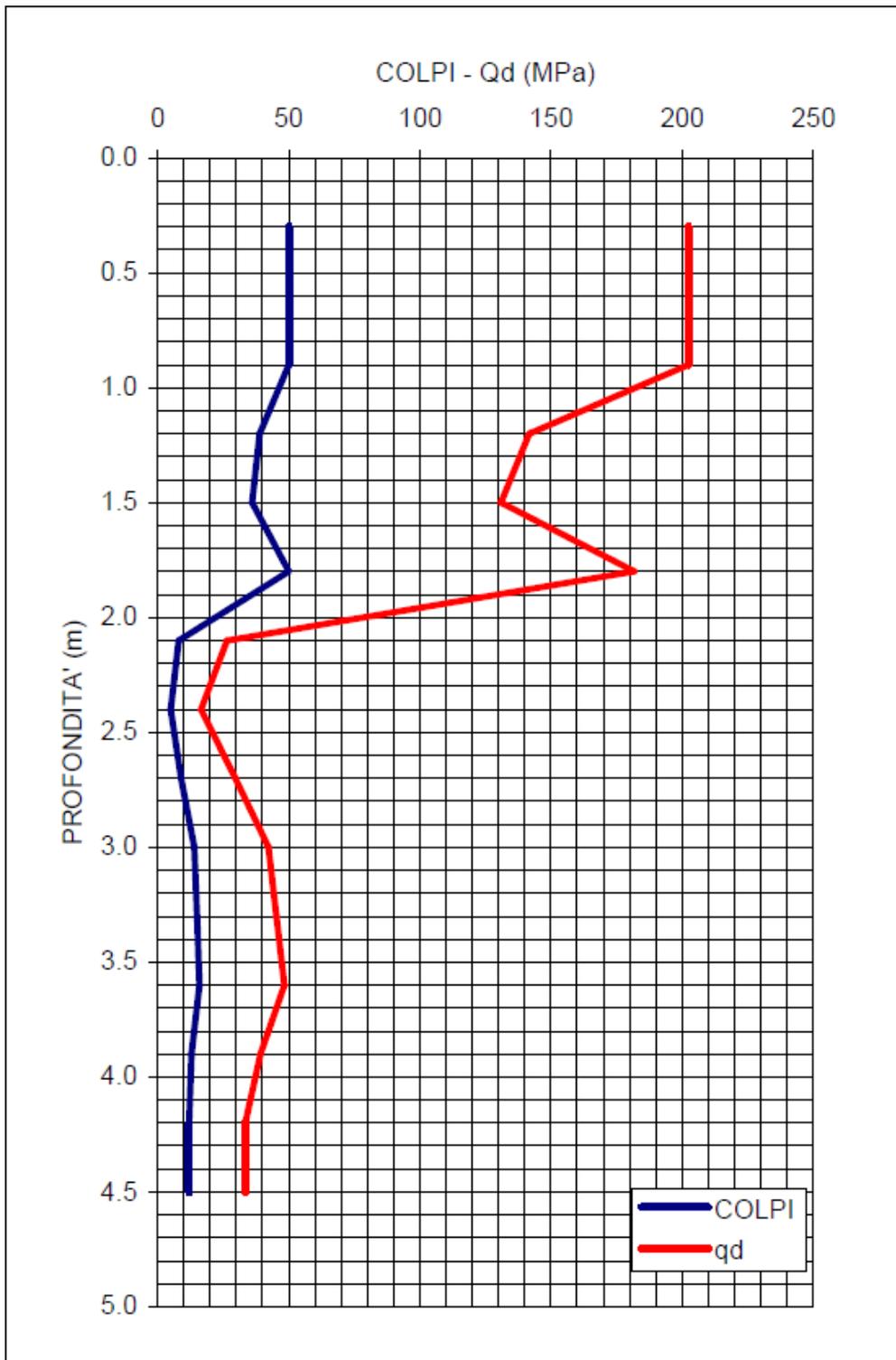


Figura 6.10. DPSH 5 – Andamento  $N_{30}$  e  $Q_d$

## 6.21 Interpretazione Prove NSPT

Di seguito in Figura 6.11 e successive i risultati dell'analisi e i grafici rappresentativi degli andamenti dei vari parametri indagati in relazione alla profondità.

Per la definizione delle unità stratigrafiche si farà riferimento alla stratigrafia di sondaggio più prossima rispetto alle verticale della prova DPSH.

**Tabella 6.1: Restituzione da prove SPT – DPSH1**

SPT-DP1	natura terr.	Inizio	Fine	Dr (%)	$\phi$ (°)	E (Mpa)	E'25 (Mpa)	Go (MPa)	Vs 30 (m/s)
		[m da P.C.]							
1	GHIAIE	0.3	1.5	100.0	44.3	54.5	52.2	106.2	188.6
2	S. GROSS.	1.5	2.0	75.6	37.0	36.4	28.1	82.1	171.6
3	S. MED. FINI	2.0	3.0	38.9	28.2	21.4	7.8	35.6	128.1

**Tabella 6.2: Restituzione da prove SPT – DPSH2**

SPT-DP2	natura terr.	Inizio	Fine	Dr (%)	$\phi$ (°)	E (Mpa)	E'25 (Mpa)	Go (MPa)	Vs 30 (m/s)
		[m da P.C.]							
1	GHIAIE	0.3	1.5	100.0	44.4	54.9	52.8	106.8	189.1
2	S. GROSS.	1.5	2.0	100.0	42.9	51.5	46.5	109.1	197.5
3	S. MED. FINI	2.0	3.0	51.1	30.5	24.9	13.1	46.0	142.5

**Tabella 6.3: Restituzione da prove SPT – DPSH3**

SPT-DP3	natura terr.	Inizio	Fine	Dr (%)	$\phi$ (°)	E (Mpa)	E'25 (Mpa)	Go (MPa)	Vs 30 (m/s)
		[m da P.C.]							
1	GHIAIE	0.3	2.0	100.0	44.4	55.2	52.9	108.9	193.0
2	S. MED. FINI	2.0	2.5	38.1	28.1	21.4	8.0	34.5	126.5
3	S. MED.	2.5	4.5	55.9	31.9	27.2	14.7	67.4	167.1

**Tabella 6.4.: Restituzione da prove SPT – DPSH4**

SPT-DP4	natura terr.	Inizio	Fine	Dr (%)	$\phi$ (°)	E (Mpa)	E'25 (Mpa)	Go (MPa)	Vs 30 (m/s)
		[m da P.C.]							
1	GHIAIE	0.3	2.0	99.2	43.1	51.2	47.4	103.2	188.2
2	S. MED. FINI	2.0	2.5	53.2	31.2	25.9	15.0	48.1	145.7
3	S. MED.	2.5	4.5	57.5	32.3	27.8	15.4	69.8	169.4

**Tabella 6.5.: Restituzione da prove SPT – DPSH5**

SPT-DP5	natura terr.	Inizio	Fine	Dr (%)	$\phi$ (°)	E (Mpa)	E'25 (Mpa)	Go (MPa)	Vs 30 (m/s)
		[m da P.C.]							
1	GHIAIE	0.3	2.0	100.0	44.3	54.5	53.6	95.6	178.6
2	S. MED.	2.0	2.5	96.4	41.8	48.2	41.8	114.6	197.7
3	S. MED. FINI	2.5	4.5	52.0	30.9	25.6	13.0	57.1	139.0

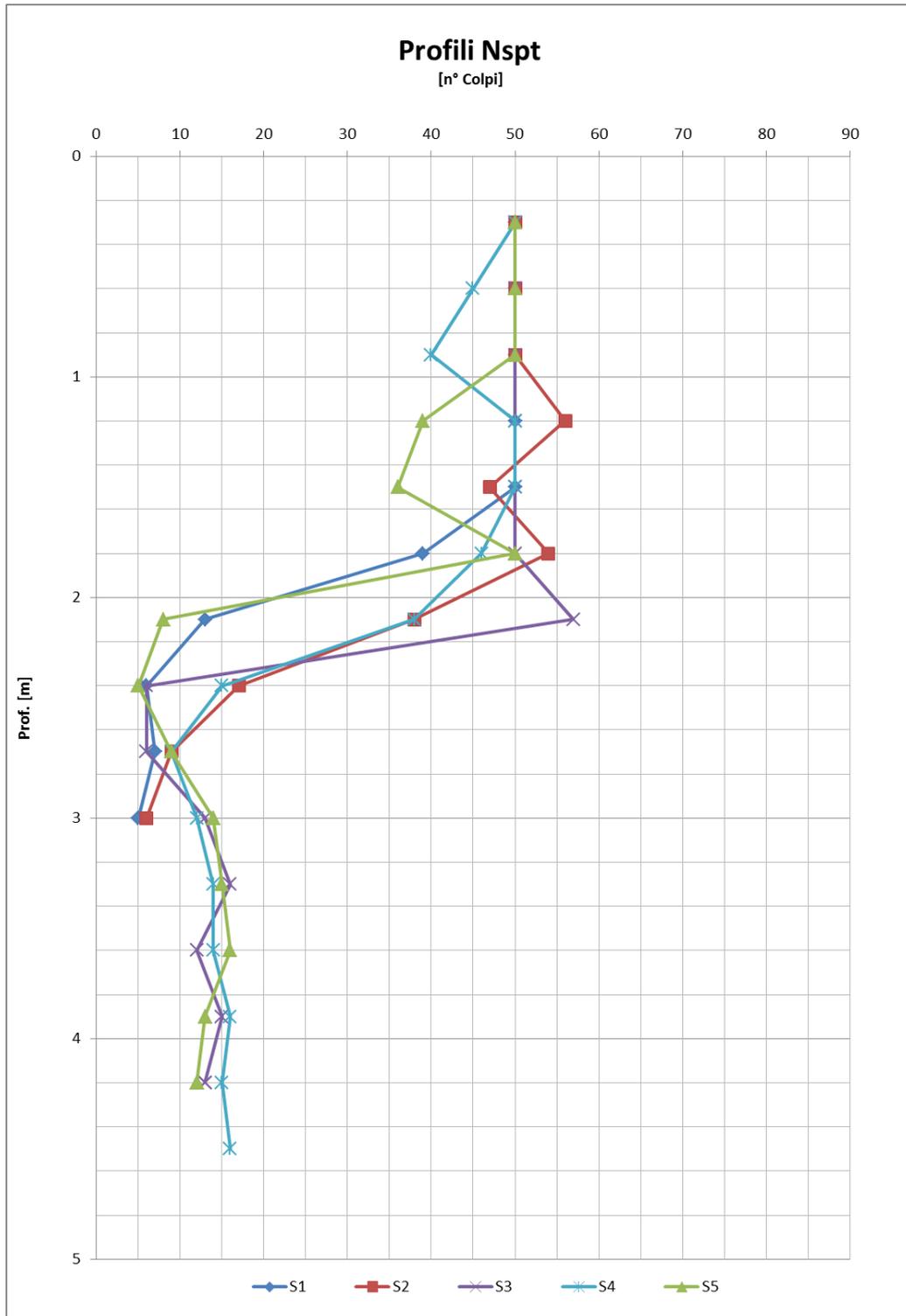


Figura 6.11. Profili Nspt=N2+N3

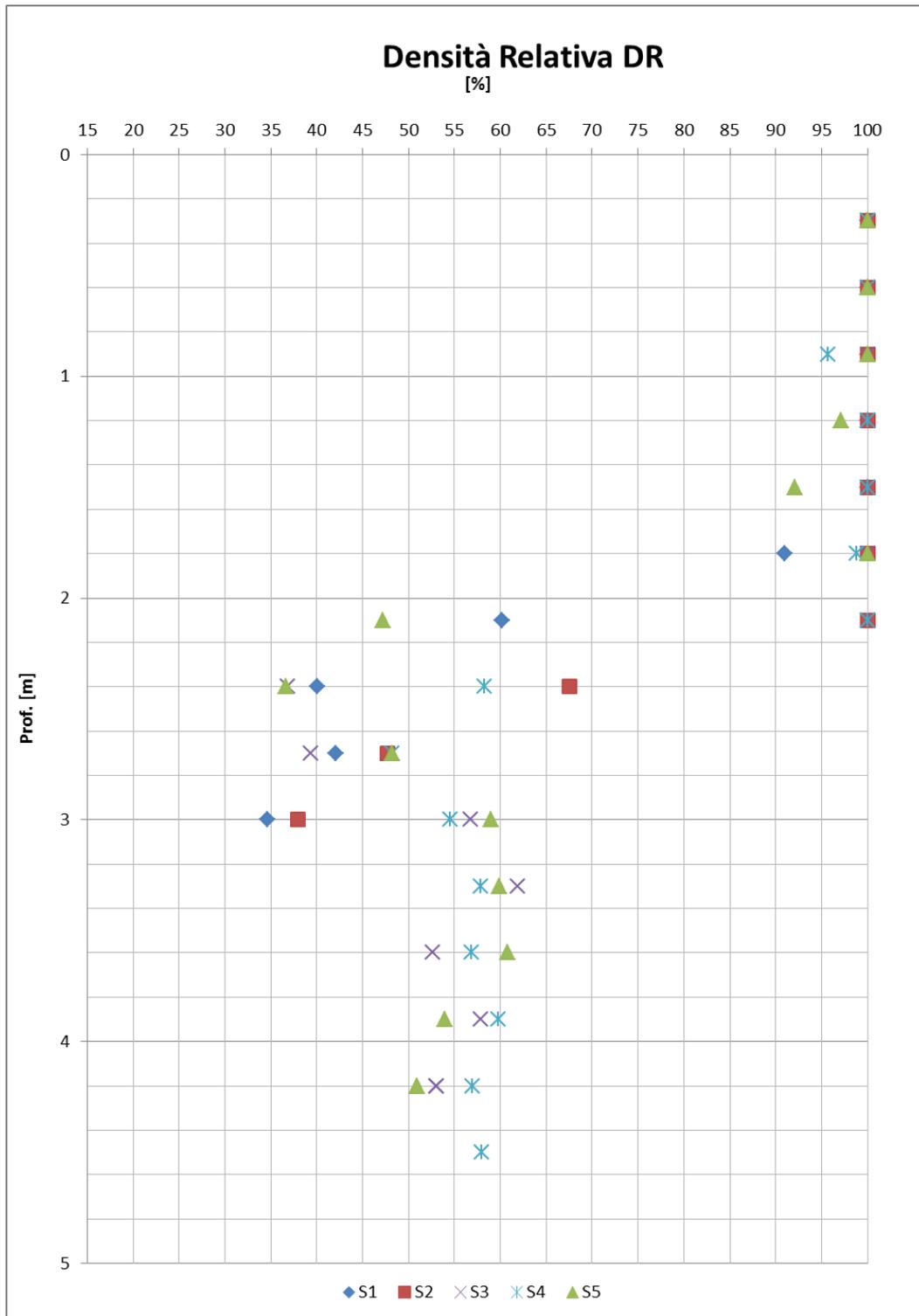


Figura 6.12. Densità Relativa Dr %

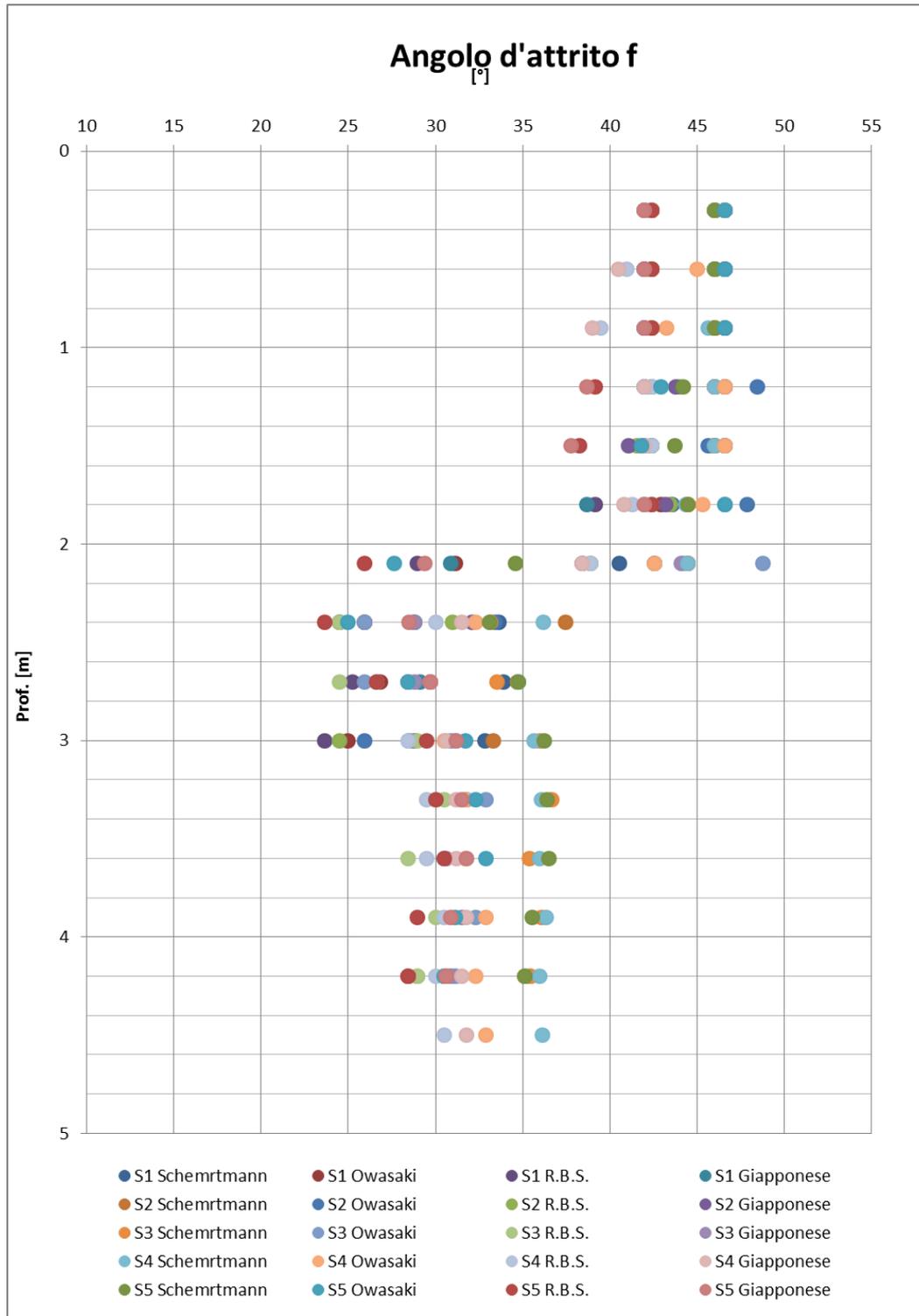


Figura 6.13. Angolo d'attrito  $\phi$

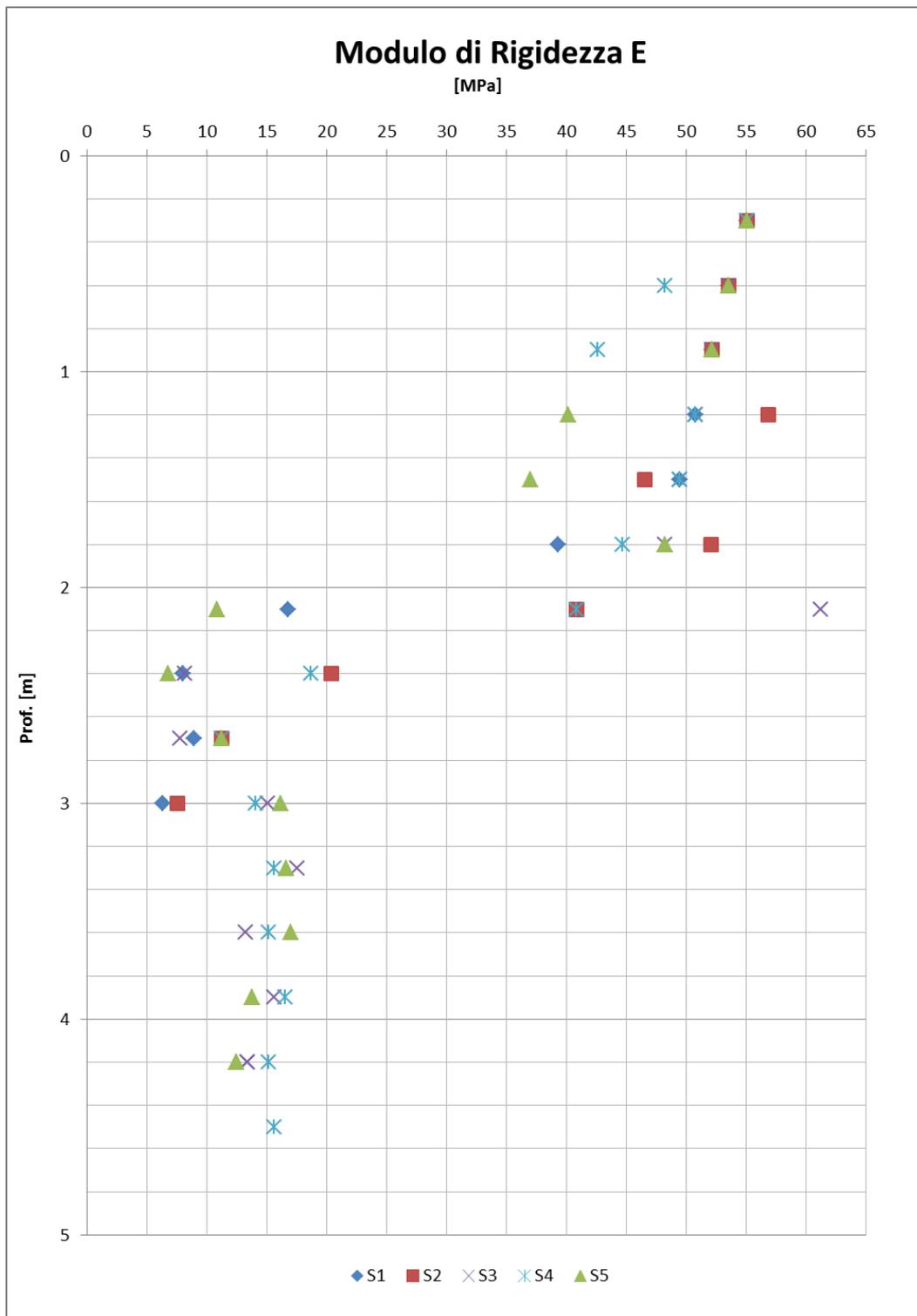


Figura 6.14. Modulo di rigidezza E

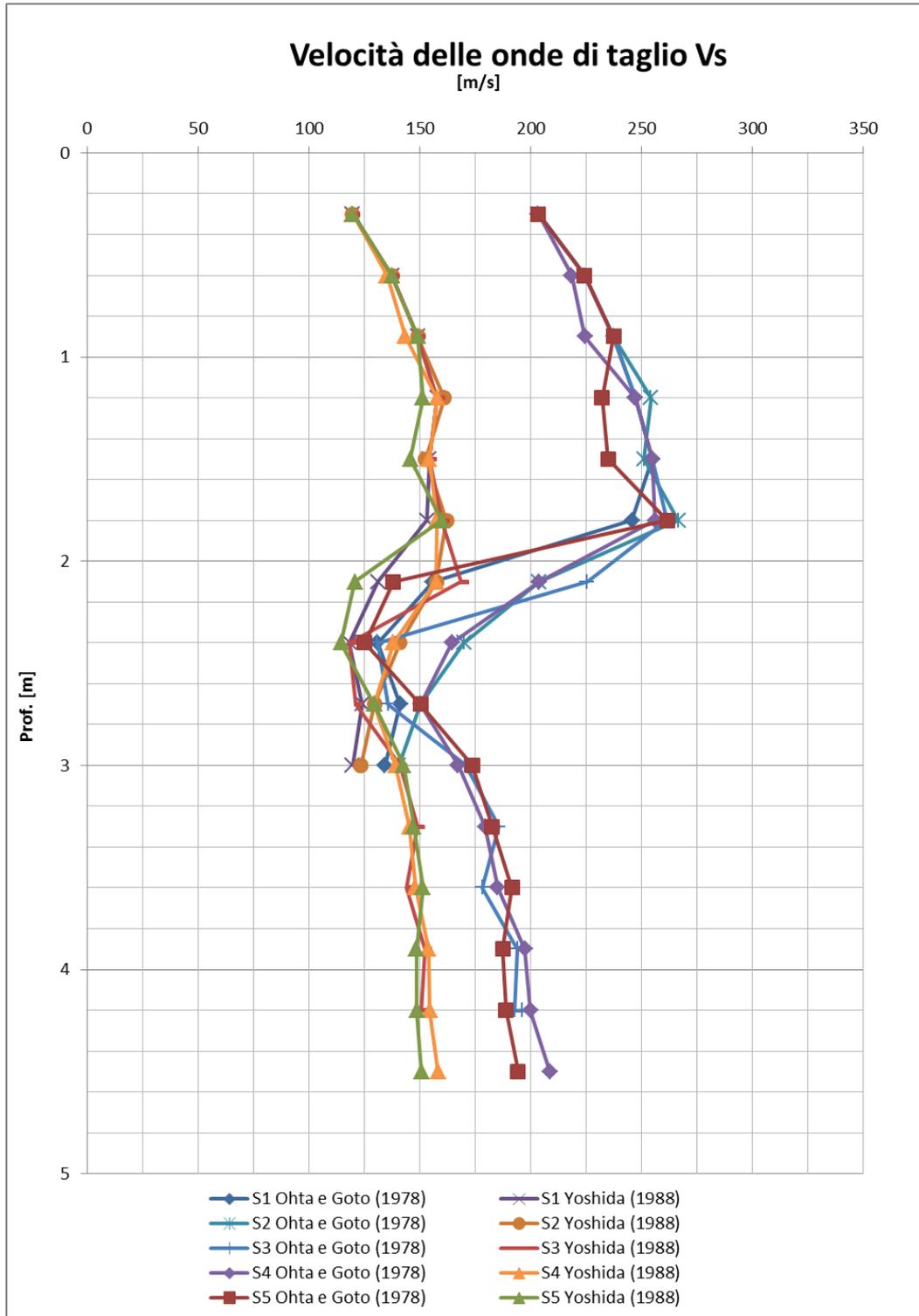


Figura 6.15. Profilo delle onde di taglio Vs

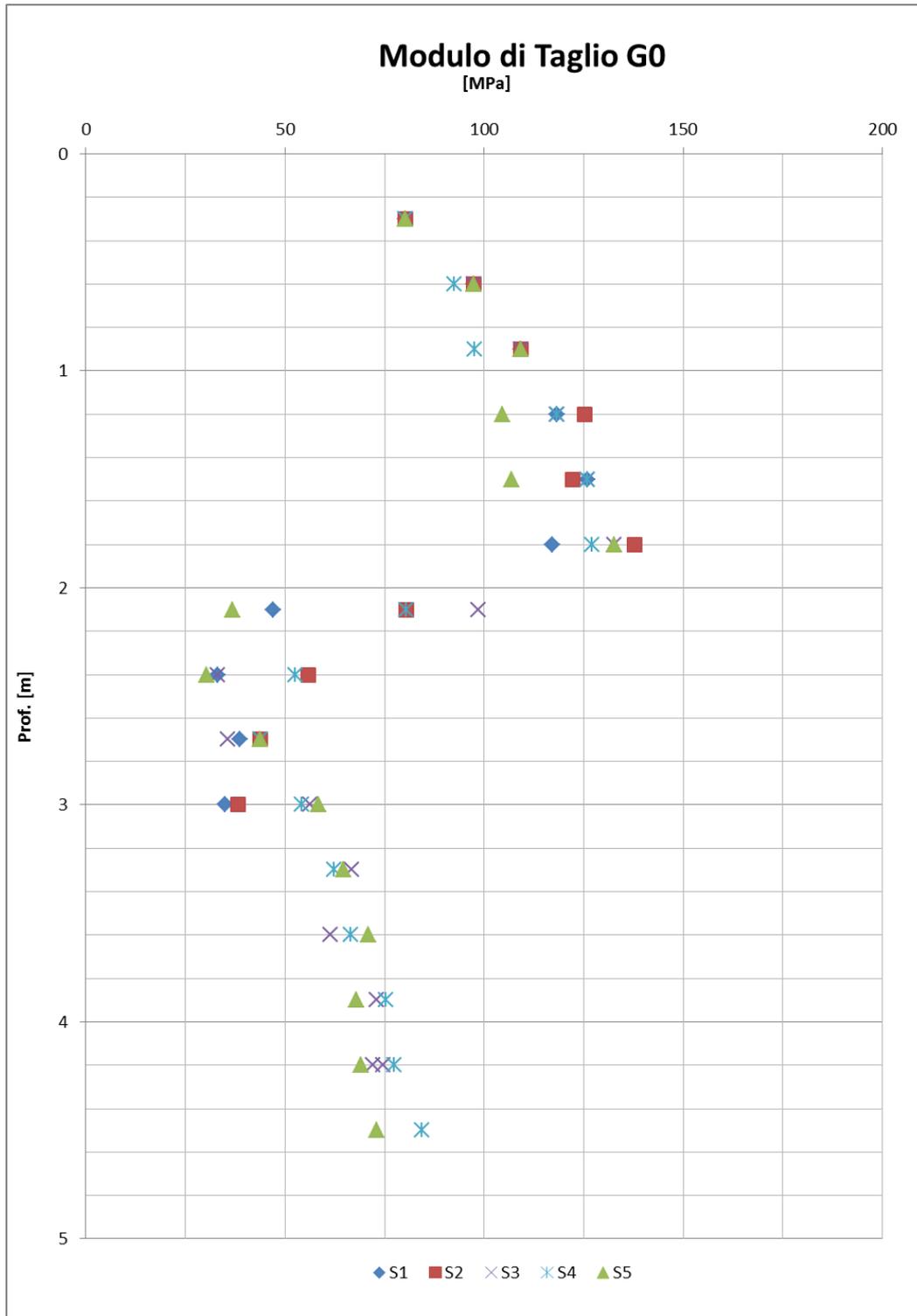


Figura 6.16. Profilo modulo di taglio  $G_0$

## 6.22 Interpretazione Prove CPTU

### 6.22.1 CPTU 1

Per la prova penetrometrica CPTU 1 di seguito si riportano gli andamenti dei parametri in relazione alla profondità e in Tabella 6.6 si riportano le geometrie dei vari strati individuati, la natura del terreno e i valori medi e caratteristici dei parametri determinati applicando le teorie esposte.

