






2					
1					
0	28/02/2025	Enser A. Mastrangelo	F. Marchi	P. Malerba	Emissione Progetto Definitivo
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)
FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT)					
INGEGNERIA					
PROGETTAZIONE IMPIANTI ACQUA					
DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION)					
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					
IDENTIFICATIVO IMPIANTO (PLANT IDENTIFIER)			WBS		CODICE CUP (CUP CODE)
H199H101			R.2160.11.04.00090 - T.2160.11.04.00025 - T.2160.11.04.00019		
 ENSER SRL <a href="http://www.enser.it">www.enser.it</a> <a href="http://www.enser.fr">www.enser.fr</a>			CODICE DOCUMENTO (CODE)		N° COMMESSA (JOB N.)
			H199H101CX00RC0001		12400705873 - 12000367716
			ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)		NOME FILE (FILE NAME)
					-
 <b>HERA S.p.A.</b> Holding Energia Risorse Ambiente Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna tel. 051.287.111 fax 051.287.525 <a href="http://www.gruppohera.it">www.gruppohera.it</a>			 <b>HERAtech s.r.l.</b> Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna tel. 051.287.111 <a href="http://www.heratech.it">www.heratech.it</a>		
			RELAZIONE GEOTECNICA		
			SCALA (SCALE)	N° FOGLIO (SHEET N°)	DI (LAST)
			--	1	59


	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>12400705873 - 12000367716</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>59</b>
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## INDICE

<b>1</b>	<b>OGGETTO E SCOPO .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI .....</b>	<b>6</b>
2.1	NORMATIVA TECNICA .....	6
2.2	BIBLIOGRAFIA.....	6
2.3	ABBREVIAZIONI .....	8
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>12</b>
4.1	CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE 2021-2022 .....	12
4.2	LIVELLI PIEZOMETRICI .....	12
4.3	CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE 2016.....	12
4.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE PREDECENTI.....	13
<b>5</b>	<b>CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>14</b>
5.1	INDIVIDUAZIONE LITOLOGIA DA PROVE PENETROMETRICHE (CPT E SCPTU).....	15
5.2	CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE PER I TERRENI INCOERENTI.....	17
5.2.1	PARAMETRI FISICI.....	17
5.2.2	DENSITÀ RELATIVA DR.....	17
5.2.3	ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO $\phi'$ .....	17
5.2.4	MODULI DI DEFORMABILITÀ OPERATIVI .....	18
5.2.5	COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (K).....	19
5.3	CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE PER I TERRENI COESIVI .....	20
5.3.1	PARAMETRI FISICI.....	20
5.3.2	RESISTENZA NON DRENATA CU.....	20
5.3.3	VALUTAZIONE DI $C_u$ DA PROVE PENETROMETRICHE CPT E SCPTU .....	20
5.3.4	PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA ( $c'$ E $\phi'$ ) .....	20
5.3.5	RAPPORTO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR .....	20
5.3.6	MODULO DI DEFORMAZIONE CONFINATO M .....	22
5.3.7	COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ K .....	22
<b>6</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI OTTENUTI .....</b>	<b>23</b>
6.1	PARAMETRI FISICI .....	23
6.1.1	UMIDITÀ W .....	23
6.1.2	PESO DI VOLUME NATURALE.....	25
6.1.3	CONTENUTO DI SABBIA .....	27

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>12400705873 - 12000367716</b>		<b>0</b>	<b>3</b>	<b>59</b>
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

6.1.4	CONTENUTO IN FINI .....	29
6.1.5	PLASTICITÀ E LIMITI DI ATTERBERG.....	30
6.2	DENSITÀ RELATIVA.....	32
6.3	ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO .....	36
6.4	MODULO DI DEFORMABILITÀ STRATI INCOERENTI.....	40
6.5	COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ STRATI INCOERENTI .....	44
6.6	RESISTENZA NON DRENATA.....	46
6.7	PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA .....	48
6.8	GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE .....	51
6.9	MODULO DI DEFORMABILITÀ STRATI COESIVI.....	53
6.10	COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ STRATI COESIVI.....	56
<b>7</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO.....</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>RACCOMANDAZIONI DI CARATTERE ESECUTIVO.....</b>	<b>59</b>

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	4	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 1 OGGETTO E SCOPO


Questa relazione è redatta nell'ambito della fase di progettazione definitiva relativa al 2° stralcio dei lavori di potenziamento e revamping del depuratore di Ravenna (RA), sito in via Romea Nord, 156/e, nell'area industriale di Ravenna.