Le falda freatica è individuata ad una quota pari a -0,80m da P.C.

**Tabella 6.6: Parametri medi e stratigrafia prova penetrometrica CPTU 1**

CPTU 1	natura terr.	inizio	fine	spessore	Cu [kPa]	IP [%]	M [Mpa]	E [Mpa]	c' [kPa]	Φ [°]	Dr [%]
		[m da P.C.]	[m]	[m]	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.
1	COE	2.52	4.12	1.60	11.34	5.41	1.16	0.86	0.85	25.49	
2	GRAN	4.12	5.90	1.78			22.27	19.49		32.17	57.72
3	COE	5.90	6.84	0.94	58.83	21.37	5.33	3.96	4.72	23.13	
4	GRAN	6.84	8.58	1.74			22.63	19.80		31.08	54.50
5	G. Int.	8.58	13.32	4.74			13.89	11.72		27.56	45.45
6	GRAN	13.32	14.38	1.06			20.29	17.76		28.15	40.82
7	GRAN	14.38	16.02	1.64			39.55	38.75		31.18	61.98
8	G. Int.	16.02	18.80	2.78			12.66	10.36		27.06	44.97
9	GRAN	18.80	19.74	0.94			27.73	24.27		28.15	44.17
10	COE	19.74	20.94	1.20	85.49	9.15	9.88	7.34	7.95	26.28	
11	GRAN	20.94	21.72	0.78			25.97	22.72		27.35	39.90
12	COE	21.72	22.50	0.78	75.64	6.93	8.94	6.64	6.84	23.37	

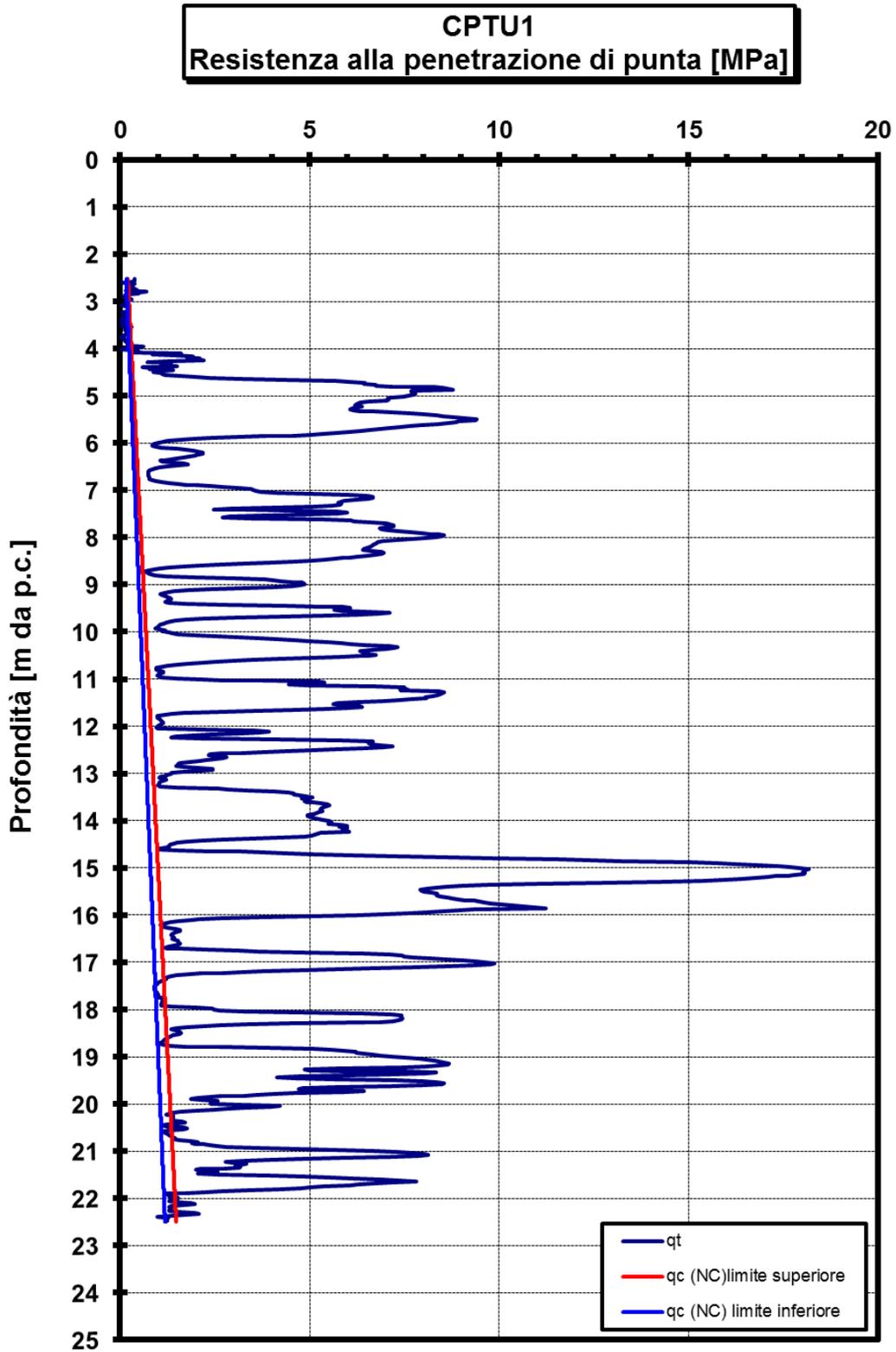


Figura 6.17. Rp - CPTU 1

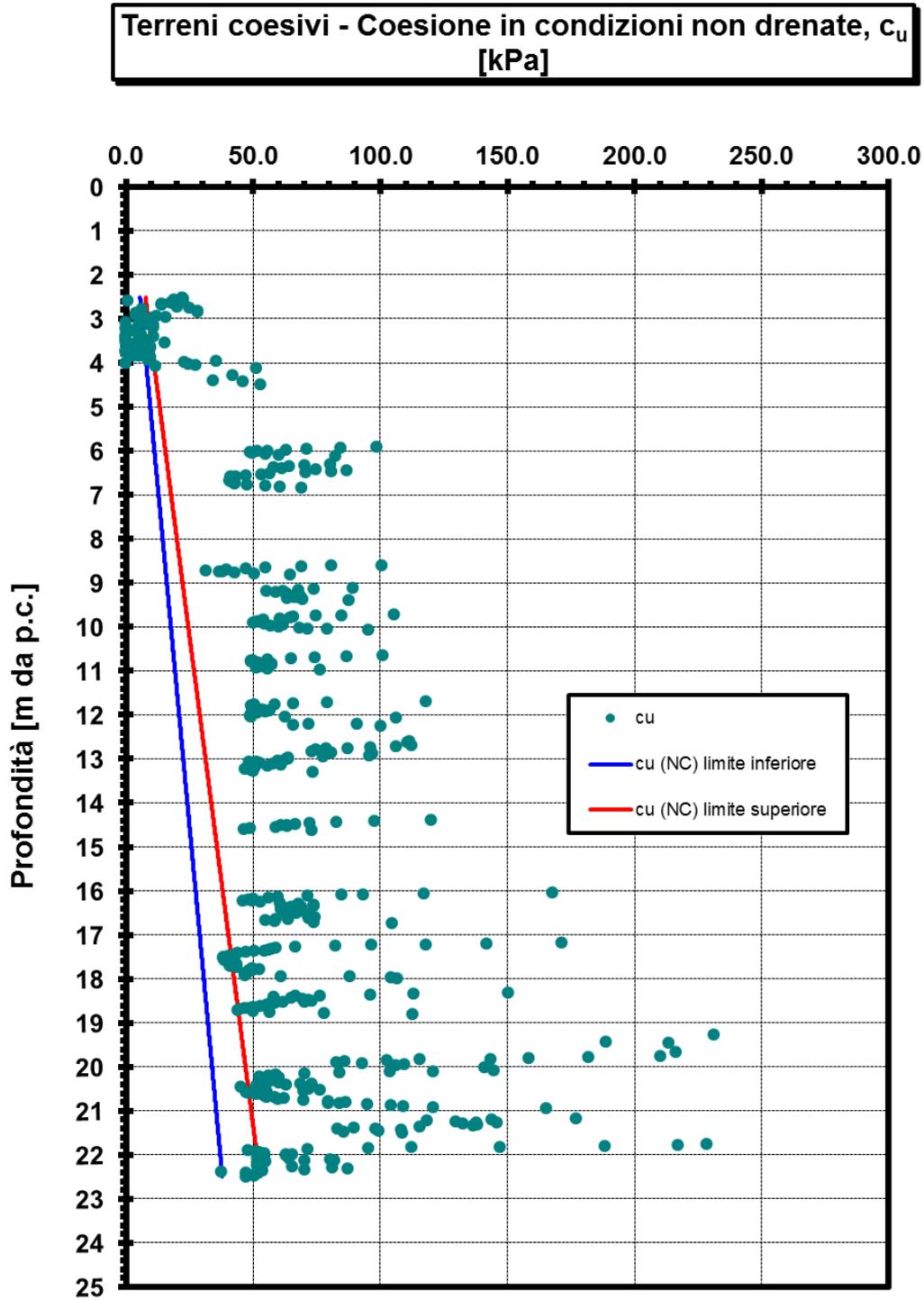


Figura 6.18. Coesione  $c_u$  - CPTU 1

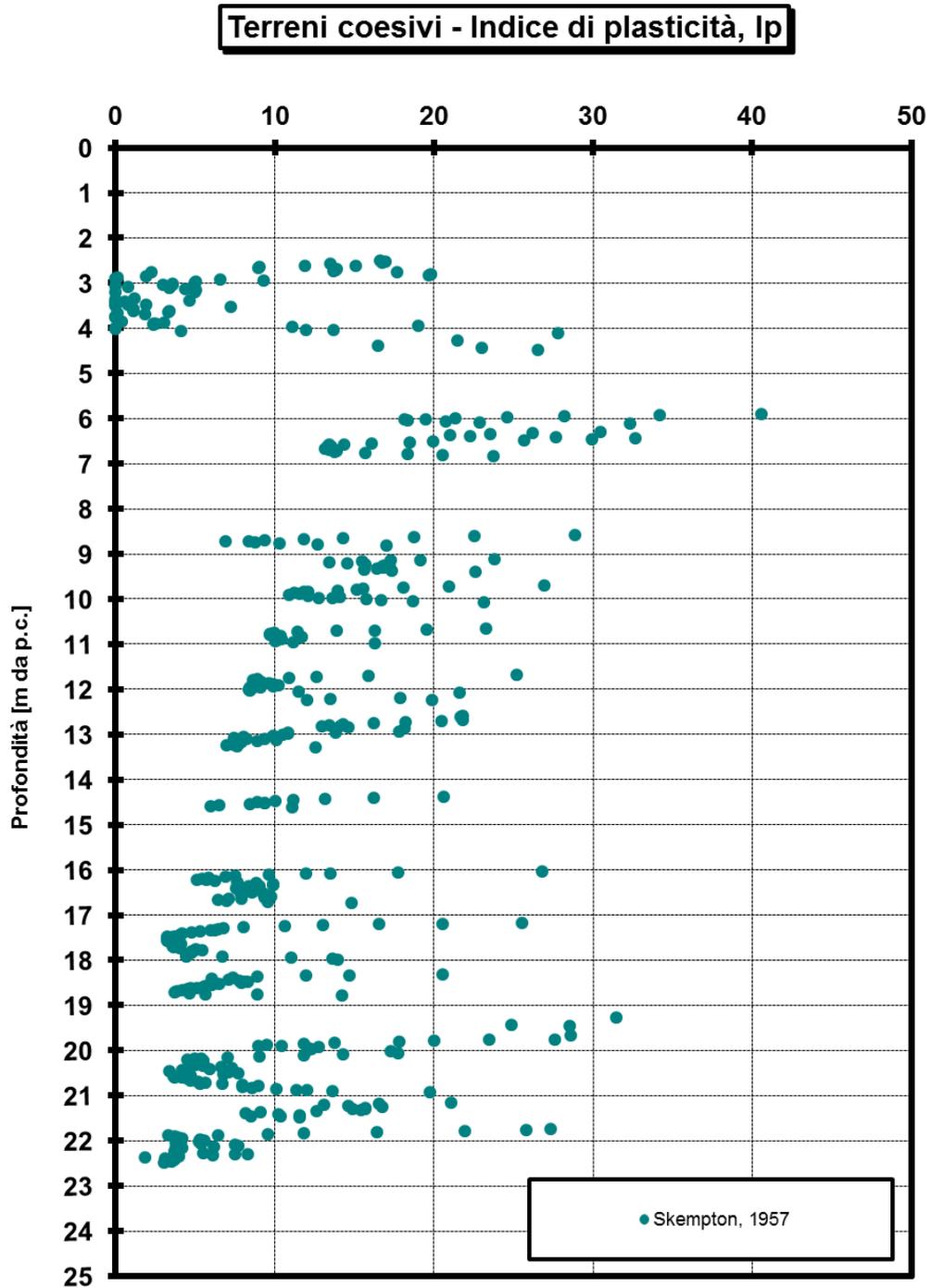


Figura 6.19. Indice di Plasticità - CPTU 1

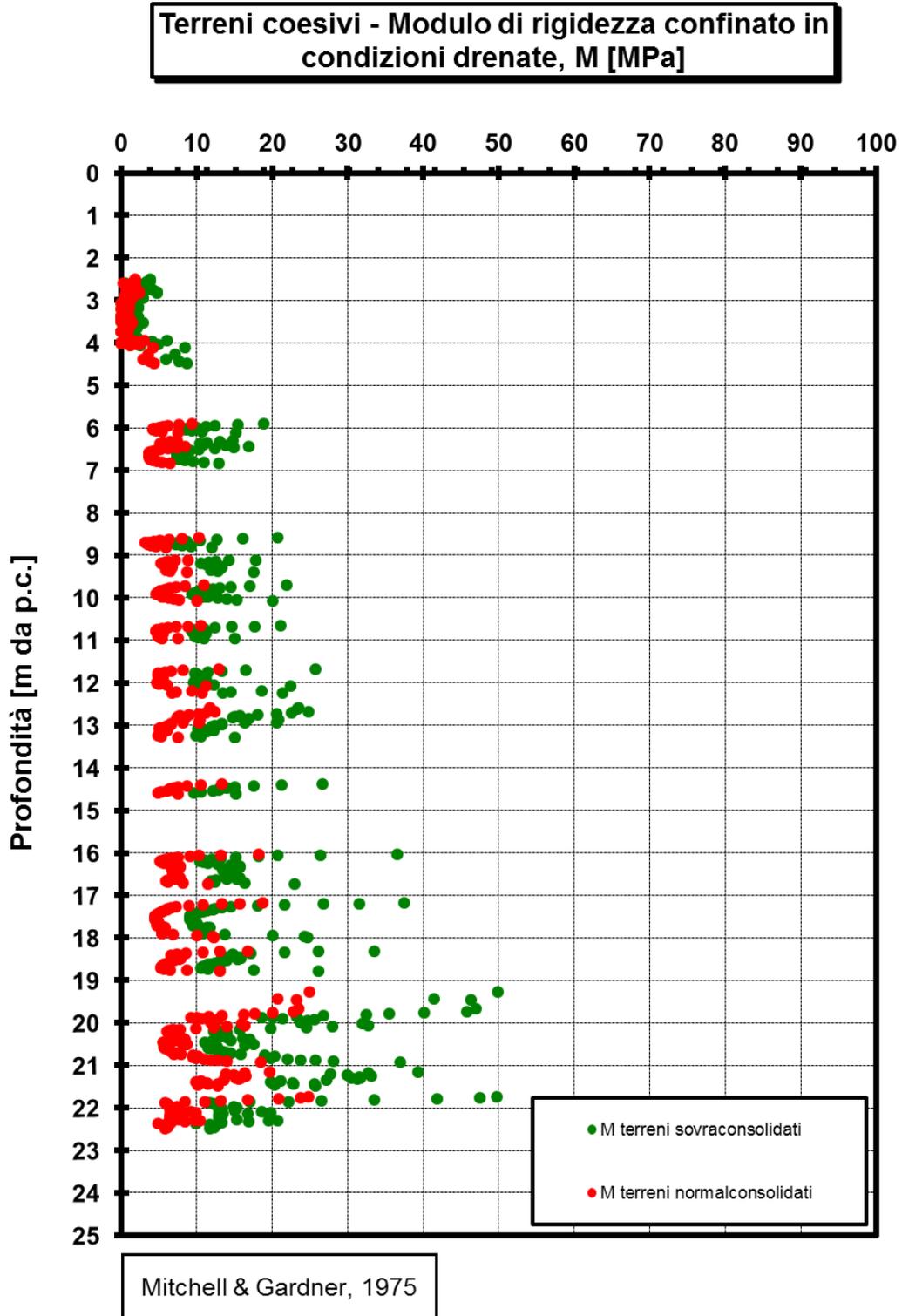


Figura 6.20. Modulo edometrico - CPTU 1

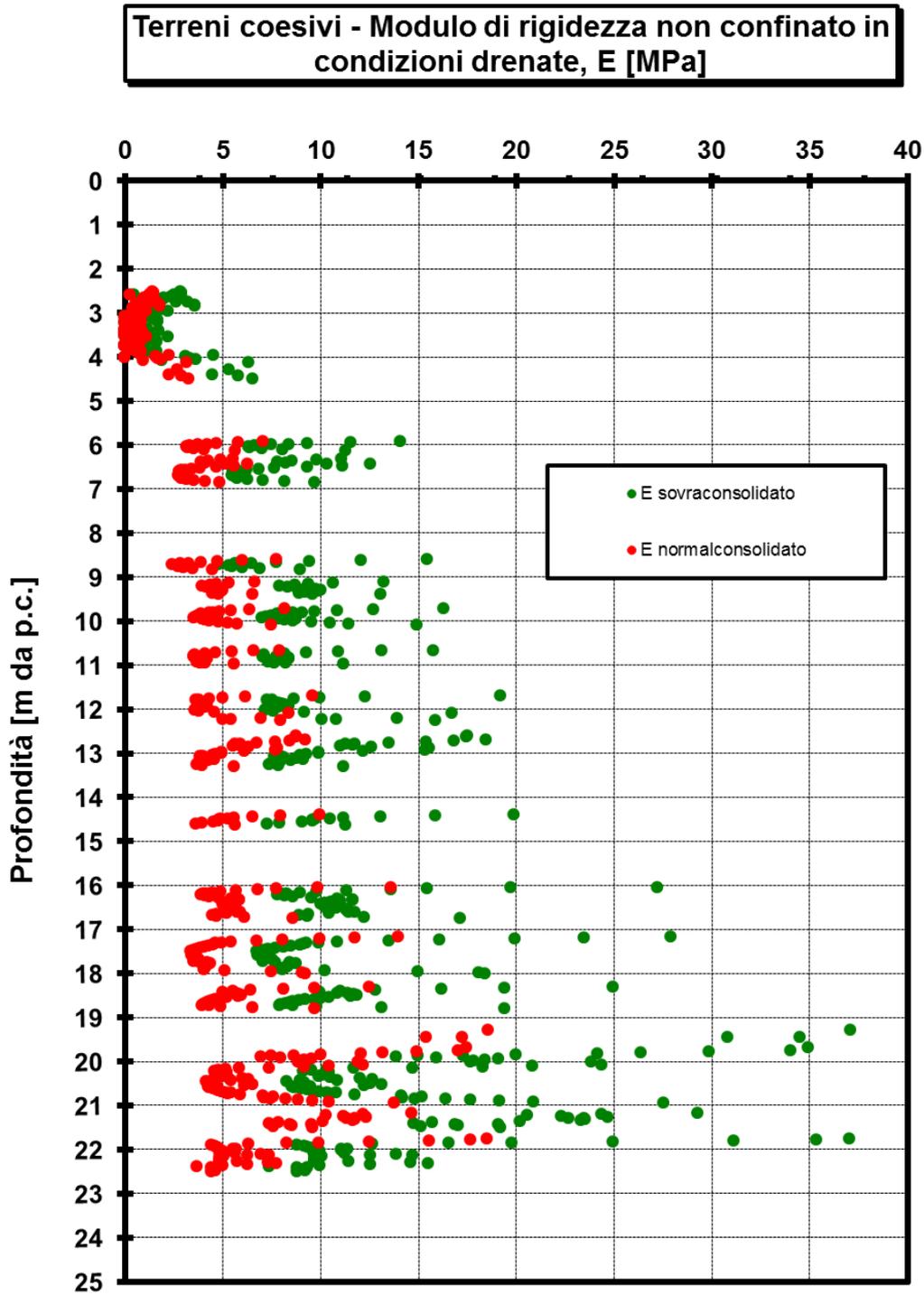


Figura 6.21. Modulo di elasticità - CPTU 1

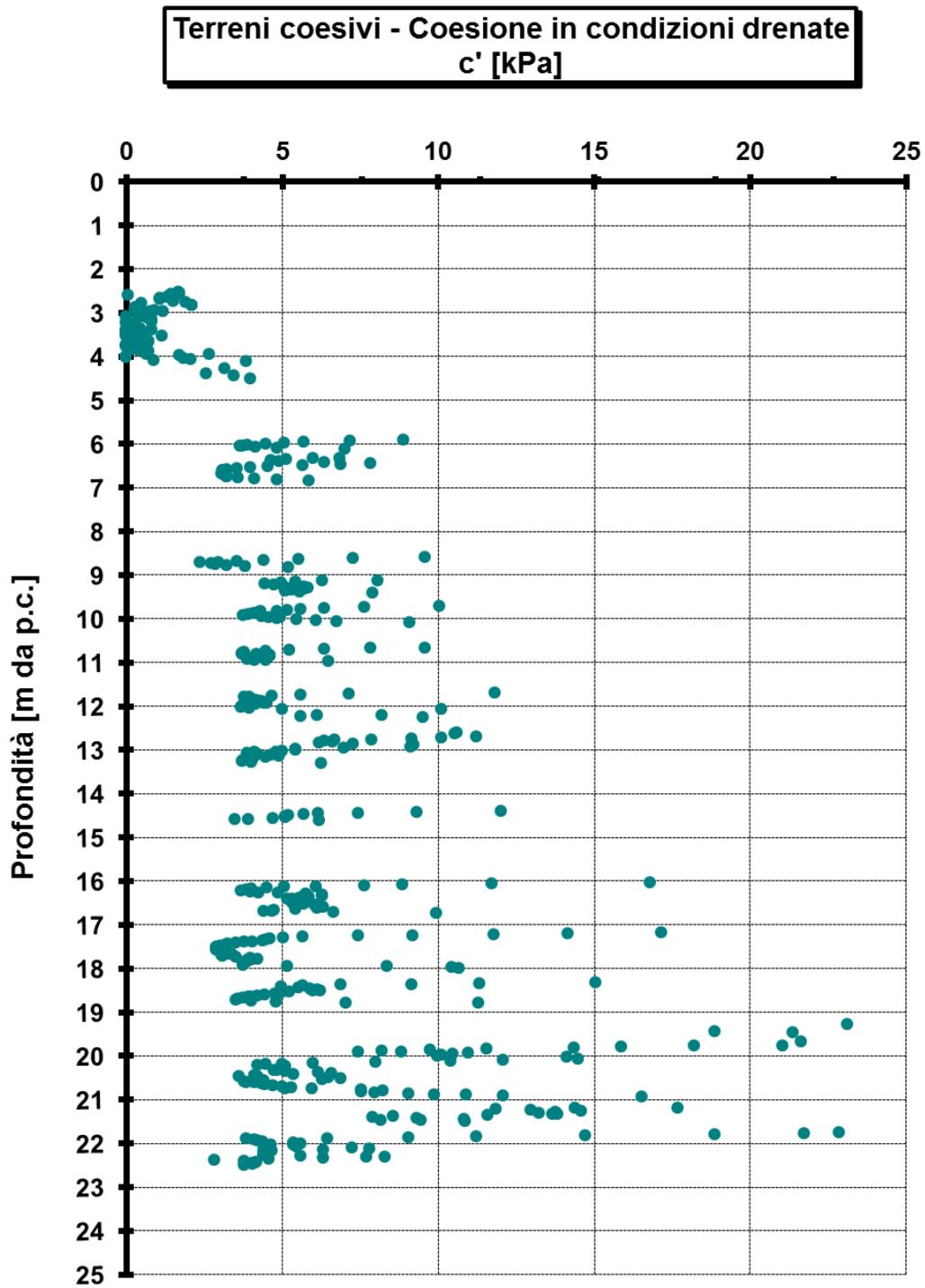


Figura 6.22. Coesione efficace C' - CPTU 1

Terreni incoerenti - Angolo di resistenza al taglio di picco in condizioni drenate,  $\varphi_p'$  [°]

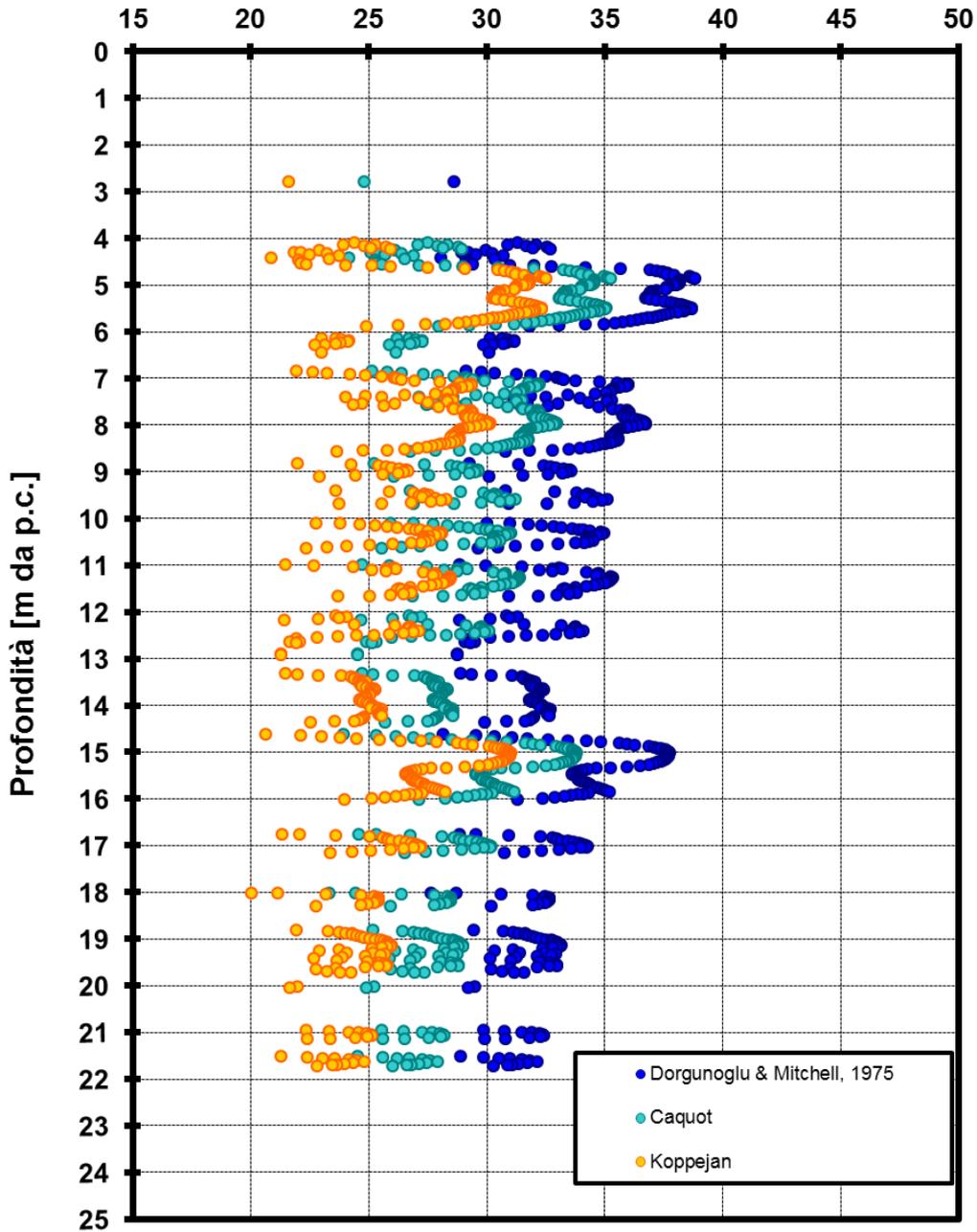


Figura 6.23. Angolo d'attrito - CPTU 1

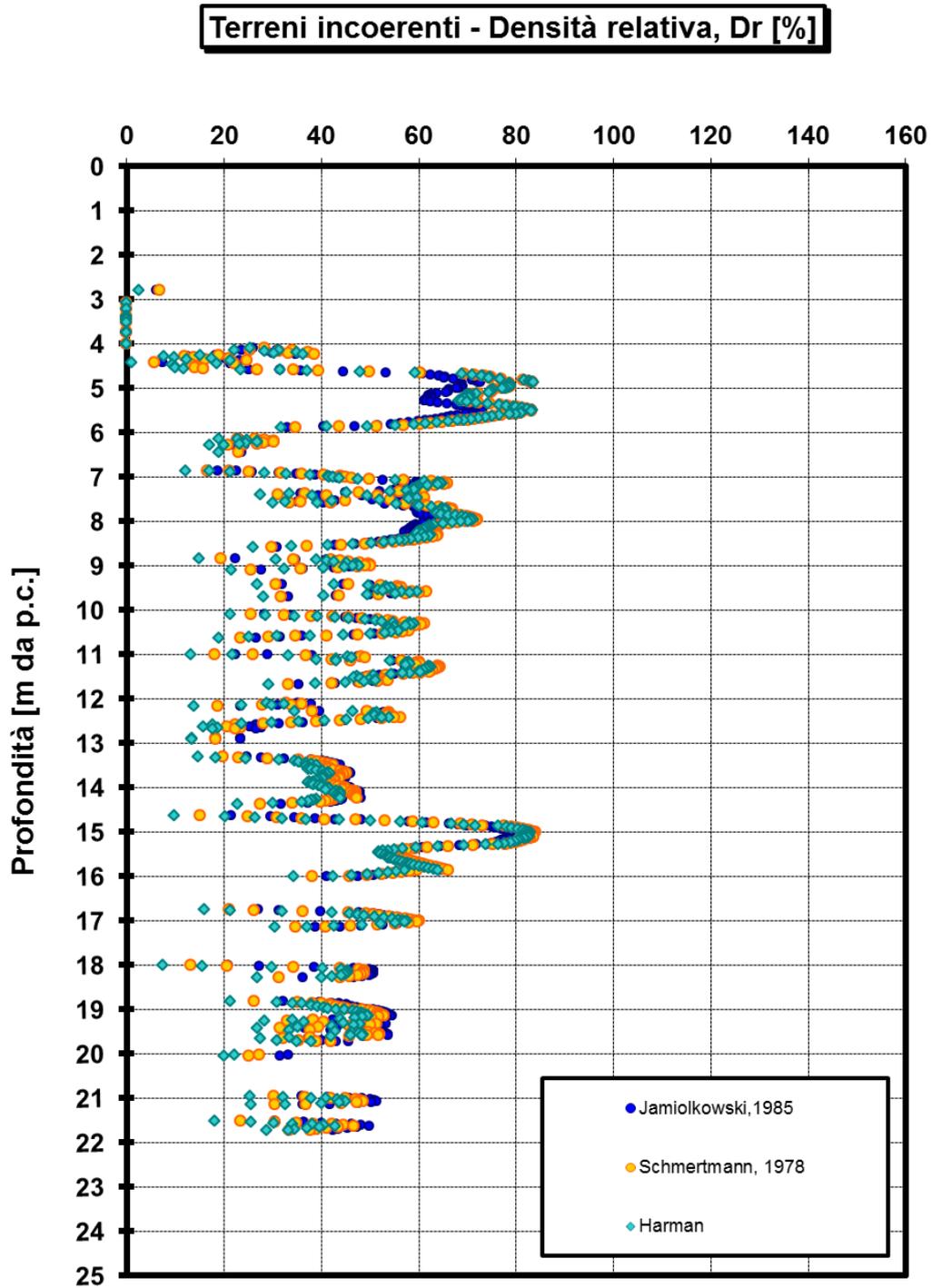


Figura 6.24. Densità relativa  $D_r$  - CPTU 1

## 6.22.2 CPTU 2

In Tabella 6.7 si riportano i risultati ottenuti dall'analisi sui dati della prova penetrometrica CPTU 2 e a seguire gli andamenti in relazione alla profondità.

La falda freatica è individuata ad una profondità pari a -0,90m da P.C.

**Tabella 6.7: Parametri medi e stratigrafia prova penetrometrica CPTU 2**

CPTU 2	natura terr.	inizio	fine	spessore	Cu [kPa]	IP [%]	M [Mpa]	E [Mpa]	c' [kPa]	$\Phi$ [°]	Dr [%]
		[m da P.C.]		[m]	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.
1	COE	1.82	11.18	9.36	83.31	22.17	8.07	5.99	7.43	22.89	
2	GRAN	11.18	12.56	1.38			31.28	30.04		29.78	52.40
3	COE	12.56	15.06	2.50	83.95	11.31	8.90	6.61	7.60	27.54	
4	GRAN	15.06	16.36	1.30			59.40	70.15		33.20	77.51
5	COE	16.36	19.70	3.34	88.18	9.12	9.91	7.36	8.19	26.92	
6	GRAN	19.70	20.80	1.10			40.99	40.22		29.55	55.52
7	COE	20.80	22.74	1.94	89.89	7.53	10.55	7.84	8.48	26.63	
8	GRAN	22.74	24.34	1.60			35.00	30.79		27.85	45.54
9	COE	24.34	29.46	5.12	90.89	5.84	11.20	8.32	8.64	26.63	
10	GRAN	29.46	30.00	0.54			40.28	37.94		27.83	47.59