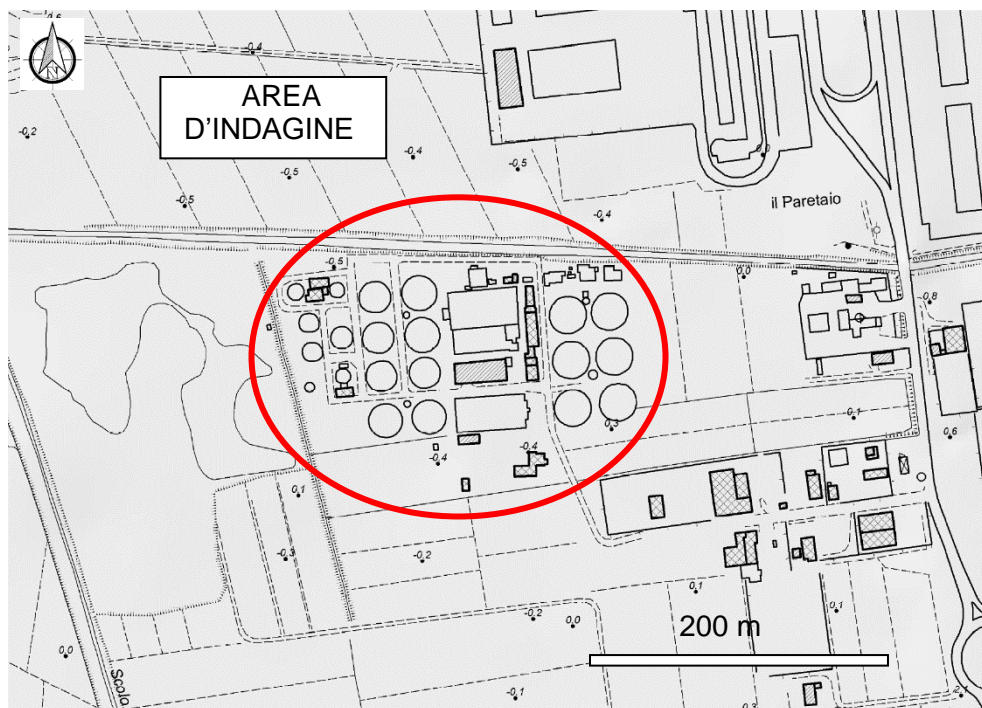
Questo documento analizza l'area di intervento da un punto di vista **geotecnico**:

- riferimenti progettuali, bibliografici e normativi;
- interpretazione delle indagini;
- definizione dei principali parametri geotecnici per ognuna delle unità stratigrafiche riscontrate;
- definizione del modello geotecnico per la zona in esame.

**Figura 1 - Inquadramento dell'Area di intervento (da Google Earth Pro, scala grafica)**




	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	5	59
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					



**Figura 2 - Stralcio dalla CTR 1:5000, scala grafica.**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	6	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 2 RIFERIMENTI


### 2.1 NORMATIVA TECNICA

Il progetto è stato eseguito in conformità della seguente normativa tecnica:

- [Ref1] Raccomandazioni AGI giugno 1977 “Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”;
- [Ref2] UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- [Ref3] Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”.
- [Ref4] DM 17-01-18 “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- [Ref5] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.
- [Ref6] Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, D.M. 11 Marzo 1988, Circ. Min. 24 Ottobre 1988 n° 30483
- [Ref7] AGI: Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977