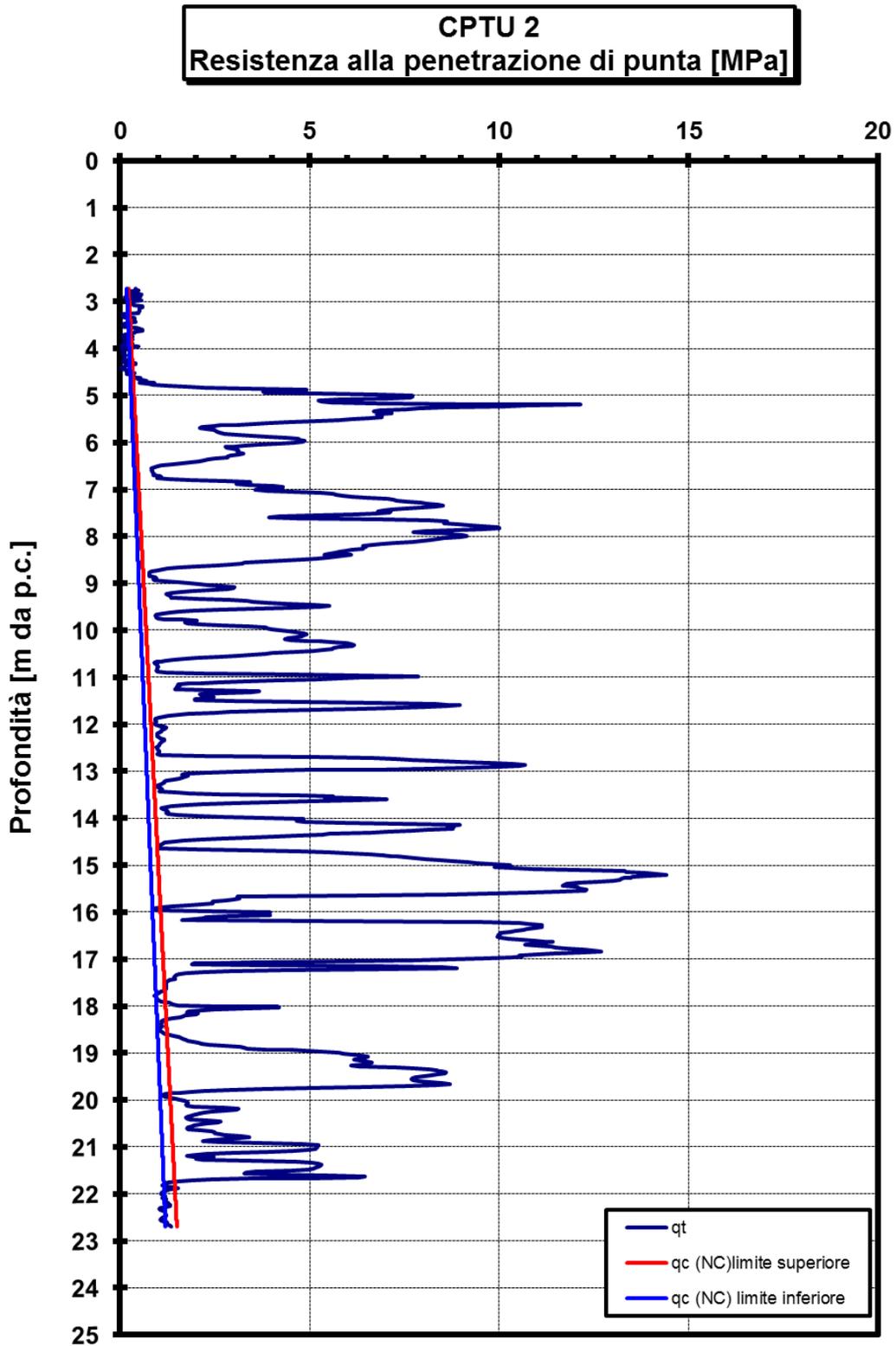


Figura 6.25. Rp - CPTU 2

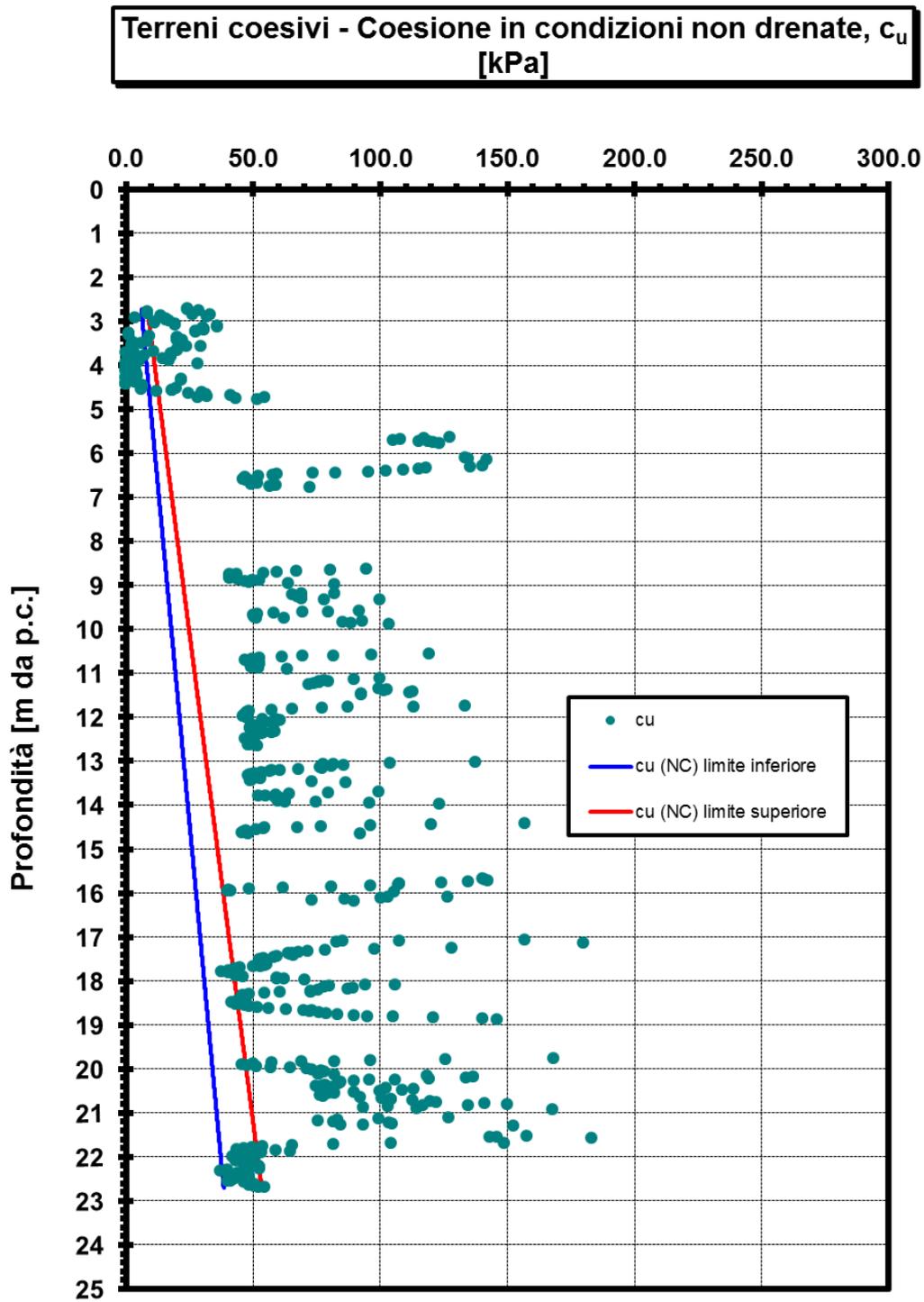


Figura 6.26. Coesione  $c_u$  - CPTU 2

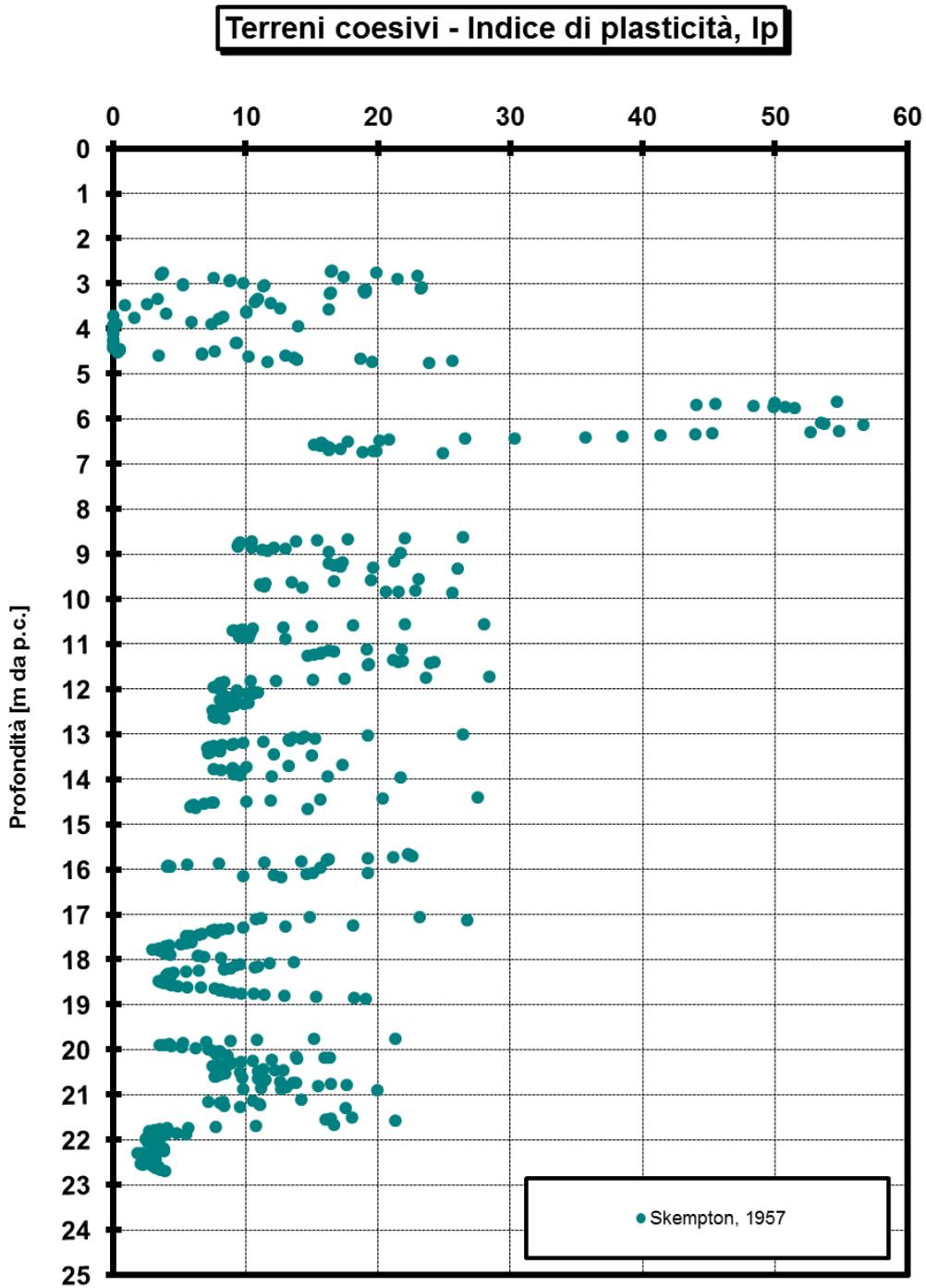


Figura 6.27. Indice di Plasticità - CPTU 2

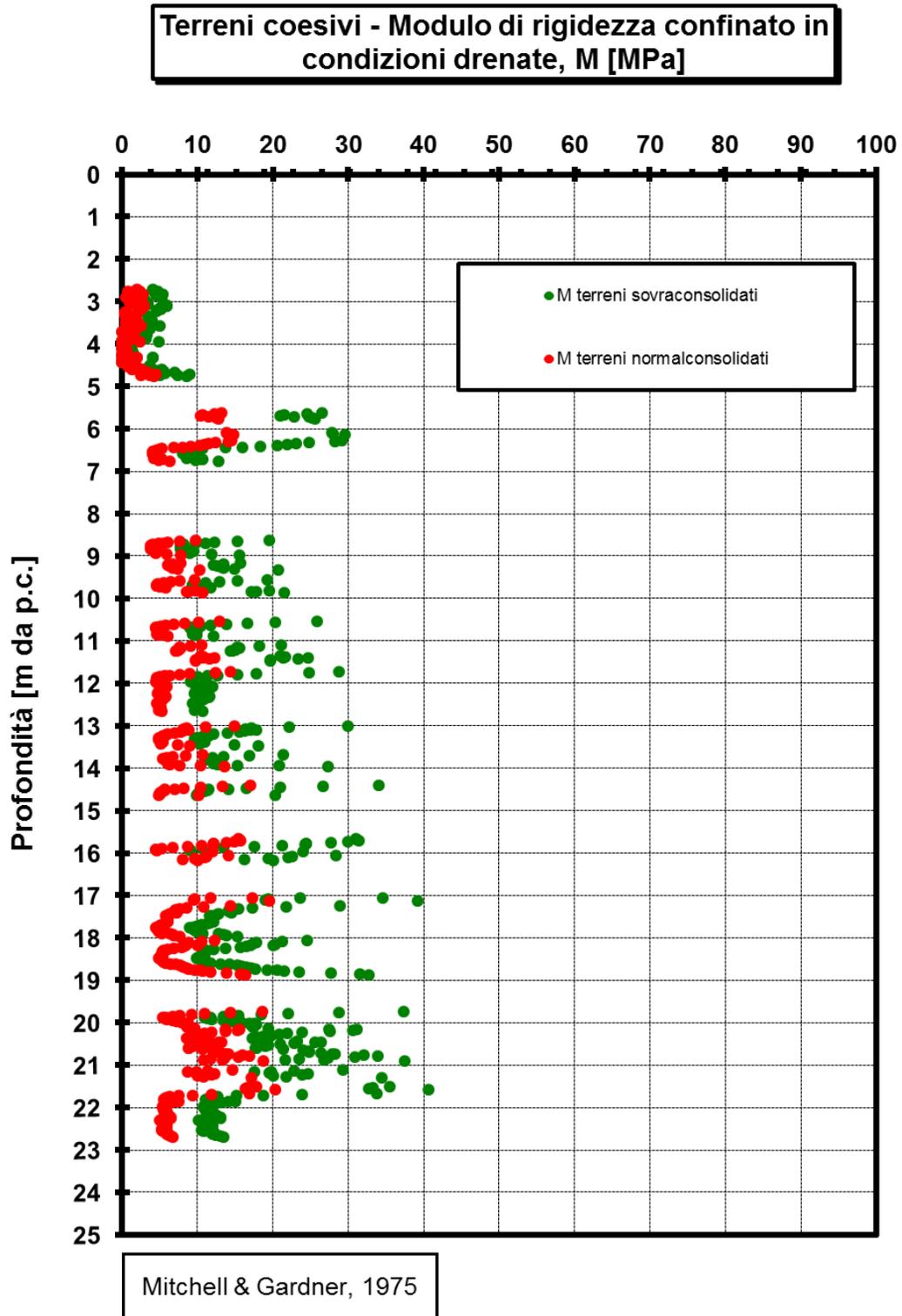


Figura 6.28. Modulo edometrico - CPTU 2

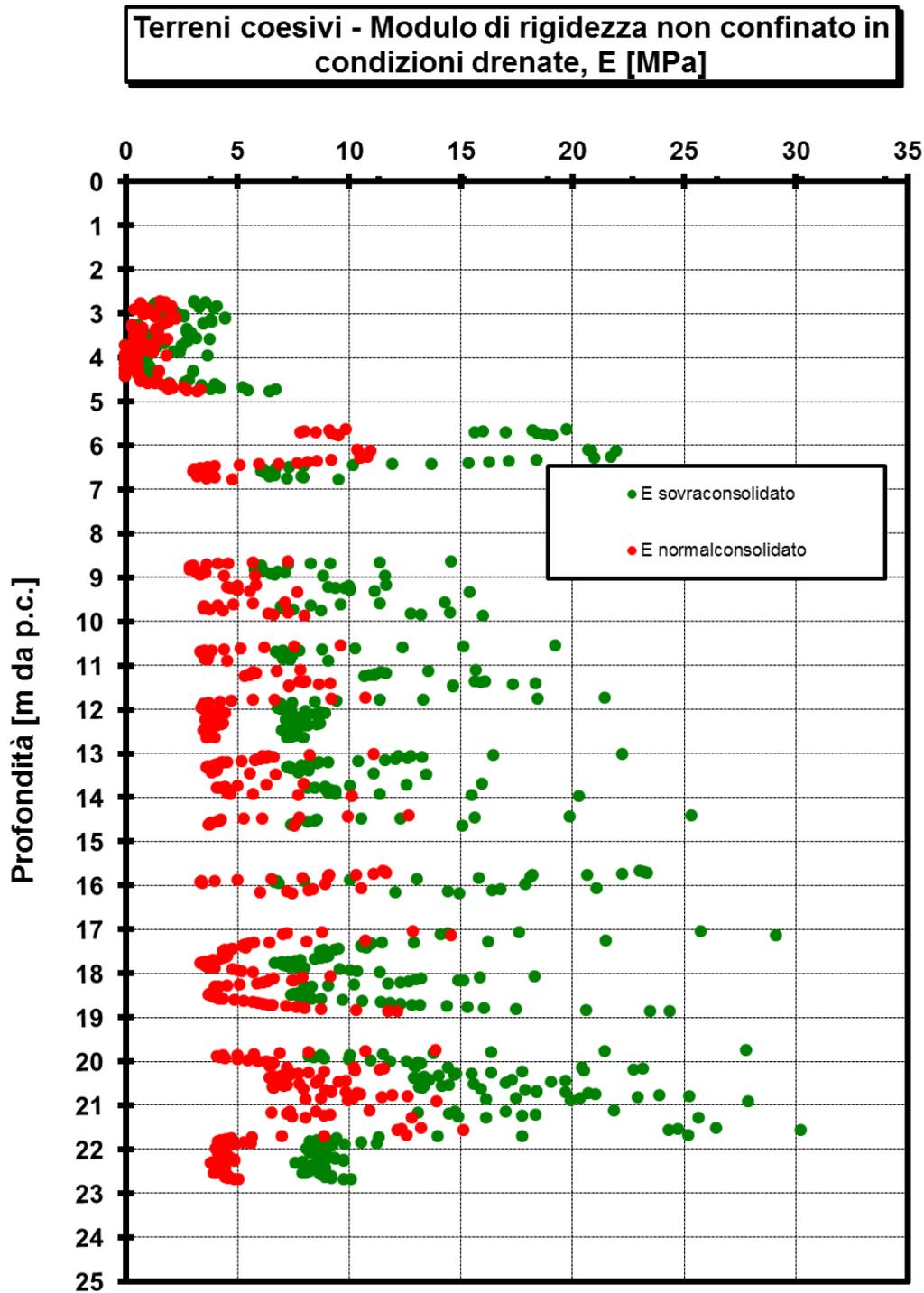


Figura 6.29. Modulo di elasticità - CPTU 2

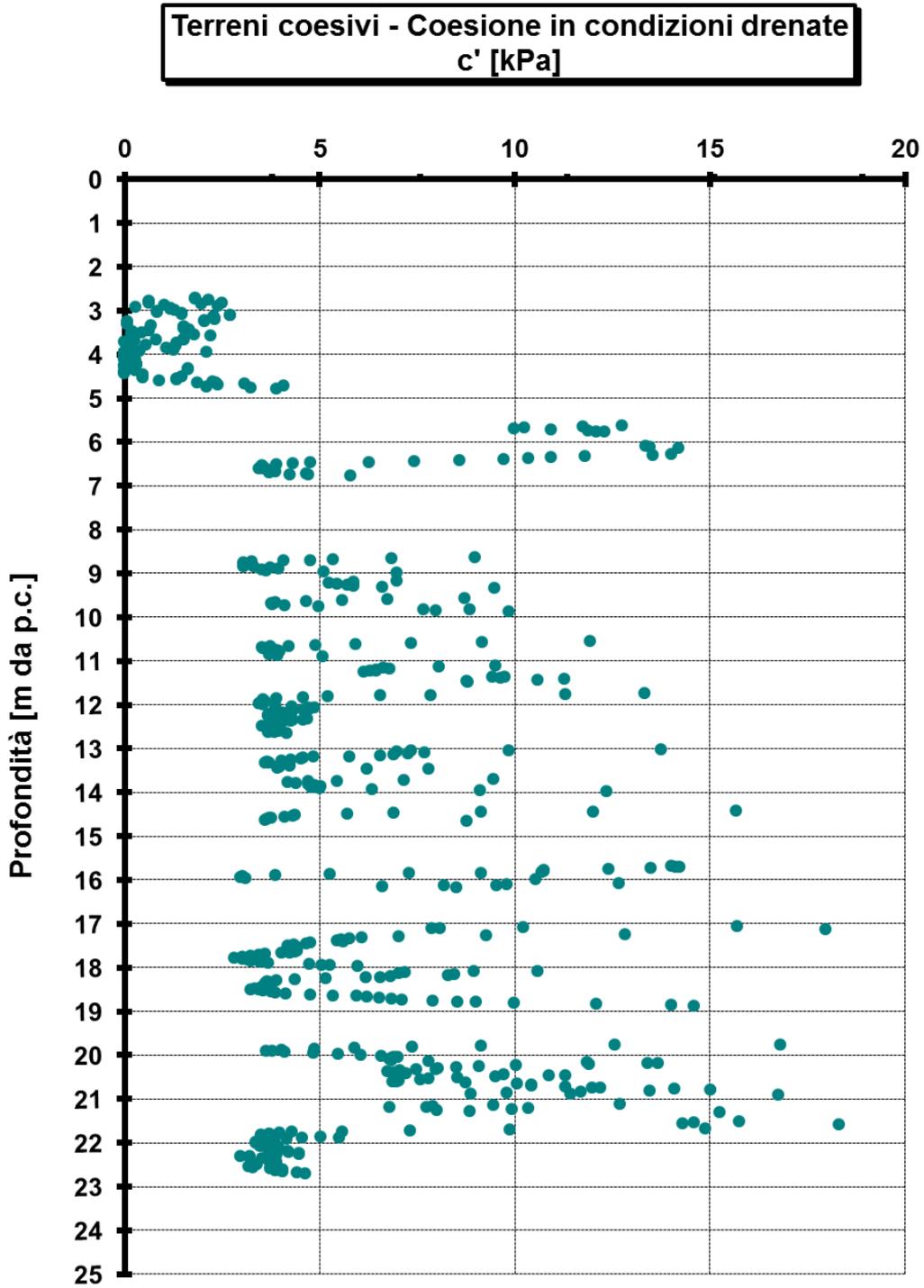


Figura 6.30. Coesione efficace C' - CPTU 2

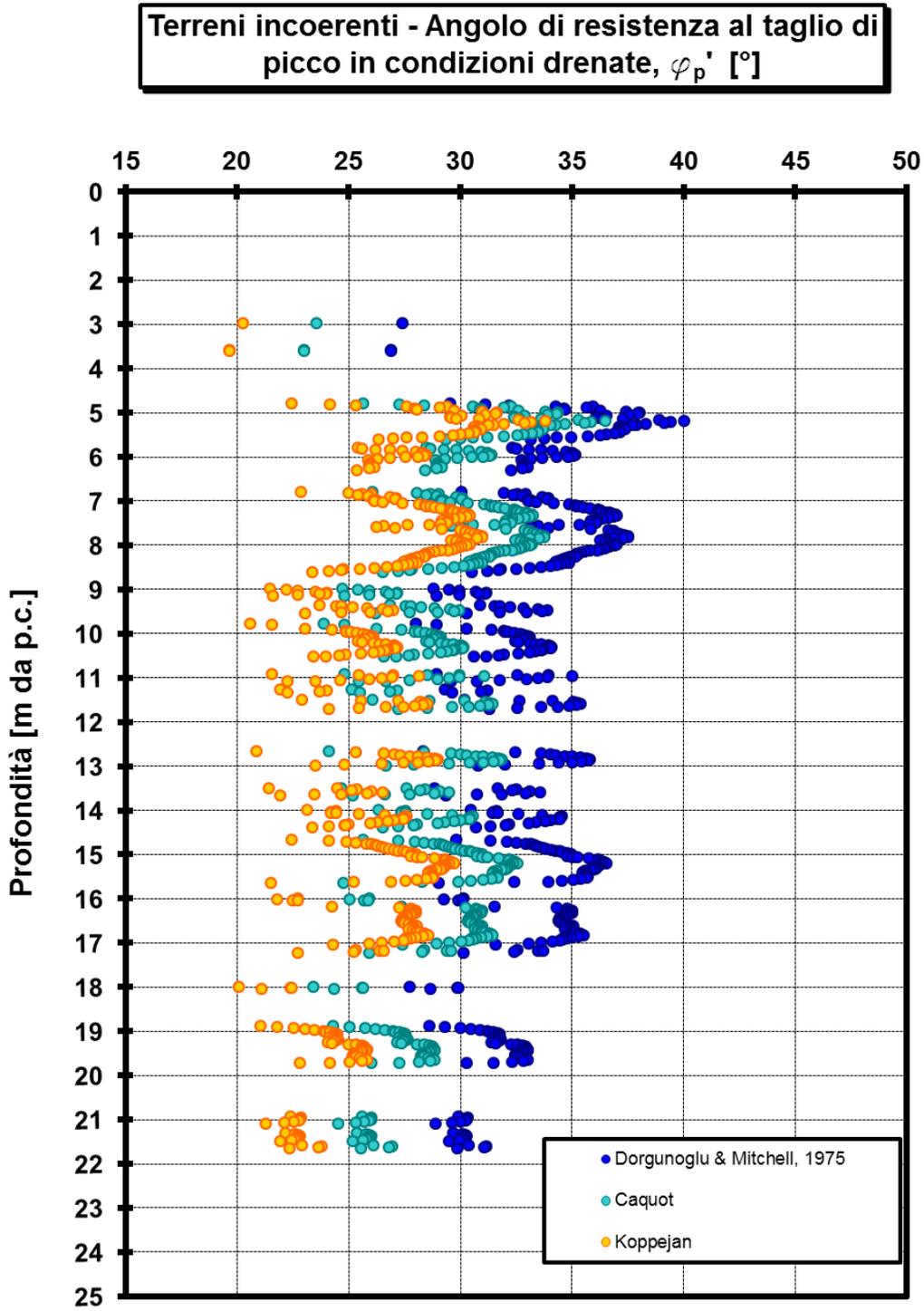


Figura 6.31. Angolo d'attrito - CPTU 2

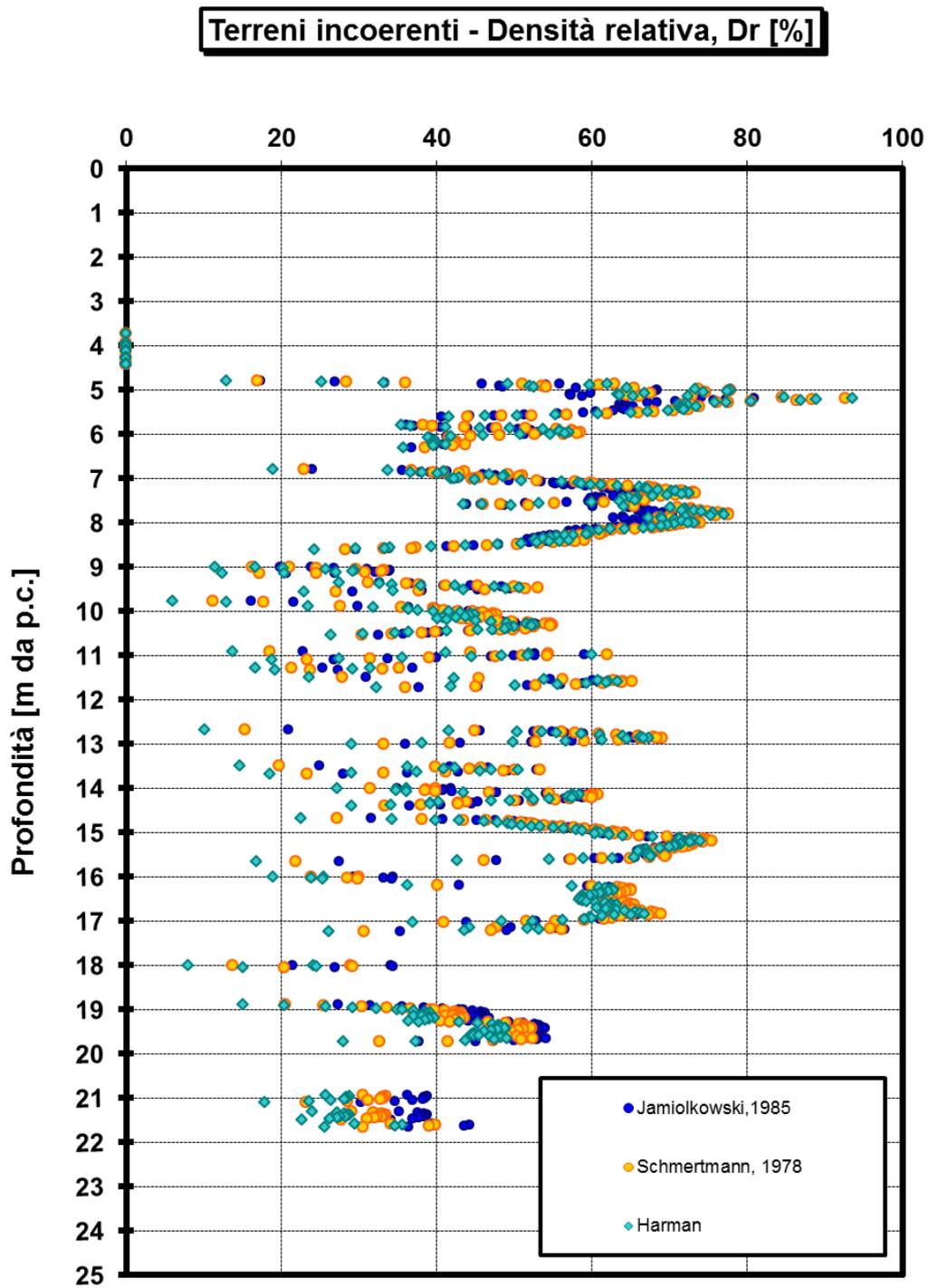


Figura 6.32. Densità relativa  $D_r$  - CPTU 2

### 6.22.3 CPTU 3

In Tabella 6.8 si riportano i risultati ottenuti dall'analisi sui dati della prova penetrometrica CPTU 3. La falda freatica è individuata a profondità pari a -1,00m da P.C.

Tabella 6.8: Parametri medi e stratigrafia prova penetrometrica CPTU 3

CPTU 3	natura terr.	inizio	fine	spessore	Cu [kPa]	IP [%]	M [Mpa]	E [Mpa]	c' [kPa]	Φ [°]	Dr [%]
		[m da P.C.]		[m]	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.
1	GRAN	1.82	4.28	2.46			16.06	14.05		31.00	49.61
2	COE	4.28	8.96	4.68	77.56	24.06	7.32	5.44	6.71	21.63	
3	GRAN	8.96	10.32	1.36			46.96	49.75		33.82	76.48
4	COE	10.32	10.76	0.44	59.93	10.77	6.18	4.59	5.18	24.60	
5	GRAN	10.76	12.56	1.80			40.28	41.75		31.78	64.69
6	COE	12.56	14.38	1.82	113.89	18.57	12.33	9.16	11.05	24.46	
7	GRAN	14.38	16.32	1.94			41.75	41.79		31.18	63.05
8	COE	16.32	19.90	3.58	87.88	9.85	9.85	7.32	8.13	27.38	
9	GRAN	19.90	20.78	0.88			39.29	36.30		29.51	54.59
10	COE	20.78	23.52	2.74	78.12	6.56	9.29	6.90	7.19	27.21	
11	GRAN	23.52	24.26	0.74			35.01	31.49		28.07	46.56
12	COE	24.26	29.08	4.82	96.62	6.90	11.79	8.76	9.24	26.45	
13	GRAN	29.08	30.00	0.92			42.98	42.65		28.54	51.76

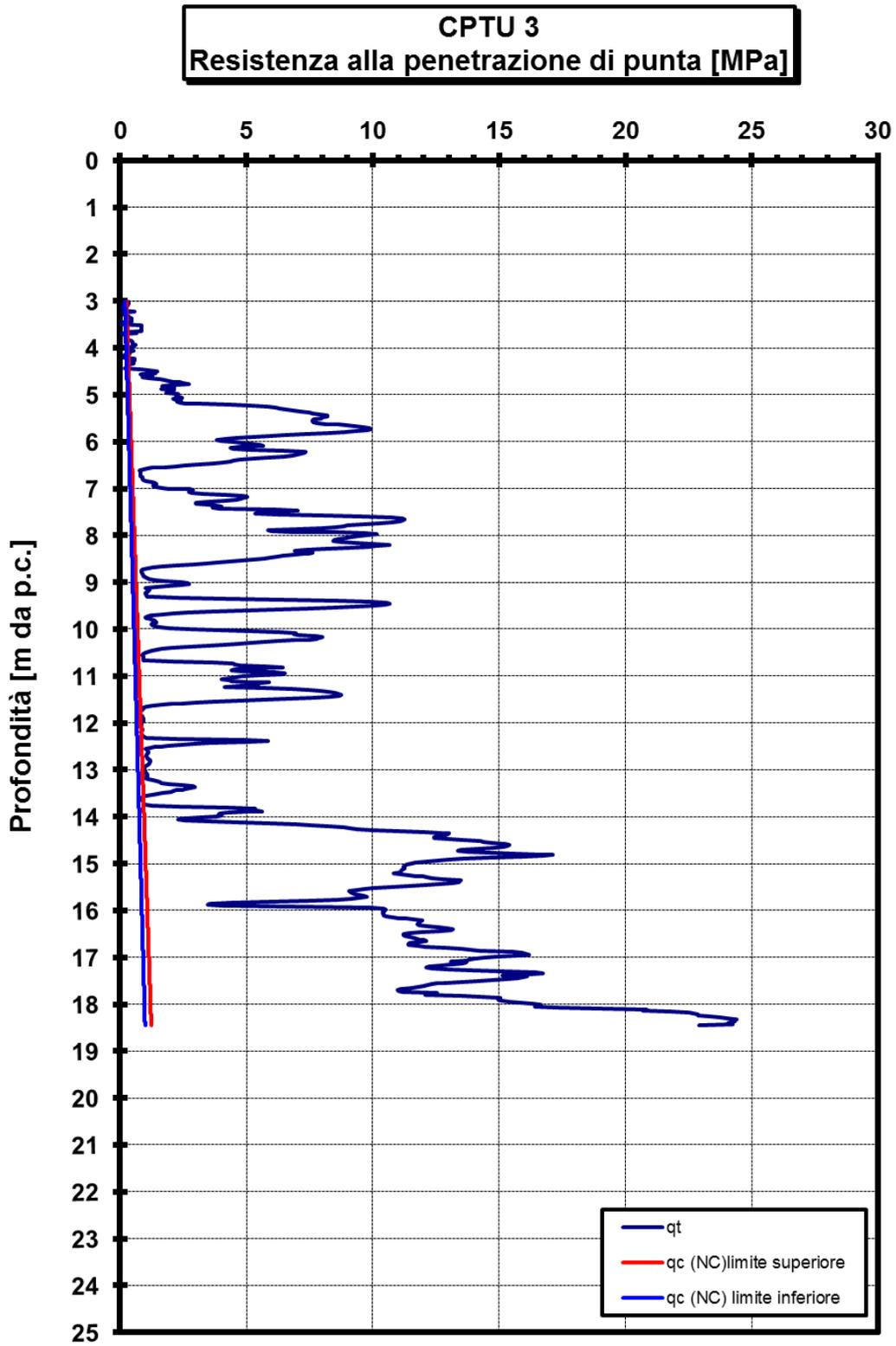


Figura 6.33. Rp - CPTU 3

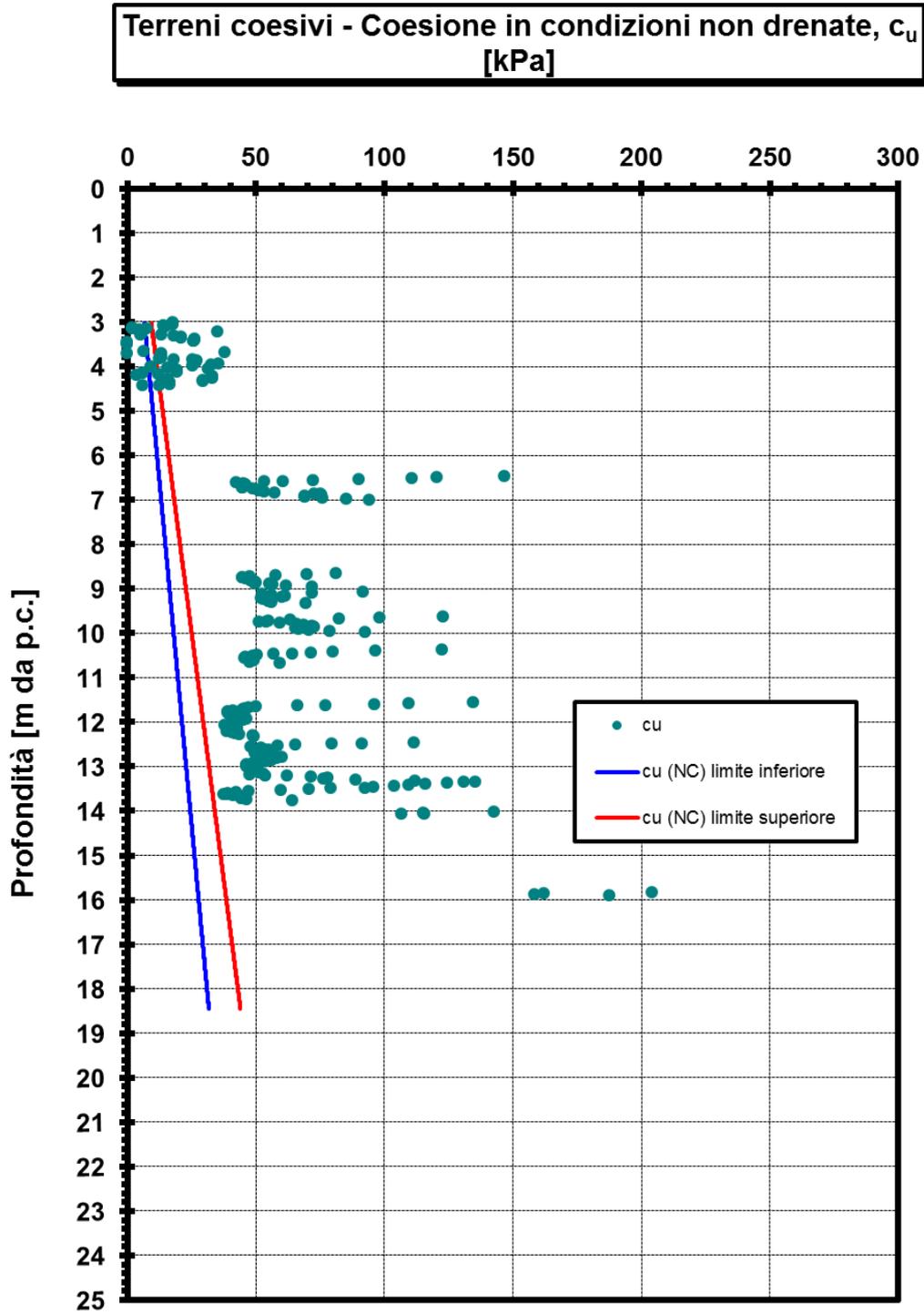


Figura 6.34. Coesione  $c_u$  - CPTU 3

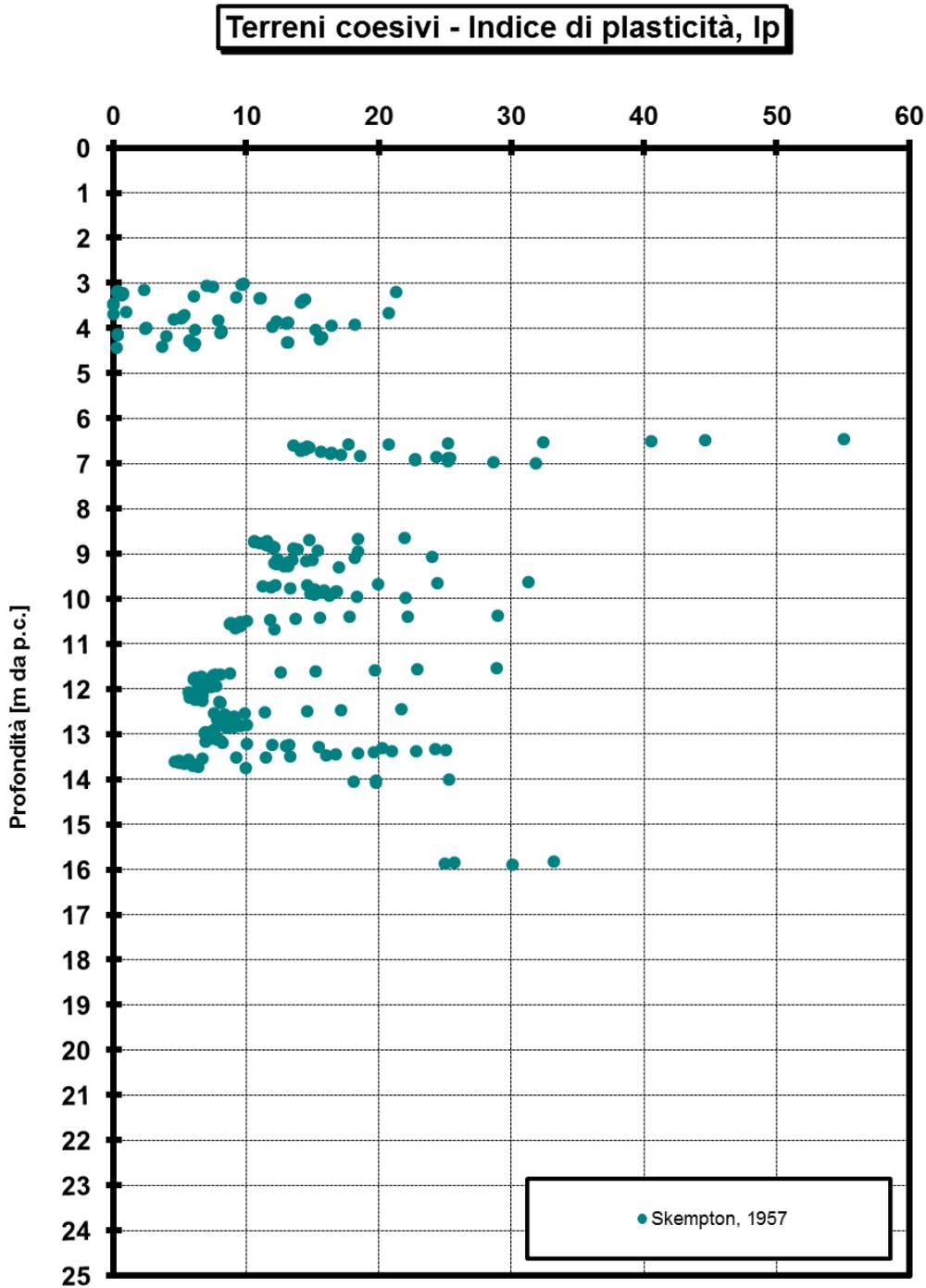


Figura 6.35. Indice di Plasticità - CPTU 3

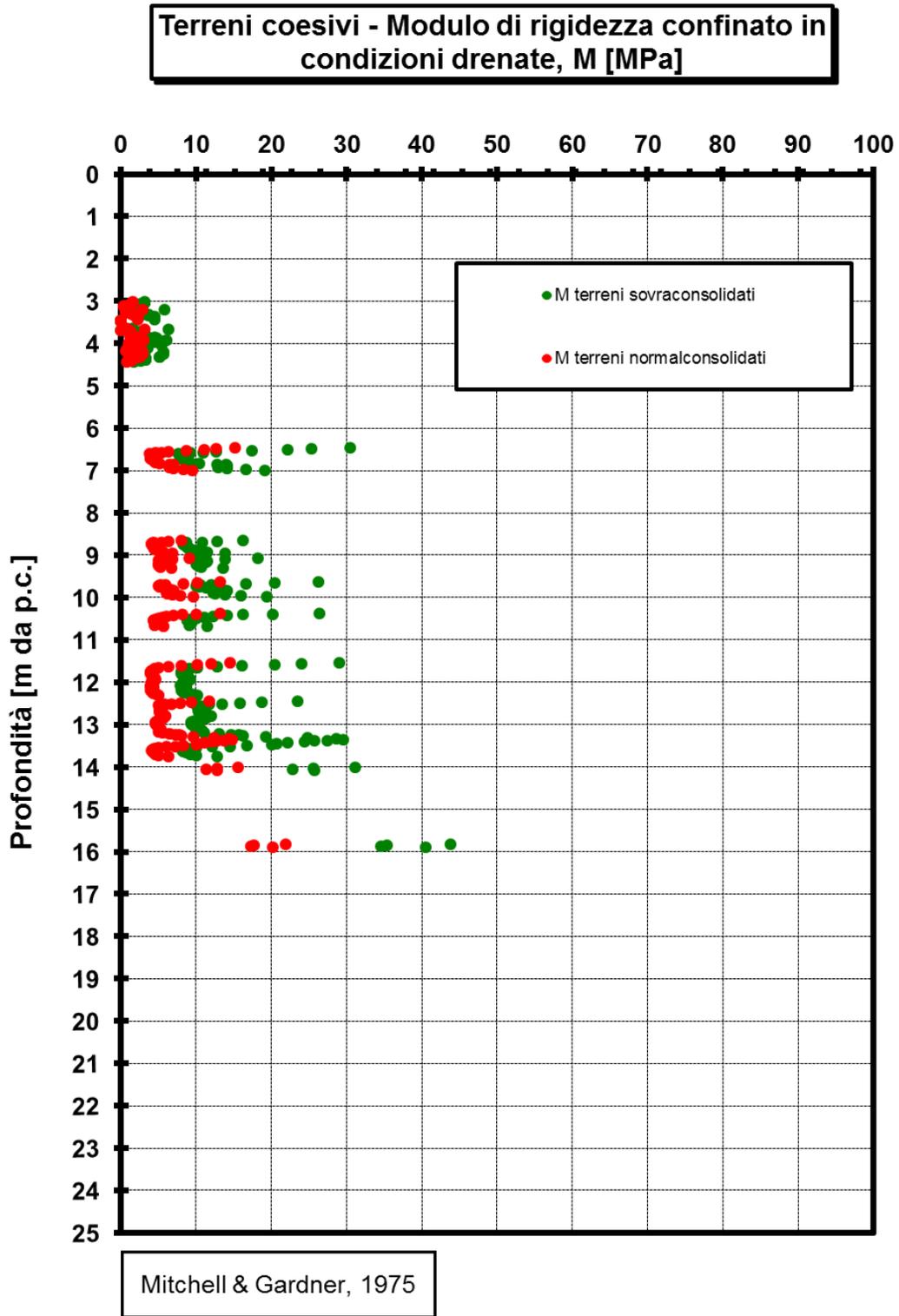


Figura 6.36. Modulo edometrico - CPTU 3

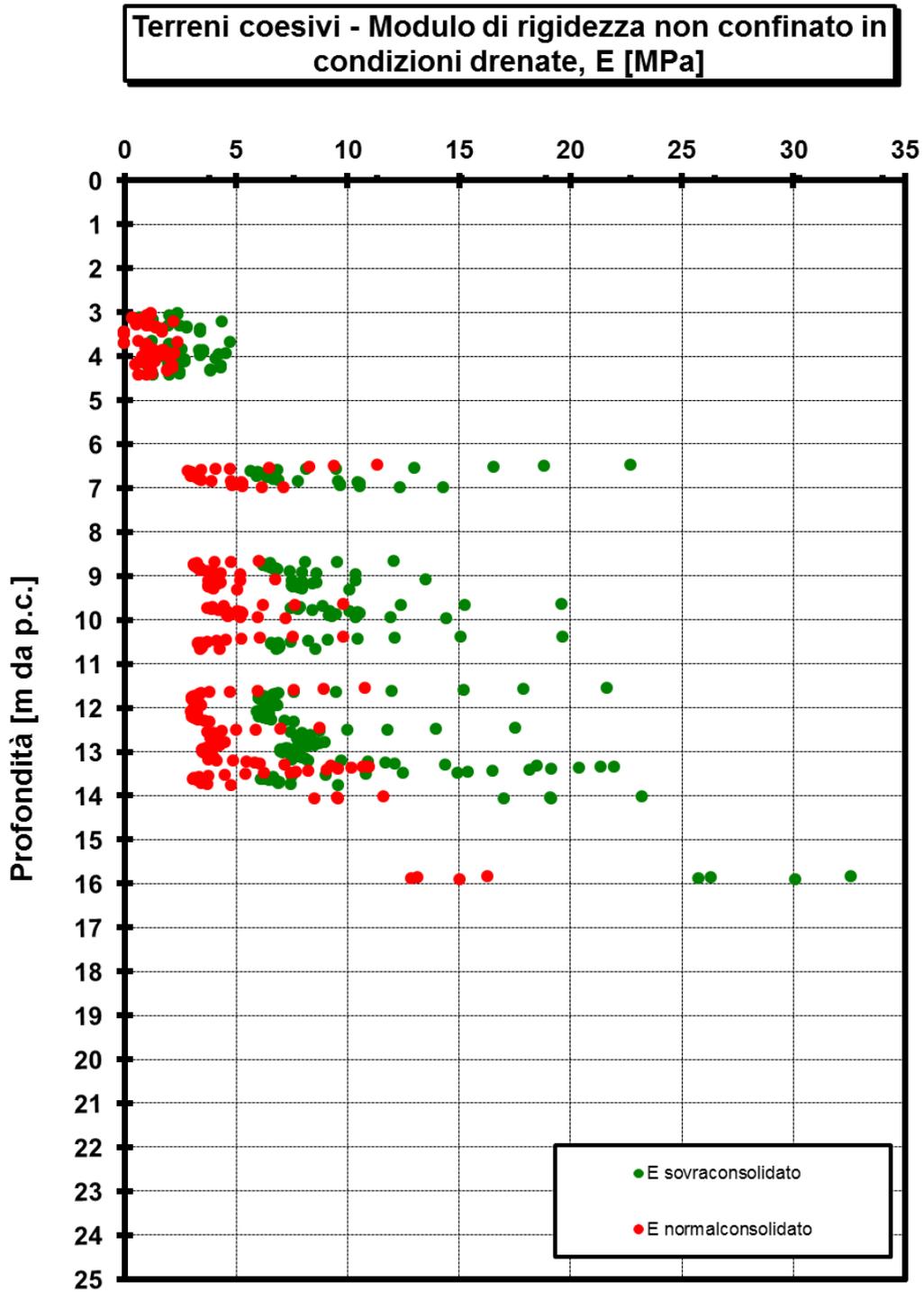


Figura 6.37. Modulo di elasticità - CPTU 3

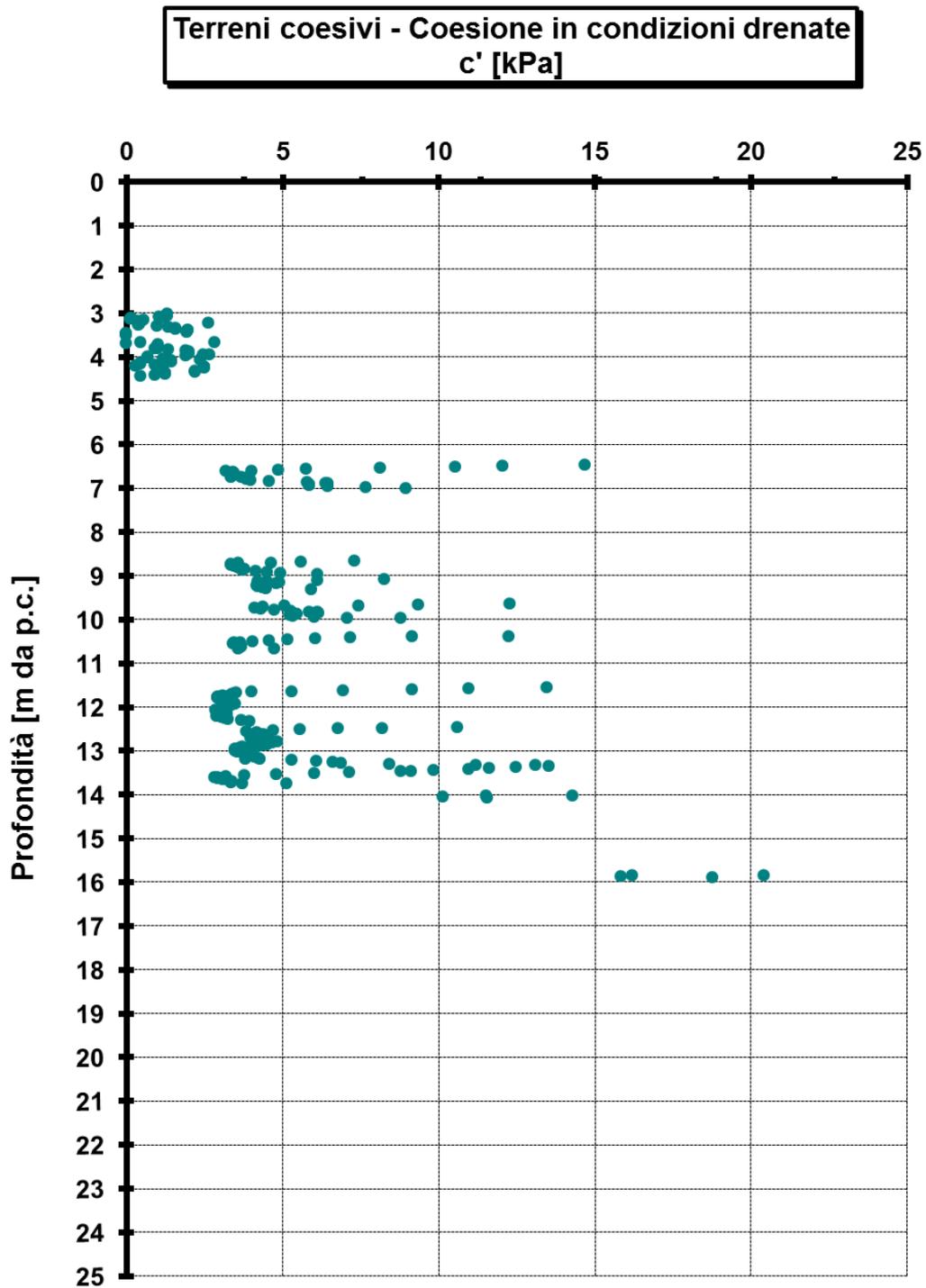


Figura 6.38. Coesione efficace C' - CPTU 3

Terreni incoerenti - Angolo di resistenza al taglio di picco in condizioni drenate,  $\varphi_p'$  [°]

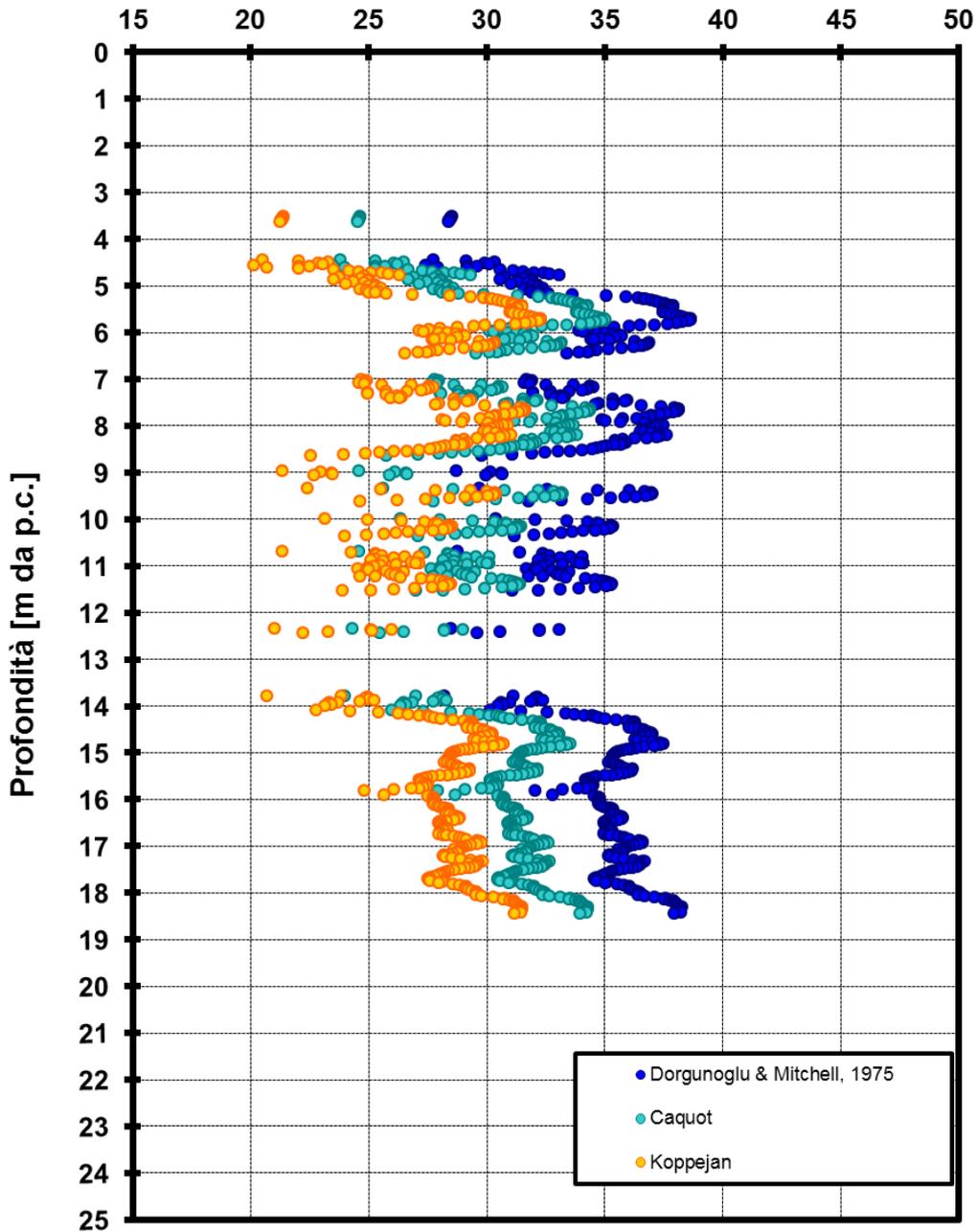


Figura 6.39. Angolo d'attrito - CPTU 3

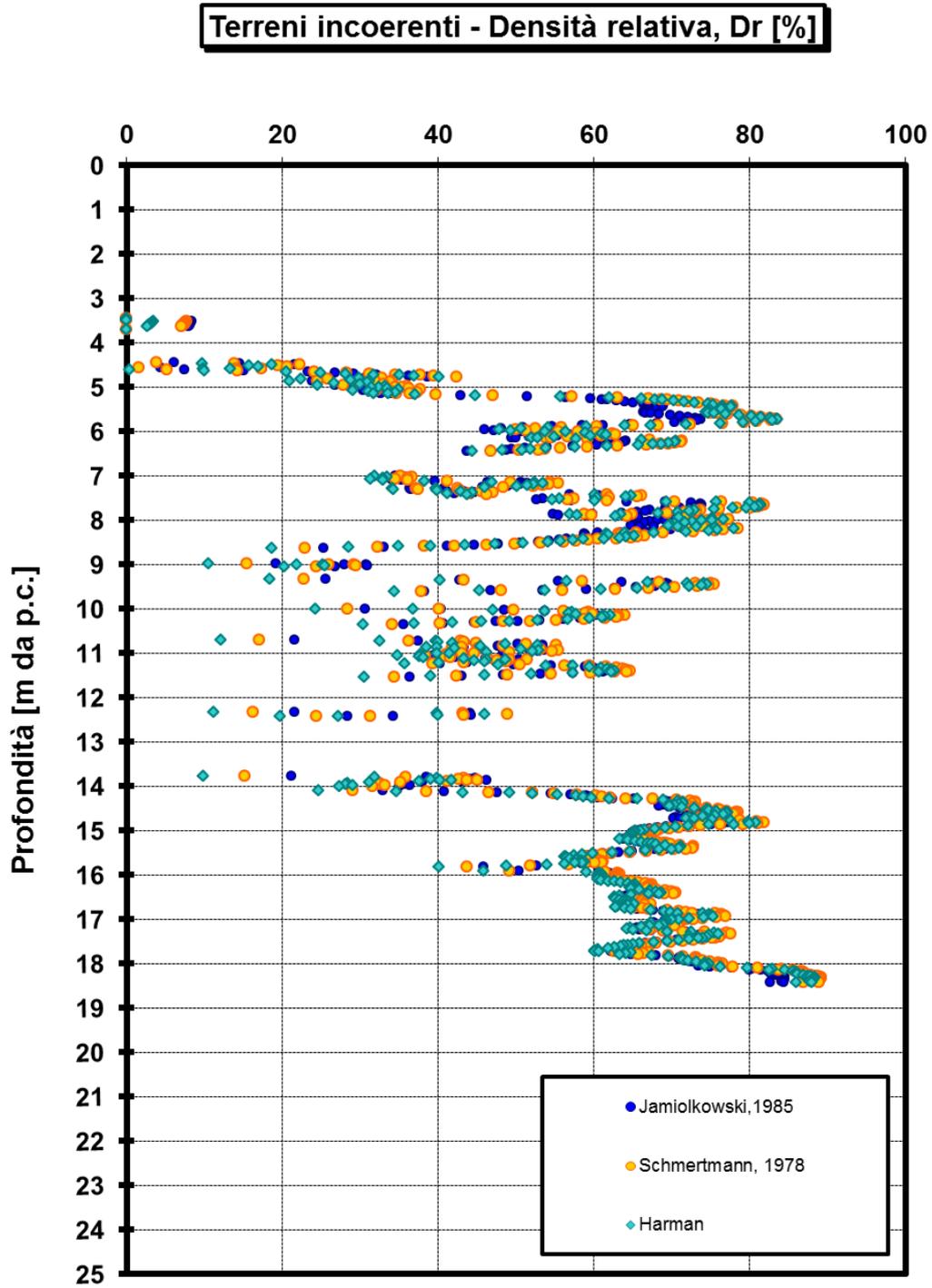


Figura 6.40. Densità relativa  $D_r$  - CPTU 3

### 6.23 Analisi di Laboratorio sui Terreni Coesivi

Durante i sondaggio sono stati prelevati a differenti quote campioni indisturbati per procedere a successive analisi di laboratorio.

In tabella si individuano le profondità di prelievo, l'unità stratigrafica di riferimento individuata secondo quanto definito dalle restituzioni dei sondaggi e si distinguono inoltre le tipologie di campioni prelevate.

Tabella 6.9. Profondità di prelievo campioni indisturbati

N° Sondaggio	PROVINO	Profondità [m da P.C.]	Tipologia campione
A	A	3,00÷3,60	Ind.
C	C	2,50÷3,00	Ind.
F	F1	2,10÷2,60	Ind.
F	F2	4,50÷5,00	Ind.

#### 6.23.1 Granulometrie

I materiali ghiaio-sabbiosi sono stati soggetti a granulometria per vagliatura meccanica. Sono riportate di seguito tutte le granulometrie ottenute sul Tout-Venant, sia delle cassette GEO1-10 che dei sondaggi A-F.

Ne risulta che il materiale ha una composizione ben graduata ( $U=D60/D10 > 100$ ) con granulometria contenuta in un fuso molto ristretto, a testimonianza di un intervento di riporto eseguito con materiale omogeneo sull'intera area delle piste.

Le profondità dei capioni interessati dalle prove granulometriche sono di seguito riportate in tabella.

Tabella 6.10. Profondità campioni sottoposti a granulometrie

Sondaggio	GEO1	GEO2	GEO3	GEO4	GEO5	GEO6	GEO7	GEO8	GEO9	GEO10	SA	SB	SC	SD	SE	SF	
Terreno	Profondità (m)																
Tout-Venant di riporto	da	0.40	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.30	0.30	0.20	0.10	0.40	0.20	0.20
	a	2.45	2.20	2.60	2.30	2.40	2.37	1.30	2.10	2.50	2.35	1.90	2.20	2.00	3.00	2.40	1.70

Sondaggio		GEO1	GEO2	GEO3	GEO4	GEO5	GEO6	GEO7	GEO8	GEO9	GEO10	SA	SB	SC	SD	SE	SF
Terreno		Profondità (m)															
Sabbia medio-fine	da	-	-	-	2.30	2.40	2.37	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	1.70
	a	-	-	-	3.18	2.70	3.00	-	-	-	-	-	-	2.60	-	-	2.10
Terreni naturali variabili da argilla limosa a sabbia fine	da	2.45	2.20	2.60	3.18	2.70	3.00	1.30	2.10	2.50	2.35	1.90	2.20	2.60	3.00	2.40	2.60
	a	3.70	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.70	4.80	5.00	5.00	5.00	3.00	4.40

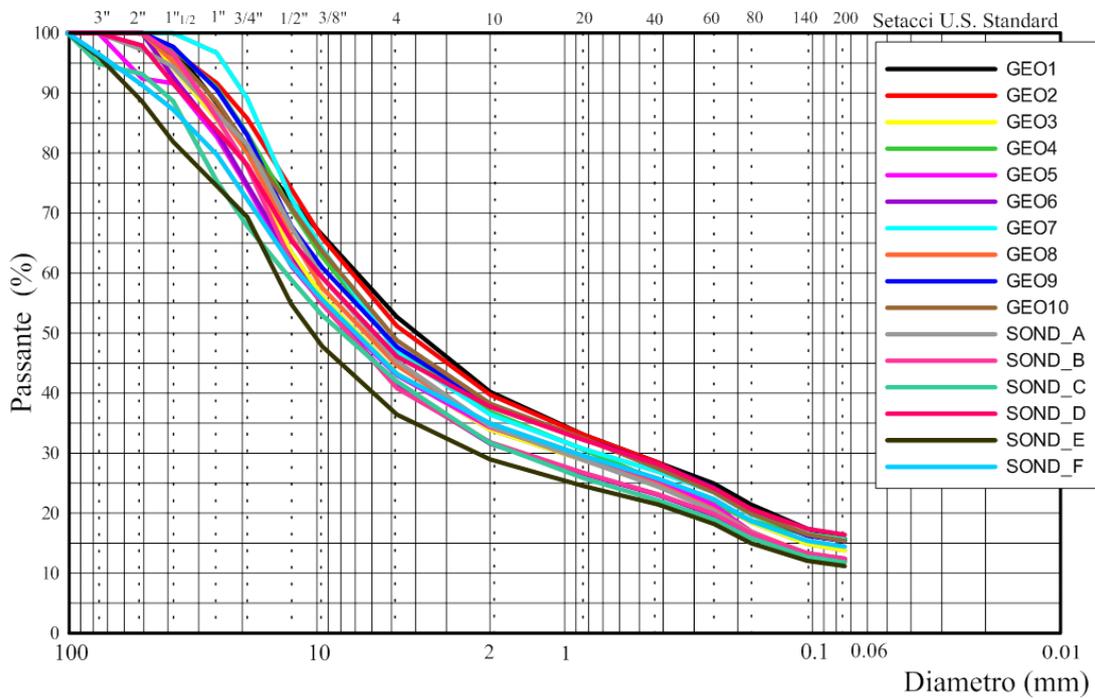


Figura 6.41. Risultati confronti granulometrie depositi superficiali

## 6.24 Valutazione dei Parametri Geotecnici Caratteristici

Dall'elaborazione dei dati ricavati dall'interpretazione della prove CPTU integrati con le restanti prove verranno determinati i parametri da assegnare alle singole unità stratigrafiche attraverso un processo di elaborazione dati di tipo statistico che ha lo scopo primario di determinare i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici così come richiesto dalla normativa vigente.

Come richiesto dalla normativa in vigore, è necessario intervenire sul valore medio al fine di determinare un opportuno valore caratteristico; inteso come stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Si procede quindi ad una trattazione di tipo statistico; il risultato è ottenuto come selezione del valore medio del limitato insieme dei valori del parametro geotecnico considerato, con un livello di confidenza del 95%, o in altre parole si selezionerà un 5° percentile della distribuzione media.

Di seguito si riportano i riscontri dell'analisi per ogni parametro interessato e i risultati relativi agli orizzonti individuati.

### 6.24.1 CPTU 1

In tabella i risultati ottenuti per la verticale di prove CPTU 1

Tabella 6.11. Parametri caratteristici CPTU 1

CPTU 1	natura terr.	inizio	fine	spessore	Cu [kPa]	IP [%]	M [Mpa]	E [Mpa]	c' [kPa]	Φ [°]	Dr [%]
		[m da P.C.]		[m]	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.
1	COE	2.52	4.12	1.60	9.47	4.05	1.02	0.76	0.71	24.60	
2	GRAN	4.12	5.90	1.78			20.39	17.84		31.74	55.43
3	COE	5.90	6.84	0.94	54.64	19.49	4.92	3.65	4.30	22.38	
4	GRAN	6.84	8.58	1.74			21.42	18.74		30.75	53.27
5	G. Int.	8.58	13.32	4.74			13.22	11.16		27.19	44.38
6	GRAN	13.32	14.38	1.06			19.65	17.19		27.76	40.08
7	GRAN	14.38	16.02	1.64			37.22	35.73		30.77	60.29
8	G. Int.	16.02	18.80	2.78			11.77	9.63		26.28	43.24
9	GRAN	18.80	19.74	0.94			26.43	23.13		27.70	43.14
10	COE	19.74	20.94	1.20	77.70	8.02	9.03	6.71	7.09	25.27	
11	GRAN	20.94	21.72	0.78			24.30	21.27		26.71	38.43
12	COE	21.72	22.50	0.78	63.68	5.34	7.67	5.70	5.56	20.70	

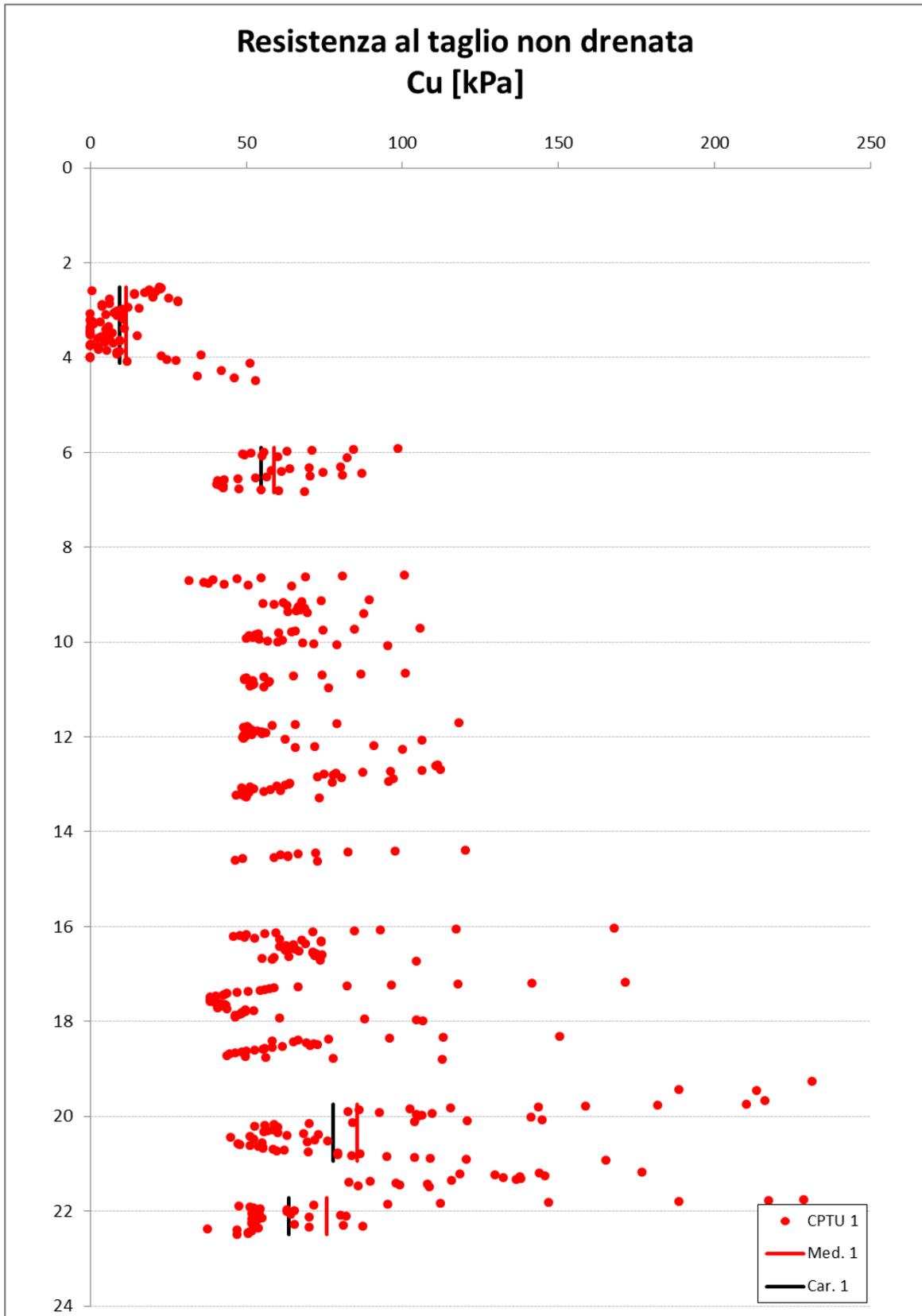


Figura 6.42.  $C_u$  – CPTU 1

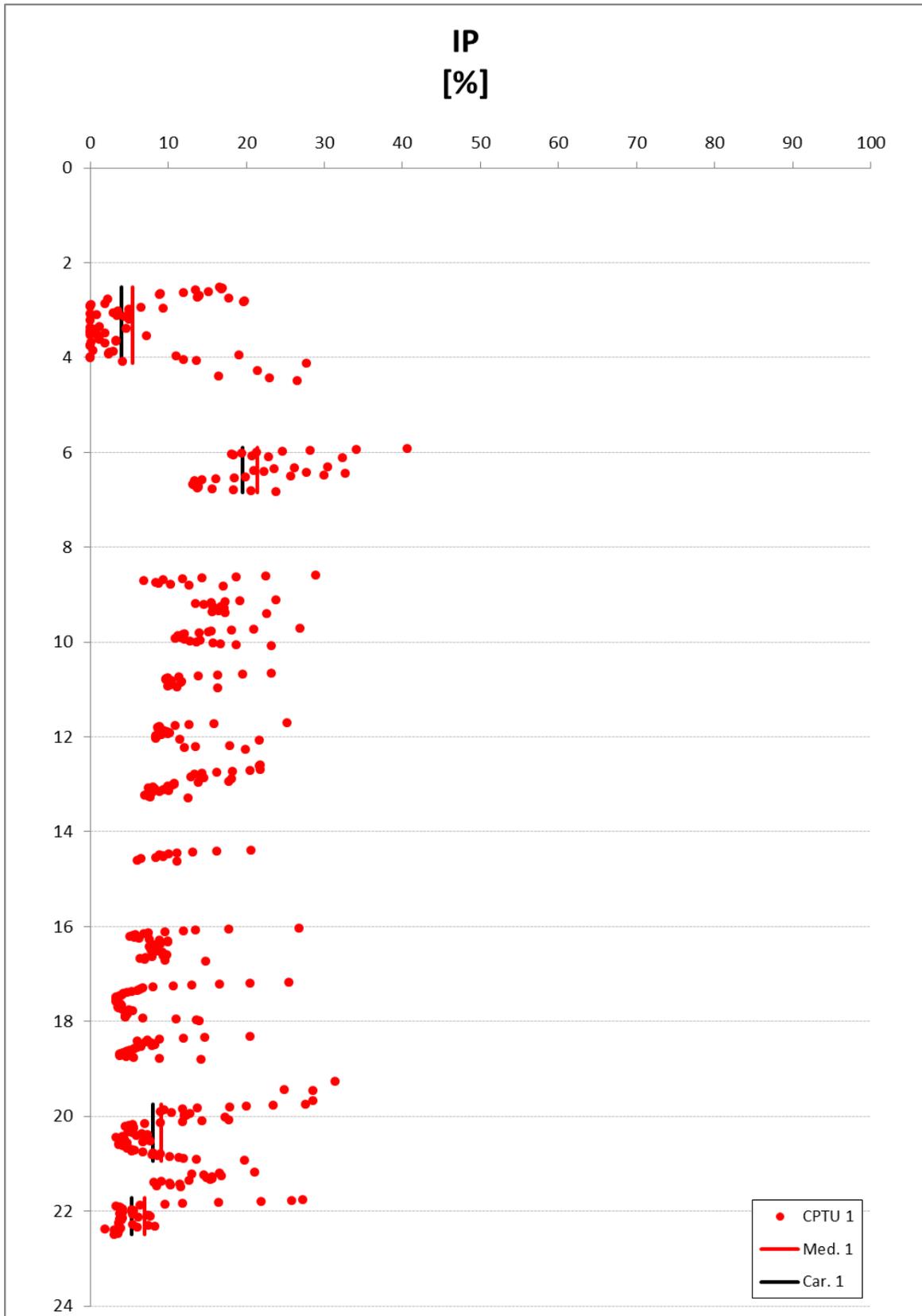


Figura 6.43. Ip – CPTU 1

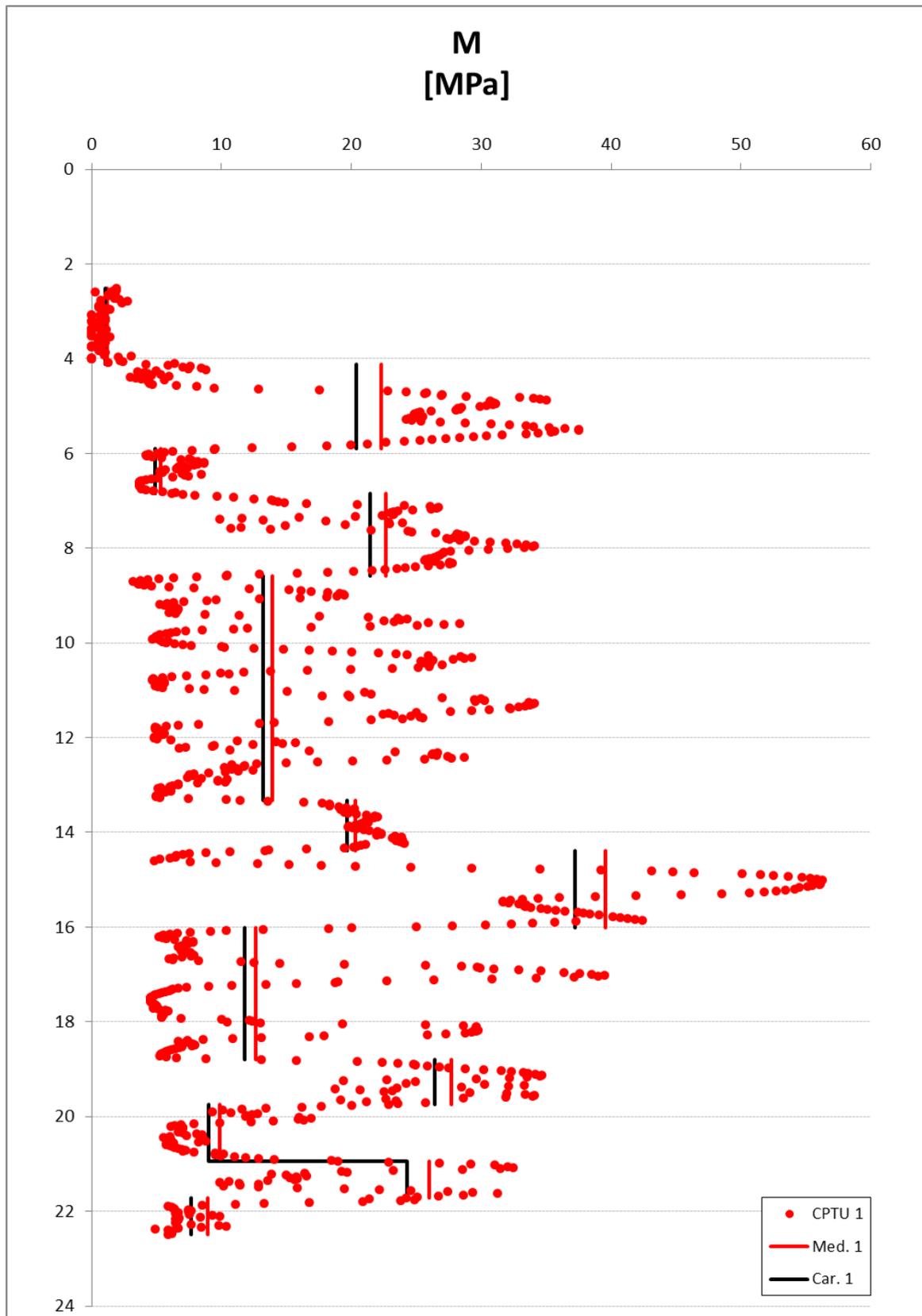


Figura 6.44. M – CPTU 1

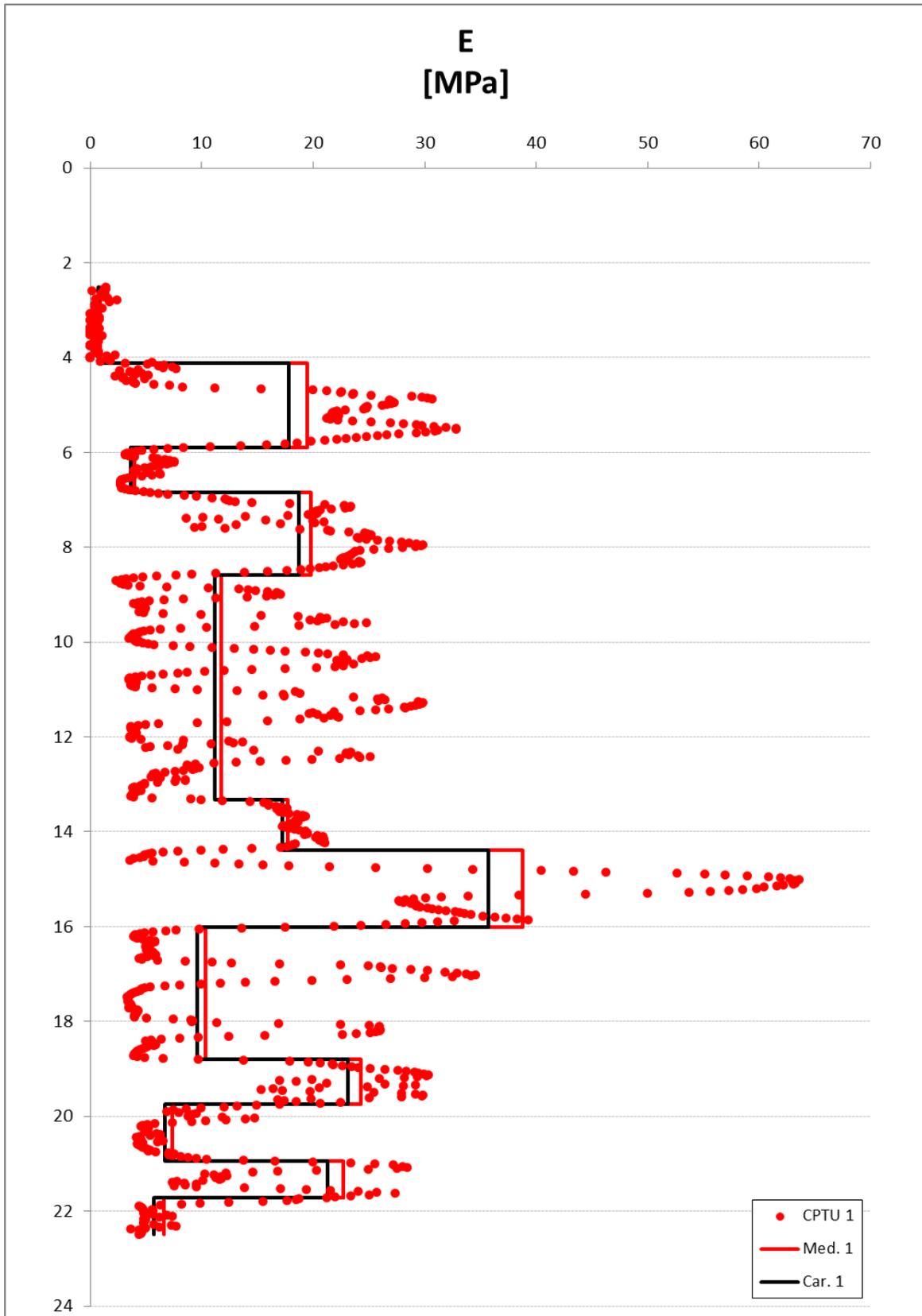


Figura 6.45. E – CPTU 1

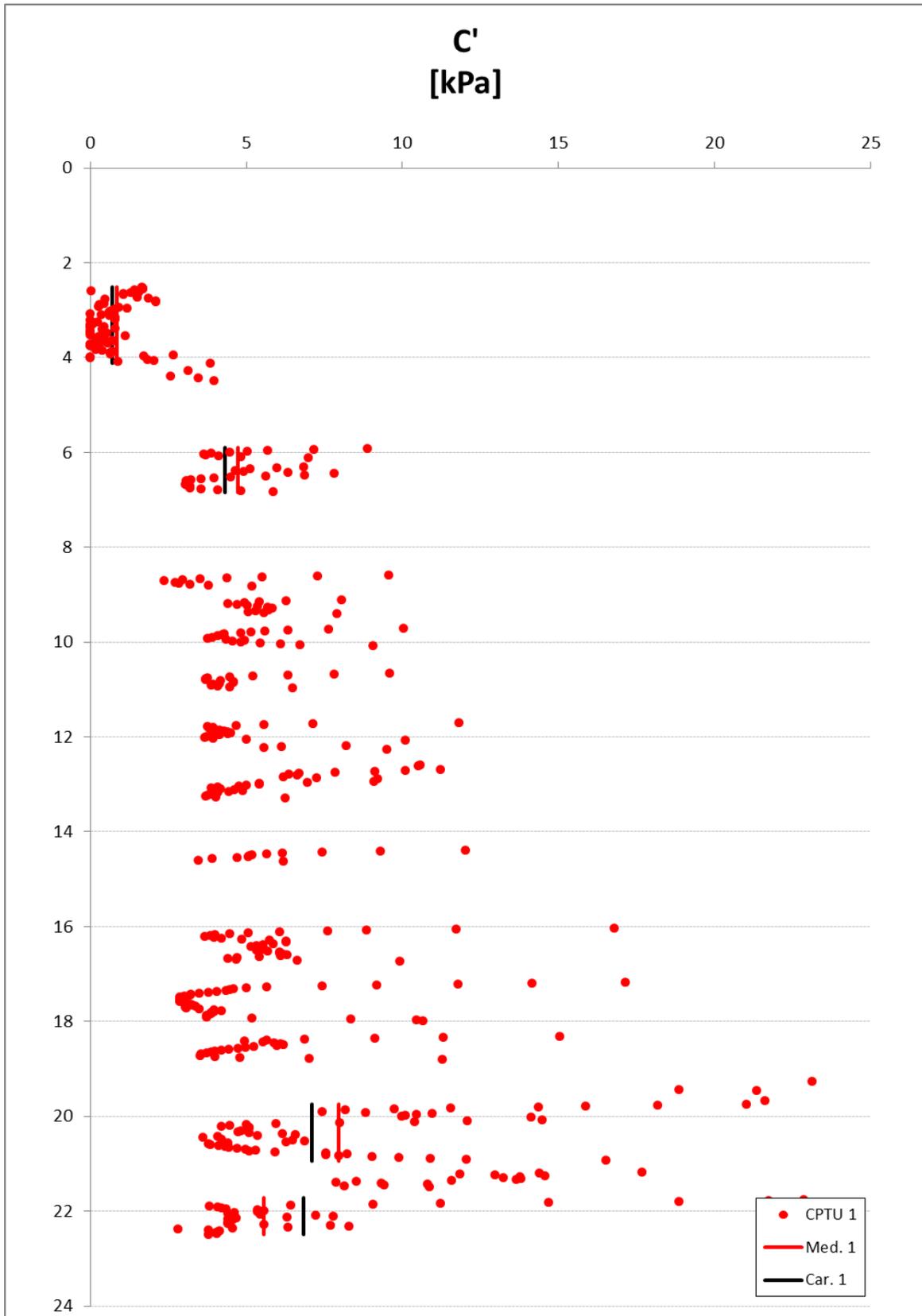


Figura 6.46. C' – CPTU 1

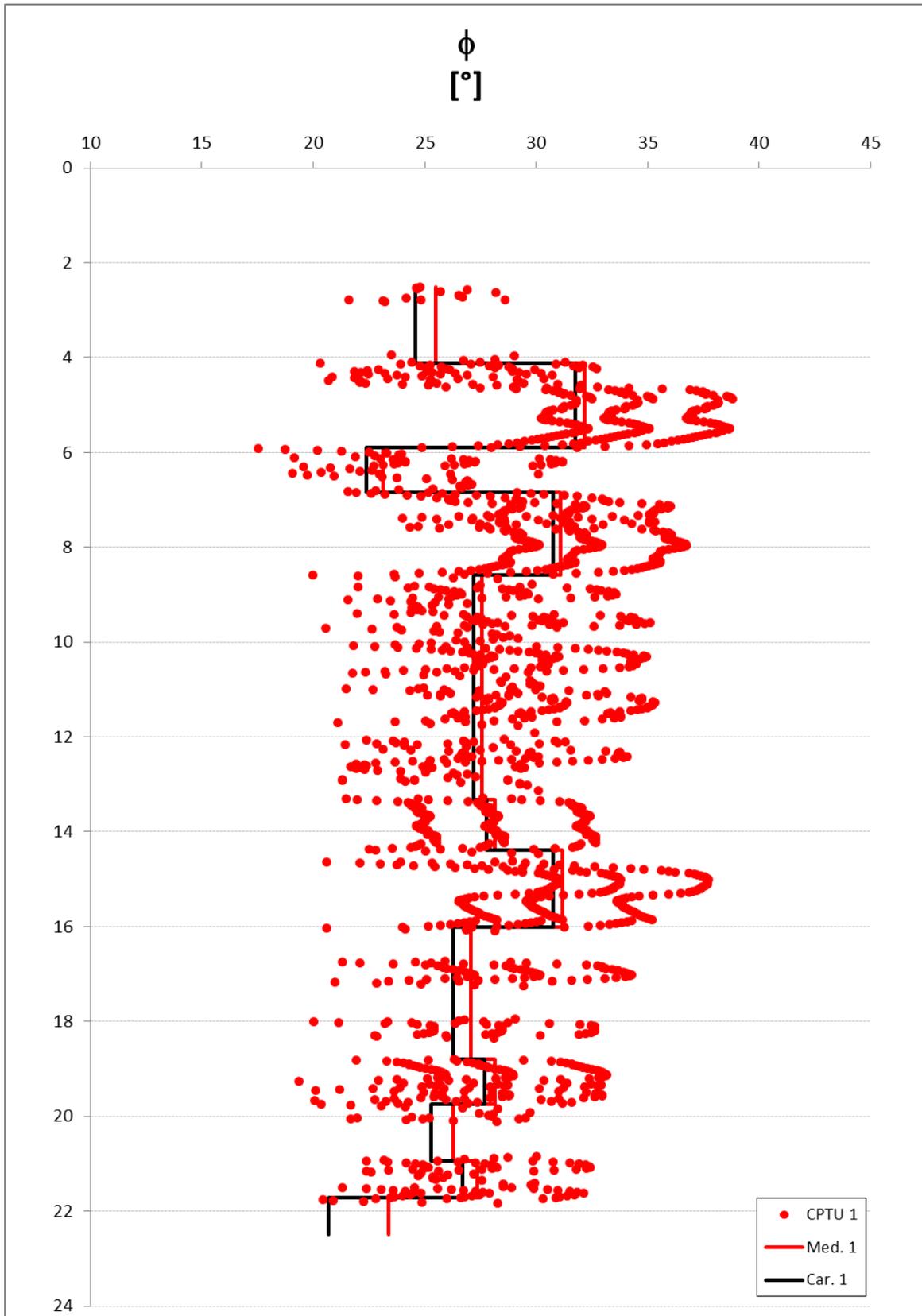


Figura 6.47.  $\phi$  - CPTU 1

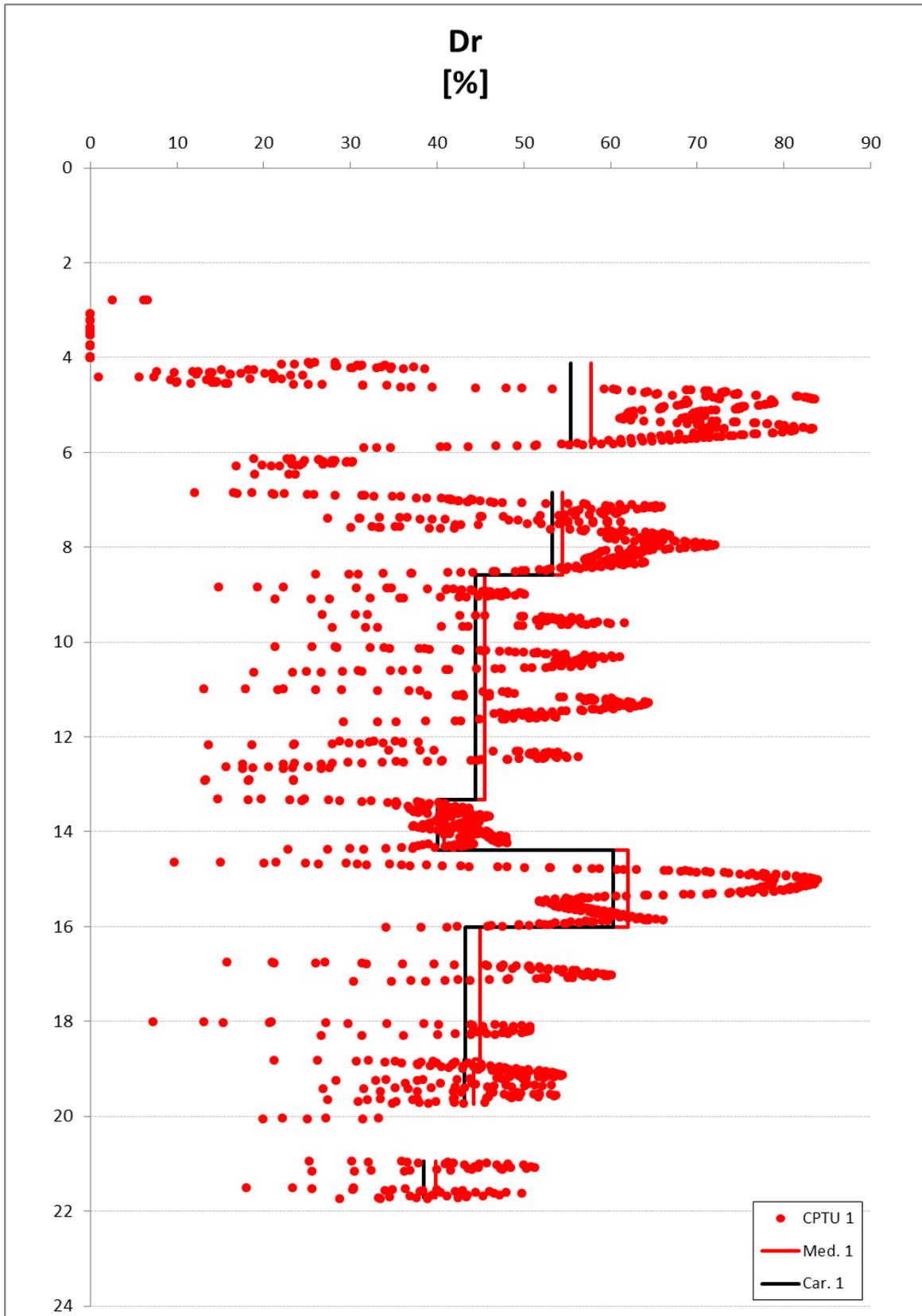


Figura 6.48. Dr – CPTU 1

## 6.24.2 CPTU 2

In tabella i risultati ottenuti per la verticale di prove CPTU 2

Tabella 6.12. Parametri caratteristici CPTU 2

CPTU 2	natura terr.	inizio	fine	spessore	Cu [kPa]	IP [%]	M [Mpa]	E [Mpa]	c' [kPa]	$\Phi$ [°]	Dr [%]
		[m da P.C.]	[m]	[m]	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.
1	COE	2.72	4.78	2.06	13.69	5.94	1.38	1.02	1.03	24.92	
2	GRAN	4.78	6.10	1.32			20.15	17.67		31.86	57.50
3	COE	6.10	6.78	0.68	68.91	24.67	6.48	4.82	5.86	20.04	
4	GRAN	6.78	8.68	1.90			24.14	21.12		31.32	57.15
5	G. Int.	8.68	11.74	3.06			11.89	10.01		26.45	39.45
6	COE	11.74	12.66	0.92	51.98	8.84	5.23	3.89	4.07	25.26	
7	G. Int.	12.66	14.66	2.00			15.01	12.68		26.90	46.22
8	GRAN	14.66	17.24	2.58			36.33	33.32		30.35	57.93
9	COE	17.24	18.88	1.64	59.90	6.46	6.80	5.05	5.09	25.89	
10	GRAN	18.88	19.74	0.86			26.40	23.10		27.64	42.82
11	GRAN	19.74	21.66	1.92			19.77	17.30		25.62	31.39
12	COE	21.66	22.70	1.04	47.80	3.21	5.98	4.44	3.87	17.70	

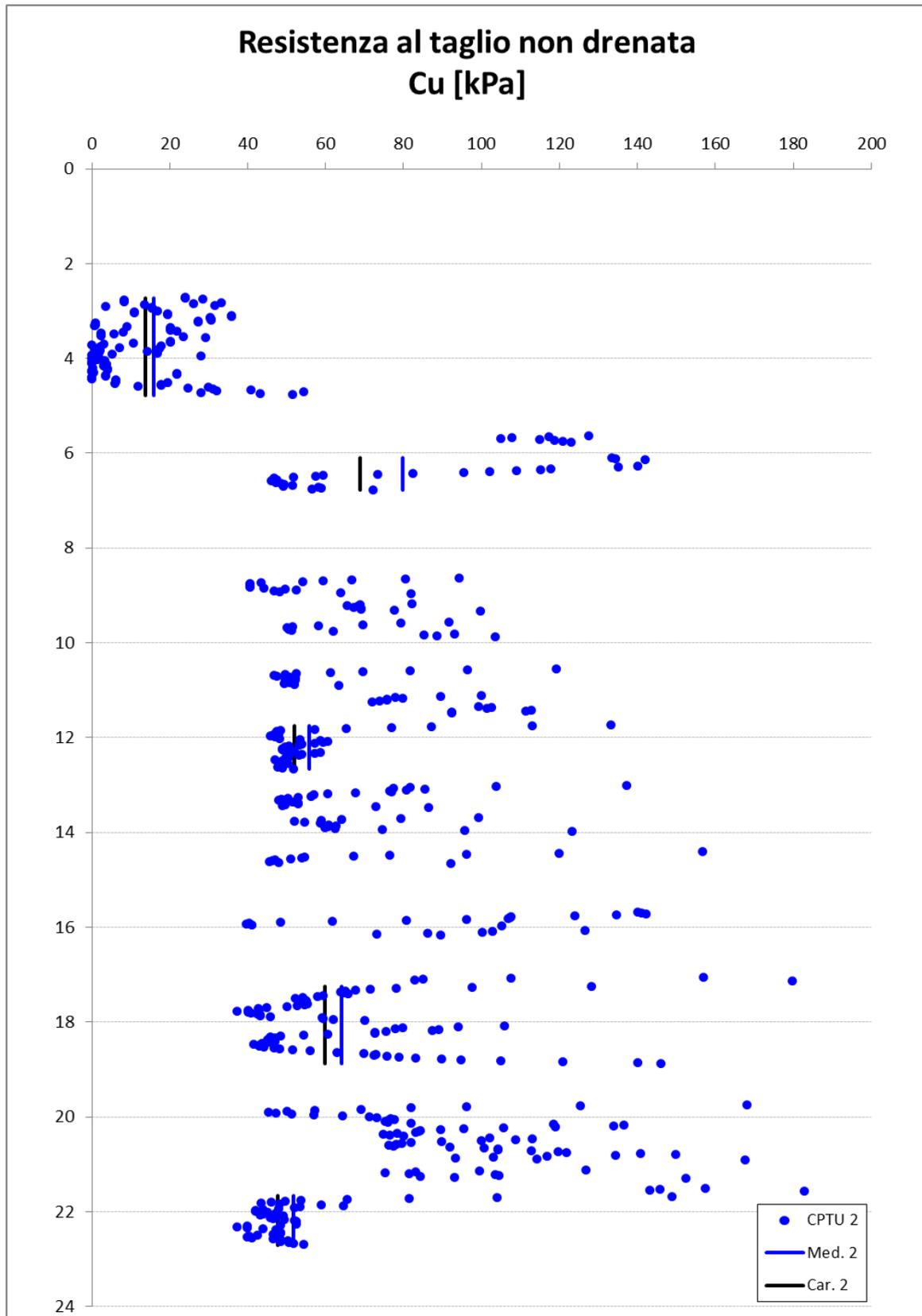


Figura 6.49. Cu – CPTU 2

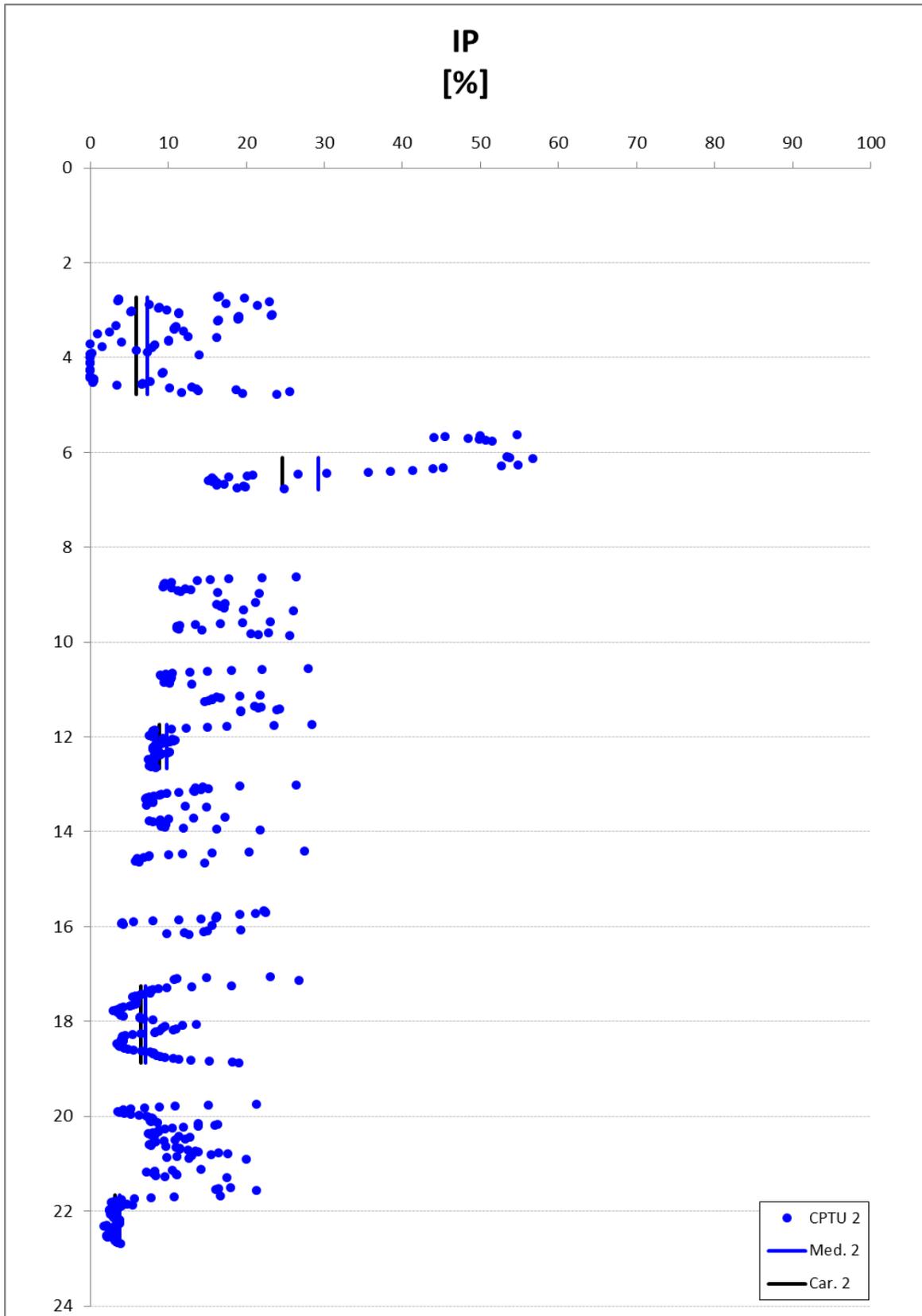


Figura 6.50. Ip – CPTU 2

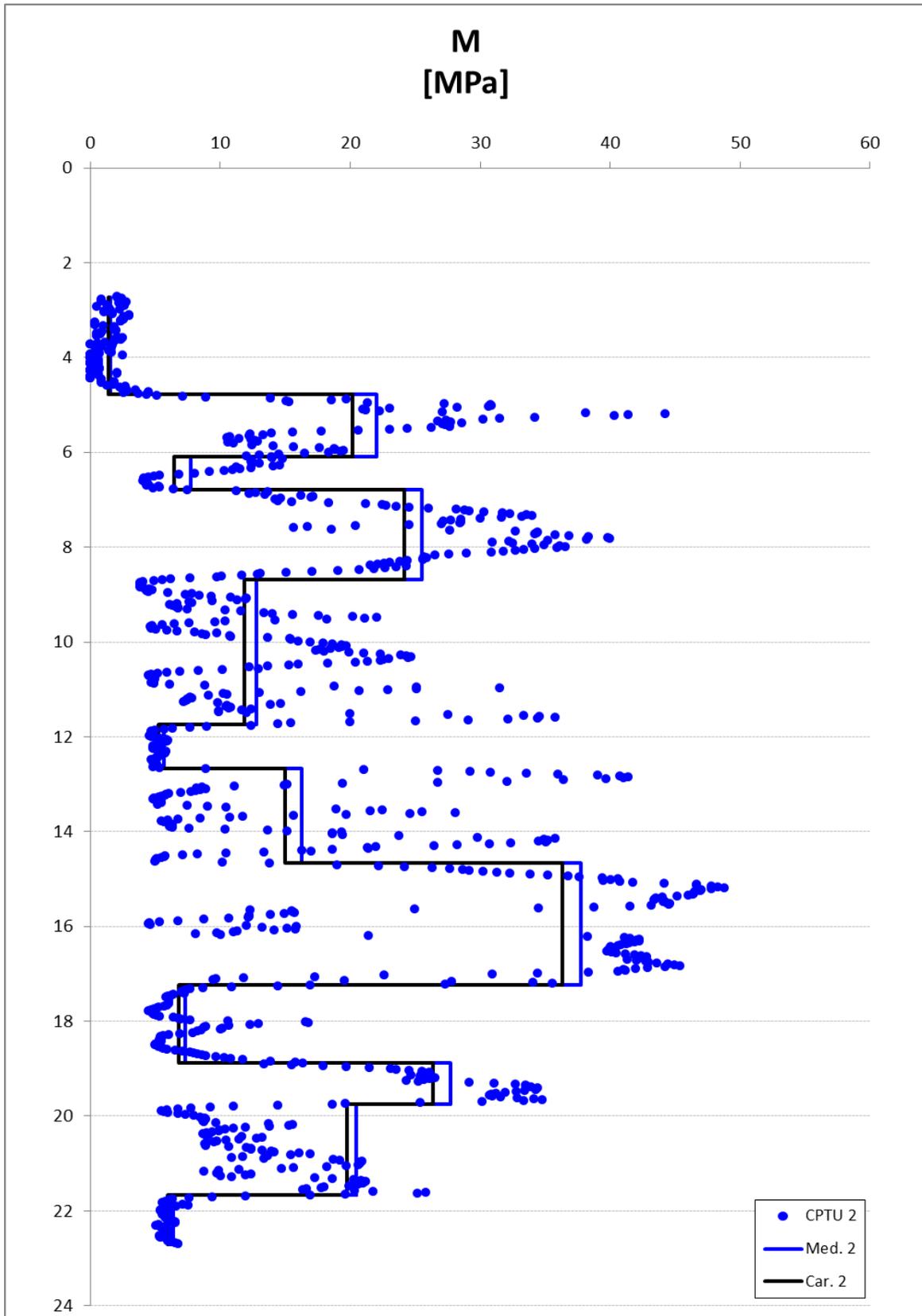


Figura 6.51. M – CPTU 2

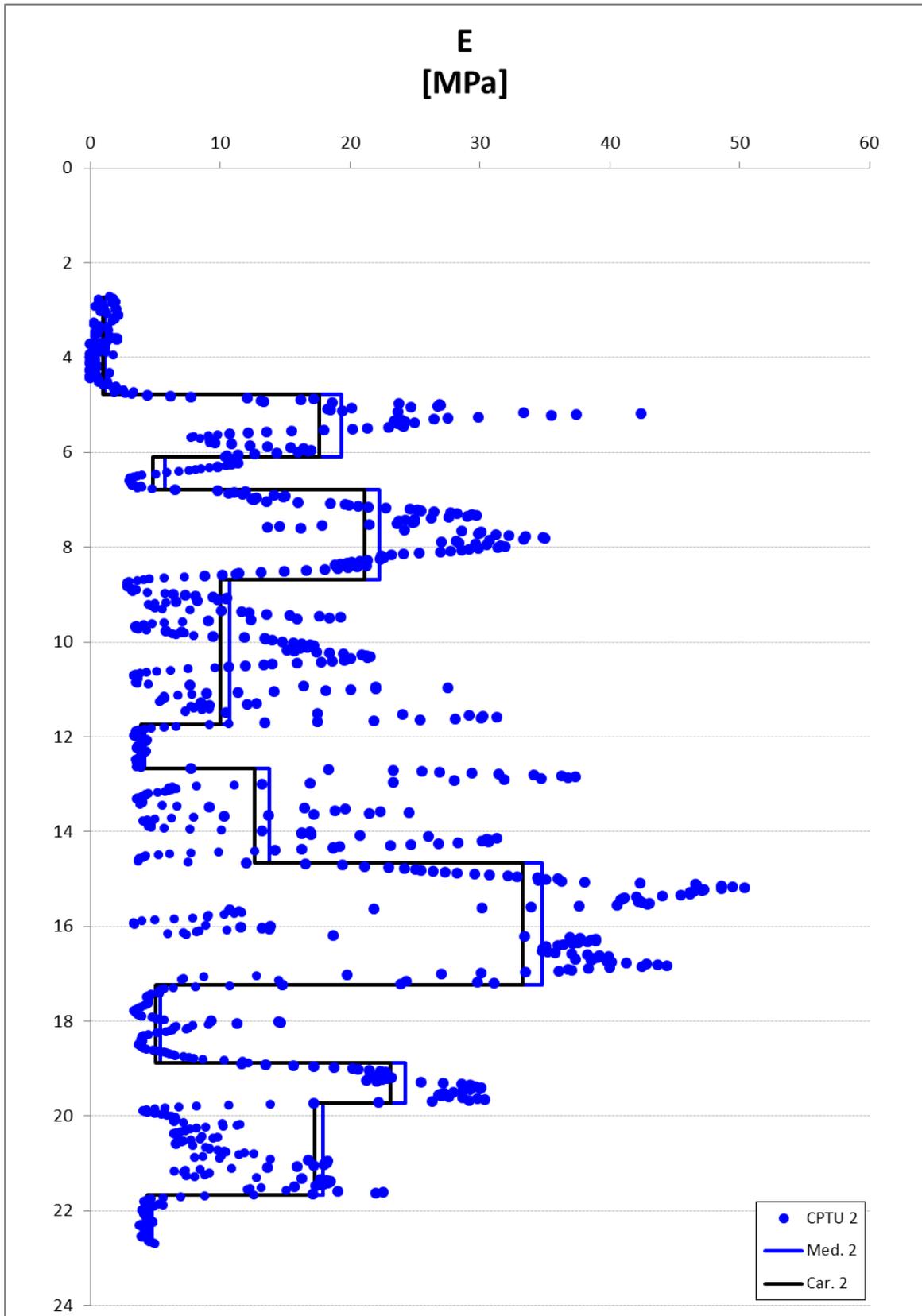


Figura 6.52. E – CPTU 2

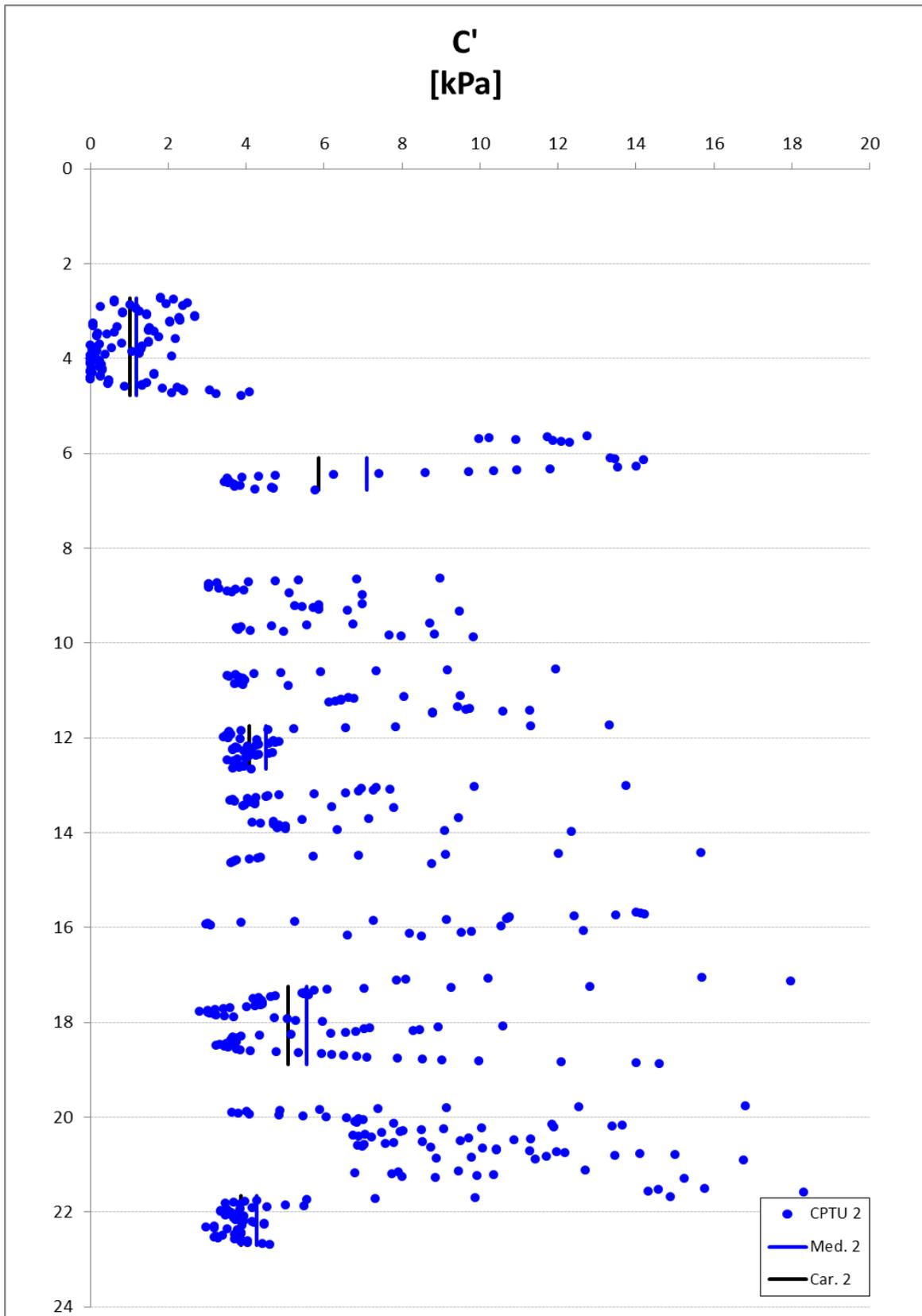


Figura 6.53. C' – CPTU 2

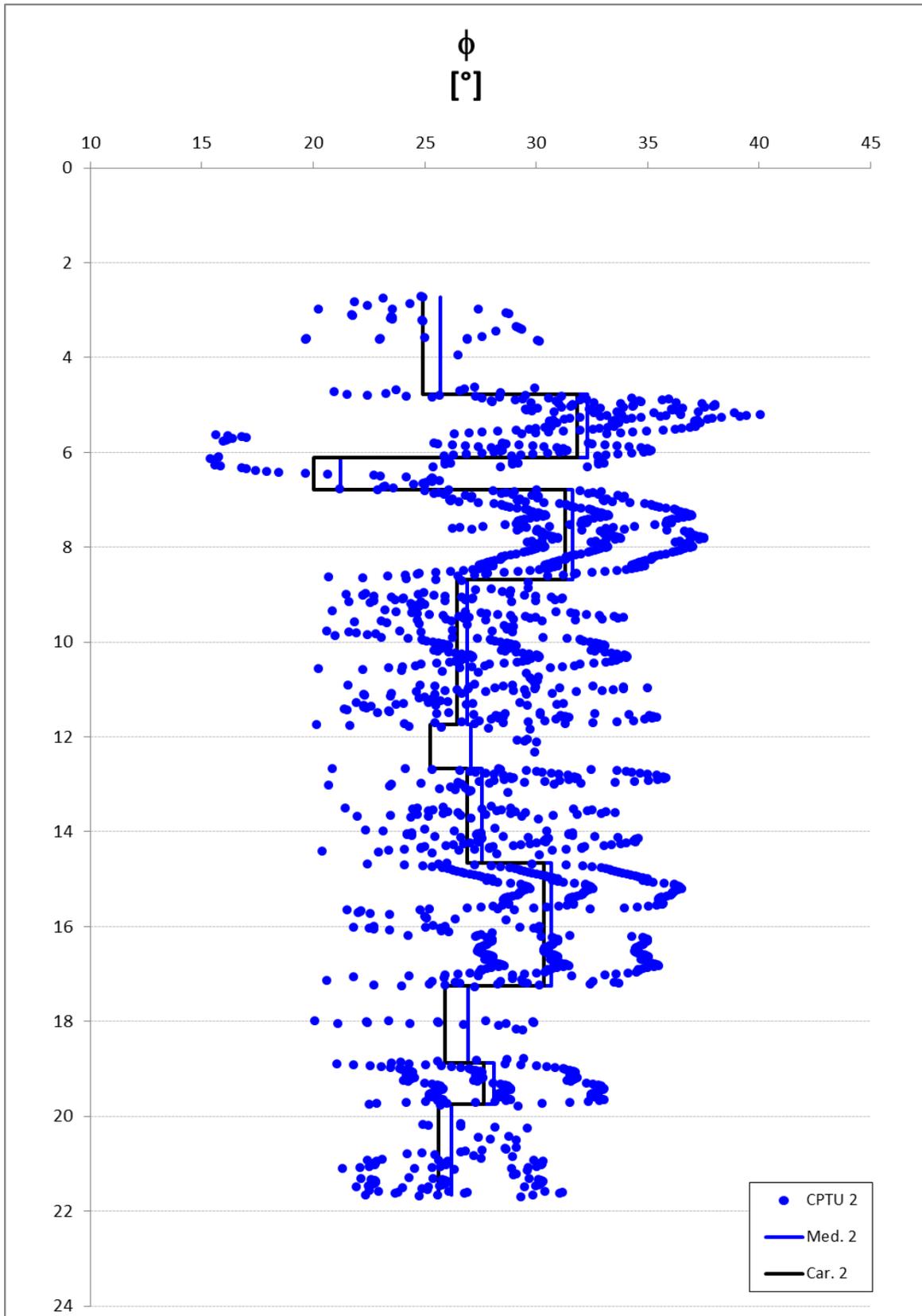


Figura 6.54.  $\phi$  – CPTU 2

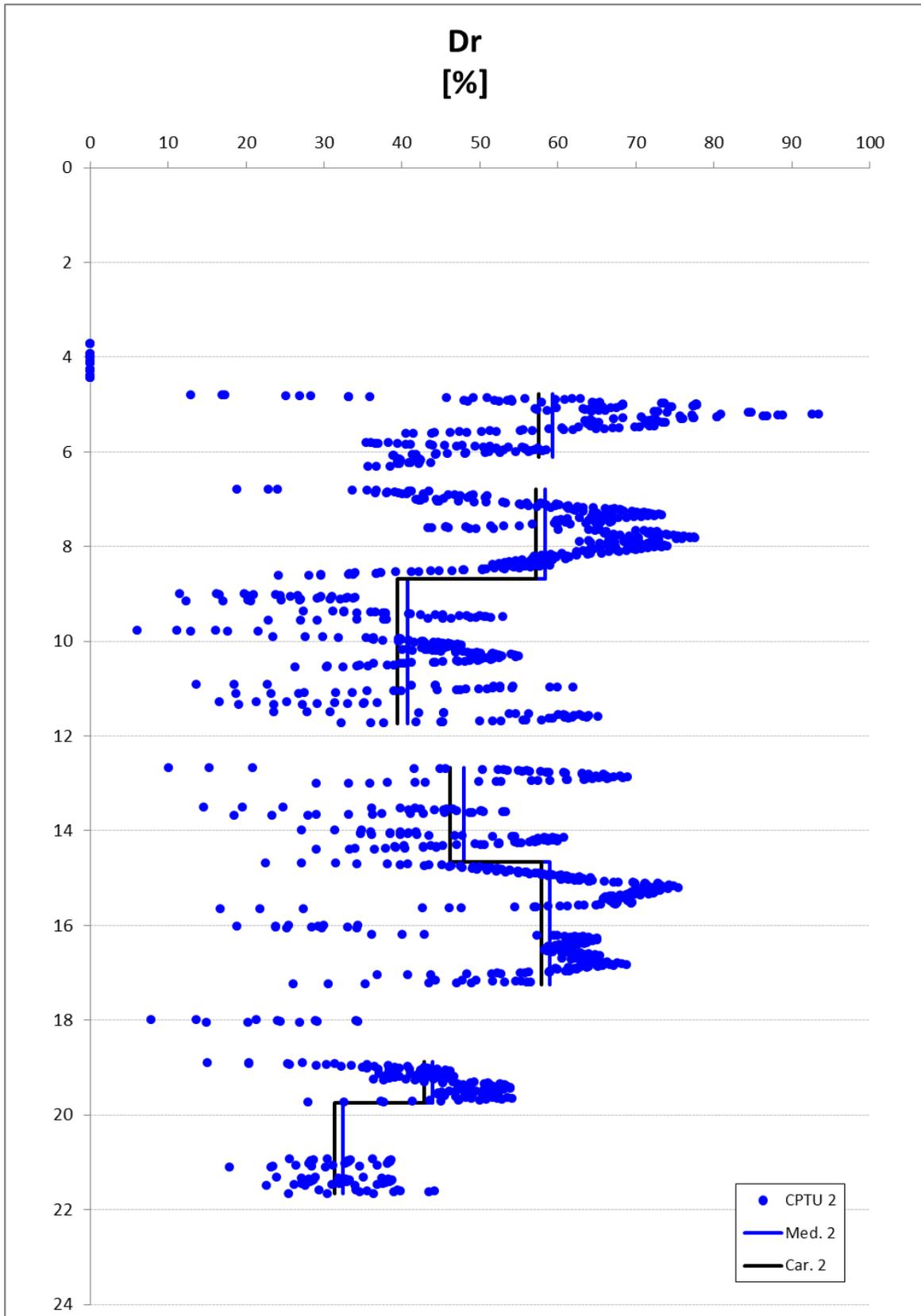


Figura 6.55. Dr – CPTU 2

### 6.24.3 CPTU 3

In tabella i risultati ottenuti per la verticale di prove CPTU 13

Tabella 6.13. Parametri caratteristici CPTU 3

CPTU 3	natura terr.	inizio	fine	spessore	Cu [kPa]	IP [%]	M [Mpa]	E [Mpa]	c' [kPa]	$\Phi$ [°]	Dr [%]
		[m da P.C.]		[m]	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.	Car.
1	COE	3.02	4.44	1.42	15.71	6.69	1.53	1.14	1.18	25.62	
2	GRAN	4.44	6.46	2.02			17.59	15.39		30.58	48.78
3	COE	6.46	7.00	0.54	60.17	19.99	5.53	4.11	4.89	21.69	
4	GRAN	7.00	8.64	1.64			25.01	21.99		31.30	57.25
5	G. Int.	8.64	11.54	2.90	59.41	13.71	5.74	4.26	4.82	25.47	
6	COE	11.54	14.08	2.54	56.66	9.30	5.91	4.39	4.70	24.07	
7	GRAN	14.08	18.44	4.36			45.27	45.10		31.84	67.90

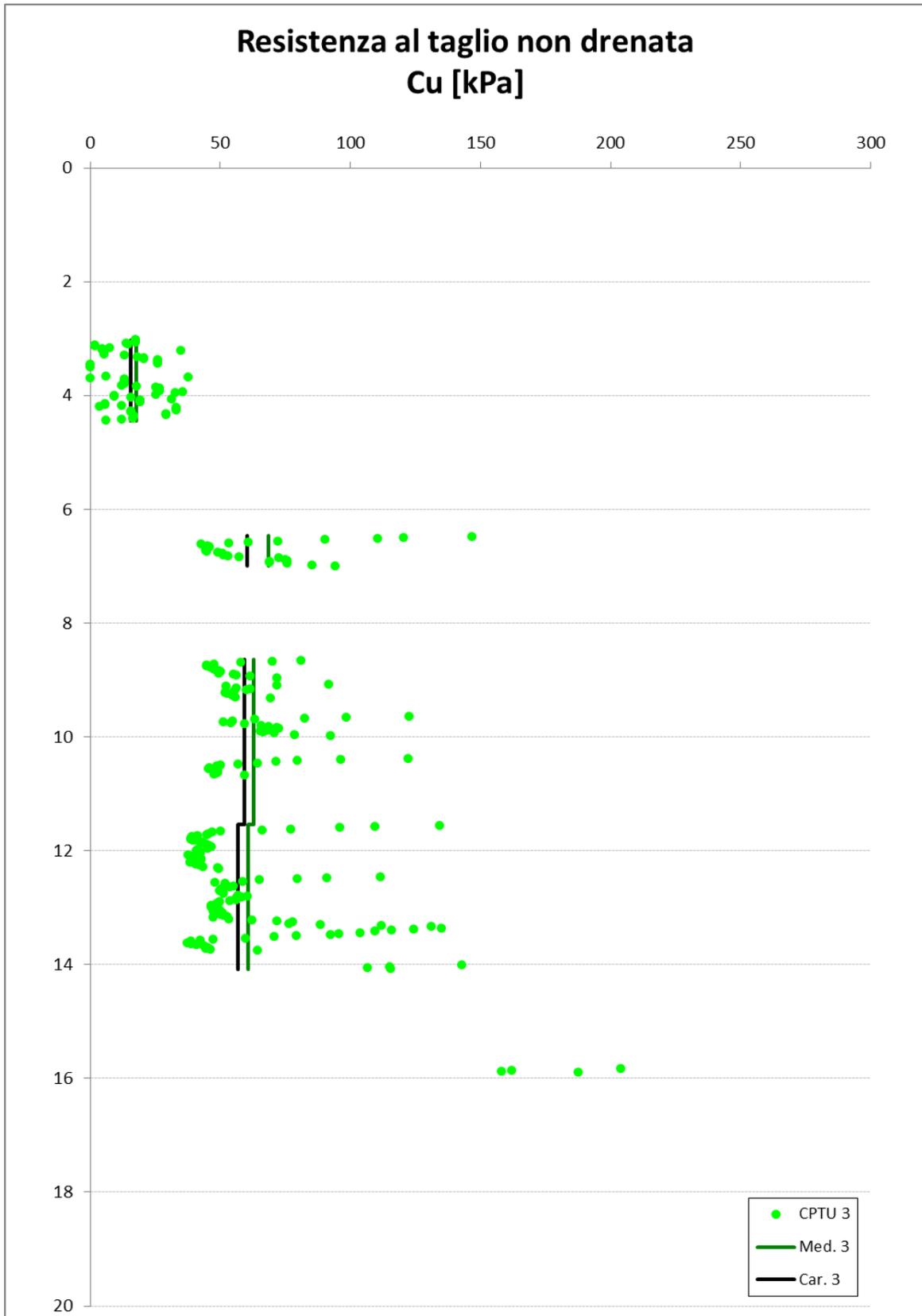


Figura 6.56.  $C_u$  – CPTU 3

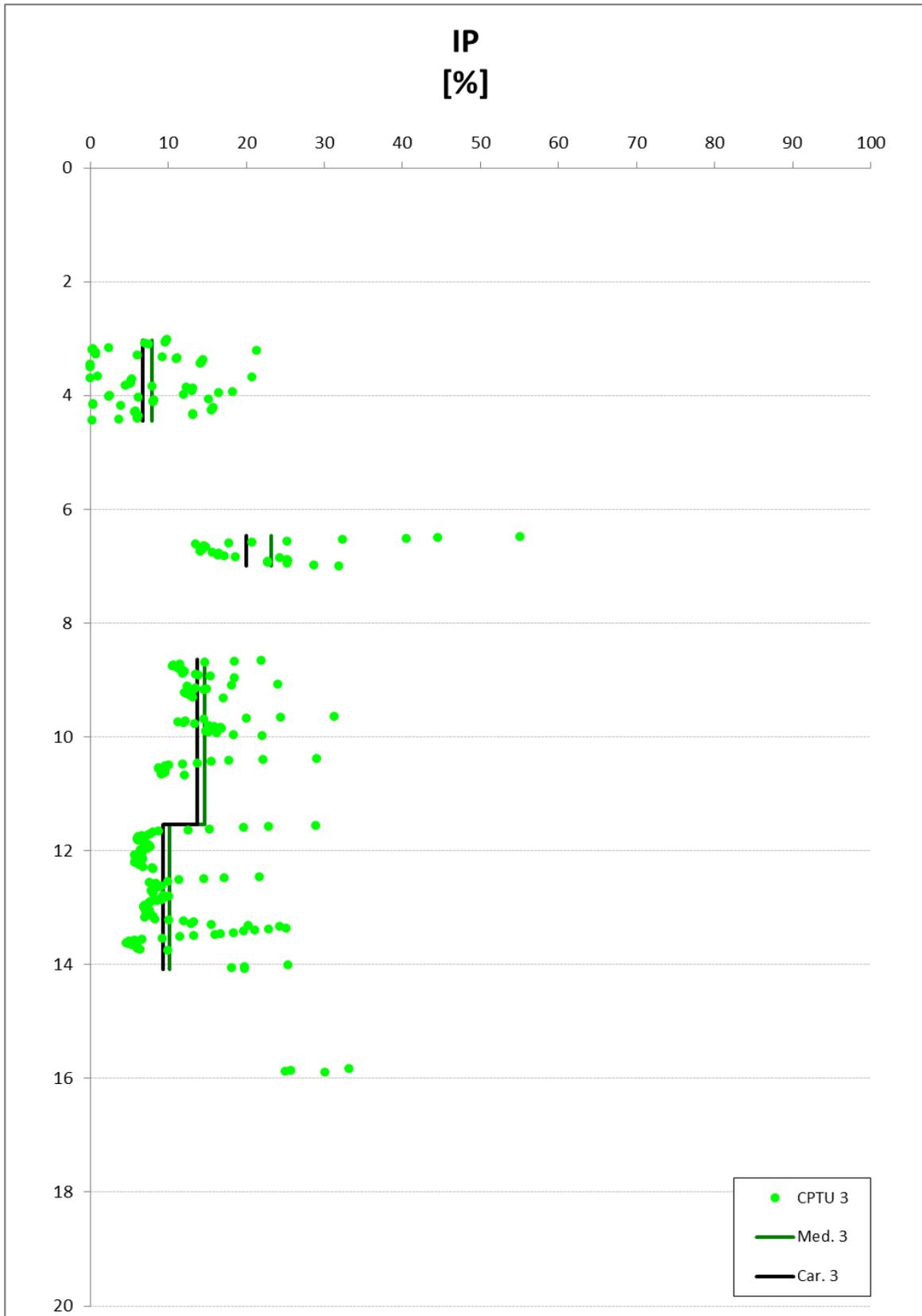


Figura 6.57. Ip – CPTU 3

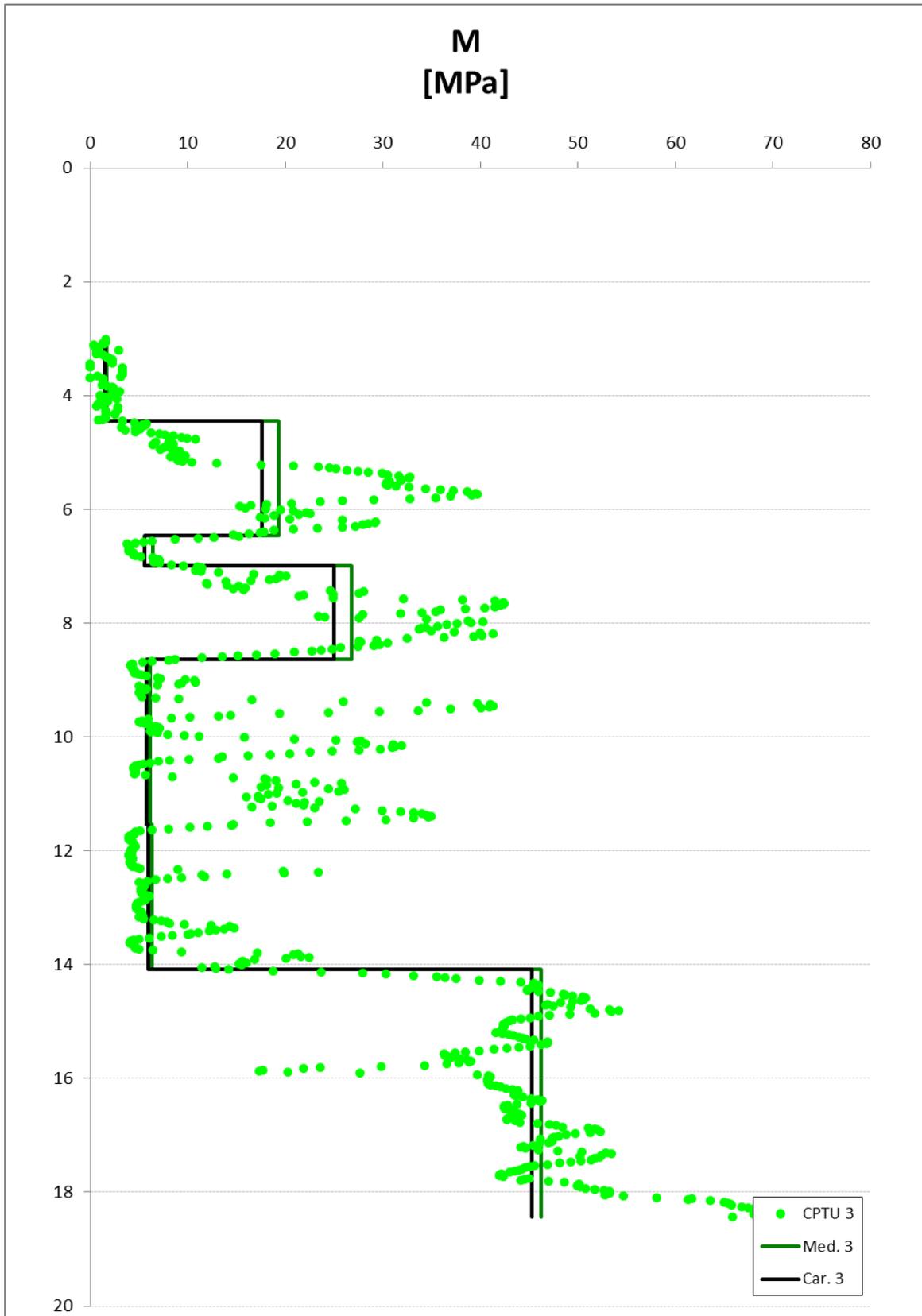


Figura 6.58. M – CPTU 3

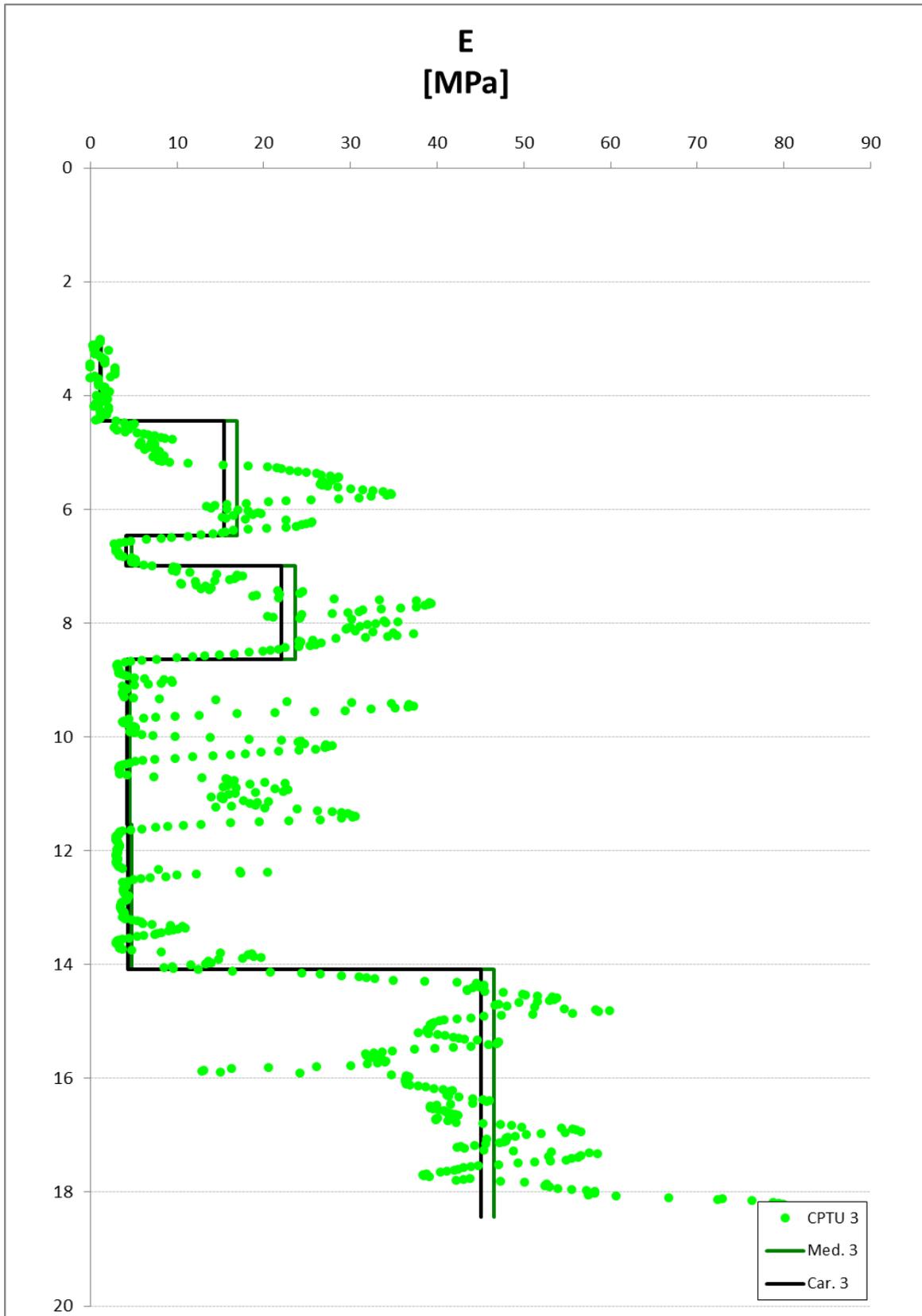


Figura 6.59. E – CPTU 3

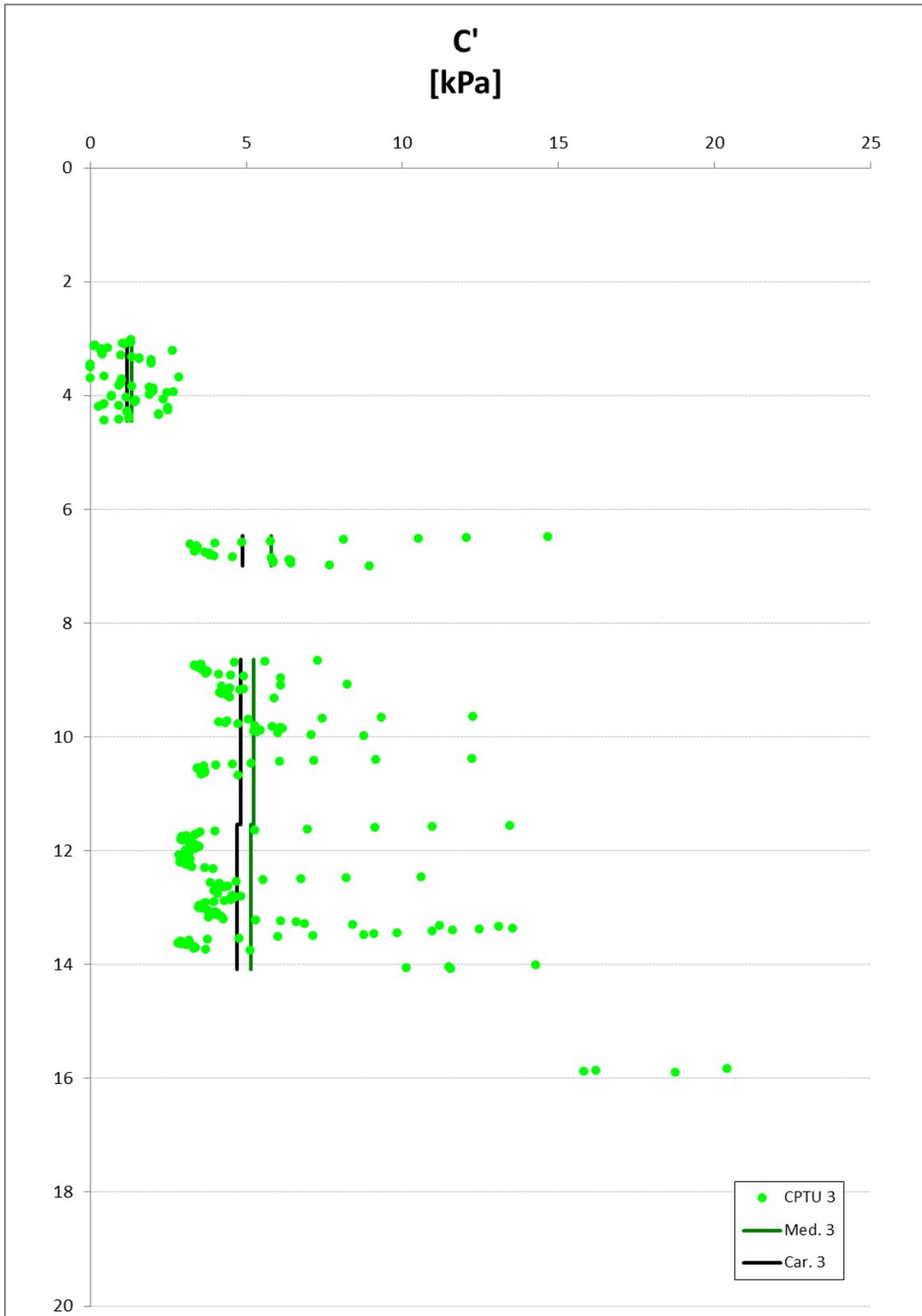


Figura 6.60. C' – CPTU 3

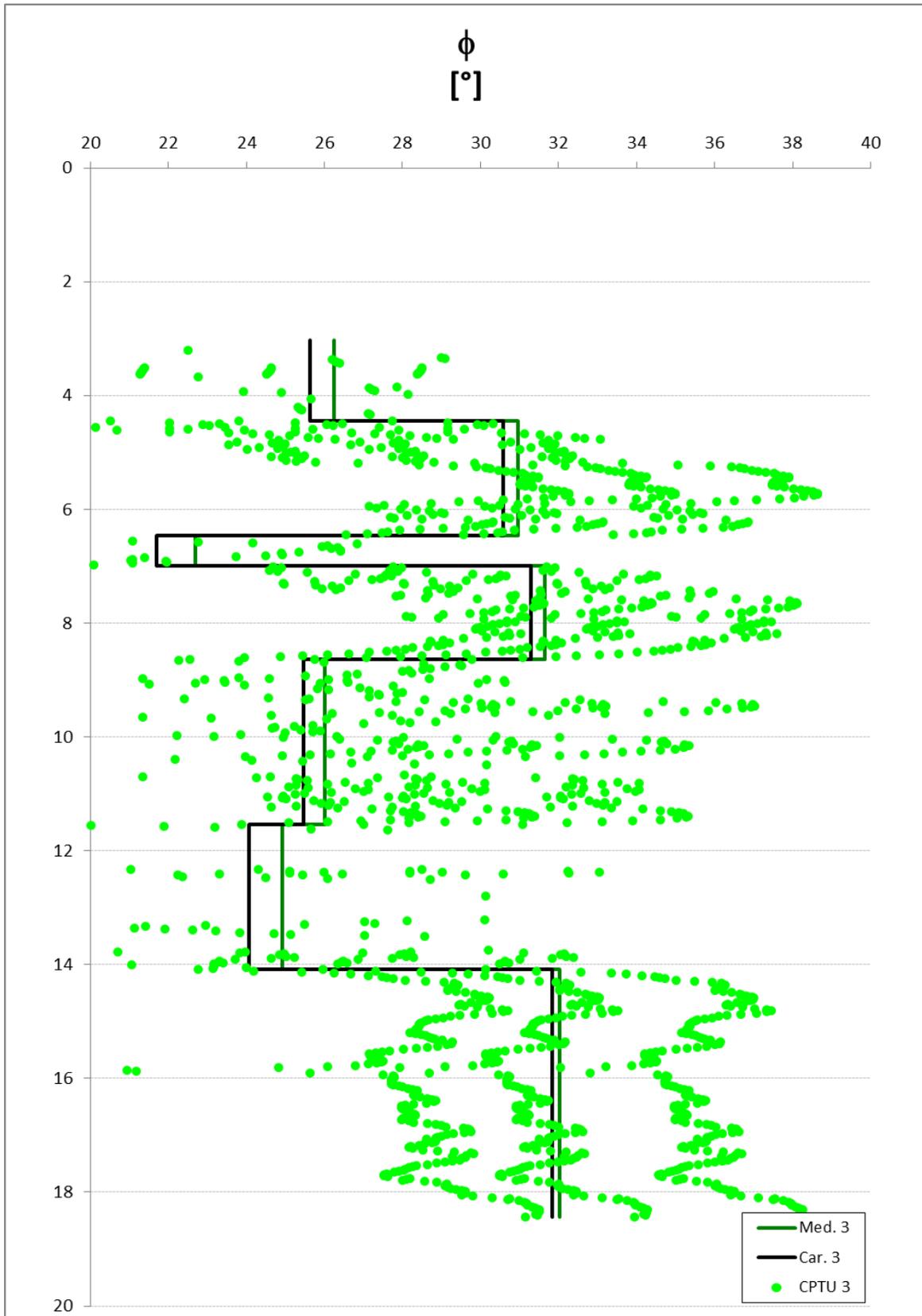


Figura 6.61.  $\phi$  – CPTU 3

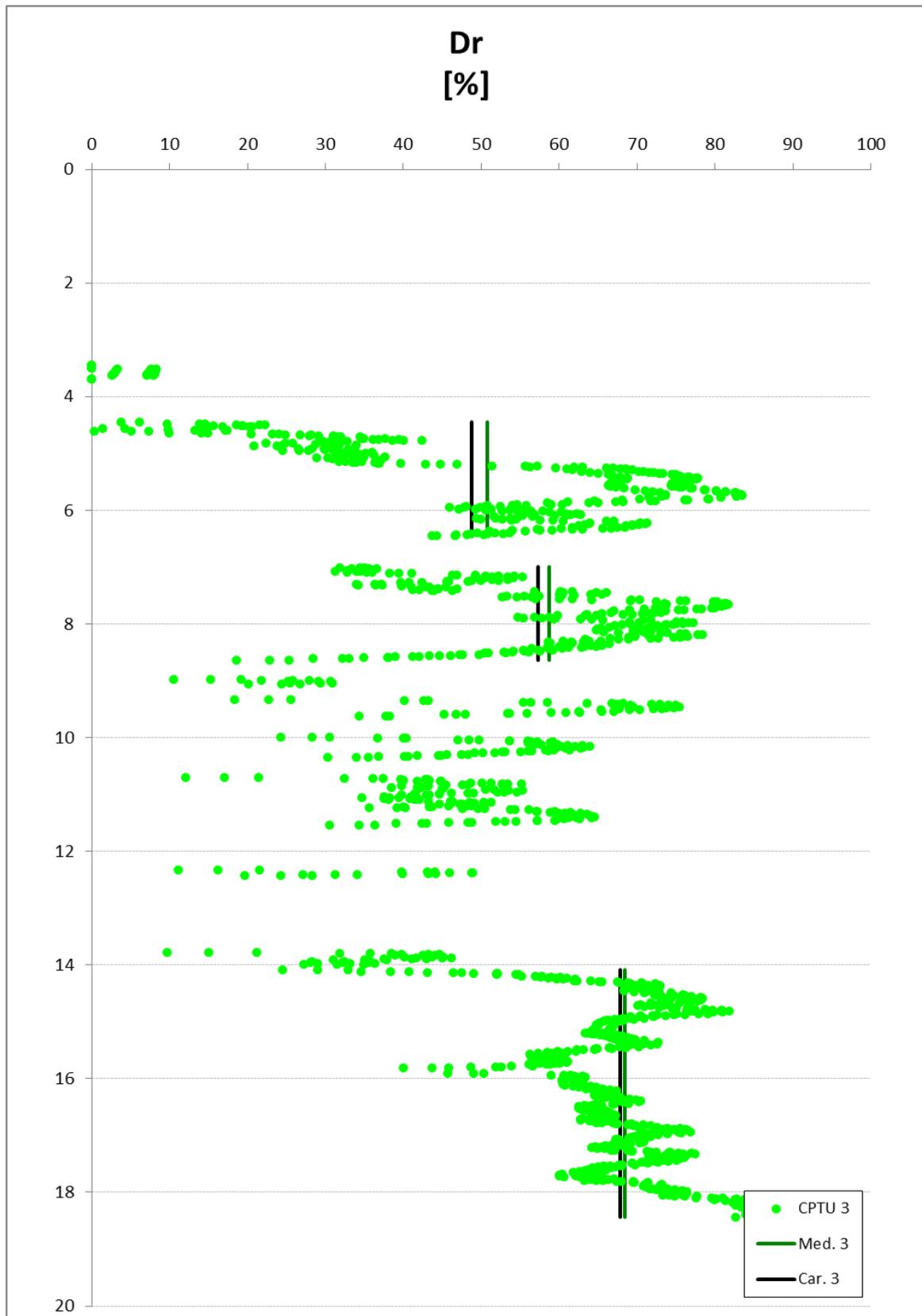


Figura 6.62.  $Dr$  – CPTU 3

## **7 CONCLUSIONI**

Dalle indagini risulta evidente la presenza, al di sotto degli strati di conglomerato bituminoso, di materiale ghiaioso eterometrico e ciottoli centimetrici calcarei in matrice sabbiosa lungo tutte le verticali indagate: il materiale trovato ha origine antropica, ovvero non è geologicamente appartenente all'area su cui insiste l'aeroporto, ma risulta originario di aree limitrofe e trasportato in fase realizzativa a costituire lo strato di "riempimento". Si tratta di un livello di spessore pressoché costante (come si evince dalle indagini i georadar di seguito descritto) che raggiunge profondità variabili e dalle buone caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità.

Solamente lato terra si sono rinvenute alternanze di natura argillosa fino al piano campagna come evidenziato nel capitolo del modello geotecnico superficiale.

Per quanto riguarda il modello geotecnico di profondità, sulla base delle indagini disponibili si è rilevata la presenza di argille da mediamente consistenti a consistenti in parte limose fino alla fine dei sondaggi (Unità A/AL), che nelle sole verticali B C e D lasciano spazio a lenti costituite da depositi sabbiosi a granulometria fine (Unità SF) a partire da 2,5 metri sino a 5m circa da p.c.; unica eccezione risulta essere la presenza nella verticale di sondaggio F di uno strato di depositi con caratteristiche limose e limo argillose (Unità L/LA) tra 1,8 e 2,6m da p.c. al di sotto delle piste aeroportuali esistenti, molto probabilmente di consistenza mediamente elevata per effetto della consolidazione dei terreni nell'arco temporale compreso fra la realizzazione dell'aeroporto e la data attuale.