### 2.2 BIBLIOGRAFIA

- [Ref8] Bellotti R., Ghionna V., Jamiolkowski M., Robertson P.K. (1989) “Shear strength of sand from CPT” Proceedings of the 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, 1, 179-184, Balkema Pub., Rotterdam.
- [Ref9] Cestari F. (1990) “Prove Geotecniche in situ” Geograph, Segrate (Italy).
- [Ref10] Clayton C.R.I., Matthews M.C. & Simons N.E. (1995), “Site Investigation” - 2nd Ed.
- [Ref11] D’Appolonia D.J., D’Appolonia E., Brissette R.F. (1970) “Settlement of spread footings on sand”. Journal of The Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 96, No. Sm2, Pp. 754-761.
- [Ref12] Bowles J. “Foundation Analysis and design”, Ed. McGraw-Hill, 1988.
- [Ref13] De Mello V.F.B. (1971) – “The Standard Penetration Test” Proc. 4th Pan American Conf. on Soil Mech. and Foundation Eng.; ASCE, Vol.1.
- [Ref14] Durgunoglu H. T. and Mitchell J. K. “Static Penetration Resistance of Soils”. Proc. ASCE spec. Conf. on In-situ Measurement of soil parameters, ASCE, New York, N.Y., 1, (1975) 151÷171.
- [Ref15] Gibbs H.J. & Holtz W.G. (1957) - “Research on Determining the Density of Sands by Spoon Penetration Testing” - Proc. IV ICSMFE, London.
- [Ref16] Jamiolkowski, M., Ladd, C.C., Germaine, J.T. e Lancellotta, R. (1985) - “New developments in field and laboratory testing of soils”, Proceedings 11th International

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°) <b>12400705873 - 12000367716</b>	ID DOC. (DOC. ID)	REV. <b>0</b>	N° FG. (SH. N.) <b>7</b>	DI (LAST) <b>59</b>
	<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>				

Conference on soil mechanics and foundation engineering, San Francisco, Volume 1, Balkema, Rotterdam, pp. 57-153.

- [Ref17] Jamiolkowski M. et al. (1988) - "New correlations of penetration tests for Design Practice" - ISOPT, Orlando, Vol. 1, pag. 263.
- [Ref18] Kulhawy, F.H & Mayne, P. H. (1990) "Manual on estimating soil properties for foundation design". Electric Power Research Institute, EPRI, August 1990.
- [Ref19] Ladd C.C., Foot R., Ishithara K., Schlosser F., Poulos H.G. (1977) – "Stress-Deformation and Strength Characteristics". SOA Report. Proc. IX ICSMFE; Tokio.
- [Ref20] Liao & Withman (1986). "Overburden correction factors for SPT in sand". Journal of Geotechnical Eng. vol 112 n.3.
- [Ref21] Lunne, T. and H.P. Christophersen (1983) "Interpretation of cone penetration data for offshore sands". Proc. 15th Annual Offshore Technology Conf., Houston, pp. 181-192.
- [Ref22] Lunne T., Robertson P.K., Powell J.J.M. "Cone penetration testing in geotechnical practice" (1997), Blackie Academic & Professional (an imprint of Chapman and Hall).
- [Ref23] Mayne, P.W. and Stewart, H.E. 1988. Pore pressure response of Ko-consolidated clays. Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 114 (11), 1340-1346.
- [Ref24] McGregor, J. A. and J. M. Duncan, (1998) "Performance and Use of the Standard Penetration Test in Geotechnical Engineering Practice", Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [Ref25] Mitchell, J. K; Gardner, W. S. (1975) "In Situ Measurement of Volume Change Characteristics", SOA paper to Session IV, Proc. ASCE Conf. on In Situ Measurement of Soil Properties, Raleigh, N.C.; Vol. II, pp. 279-346.
- [Ref26] NAVFAC-DM 7.1 (1971) - "Soil mechanics, foundations and earth structures – Design Manual". Dept. of the Navy – Naval Facilities Engineering Command.
- [Ref27] NAVFAC-DM 7 (1982) - "Design Manual - Soil mechanics, foundations, and earth structures" Dept. of the navy - Naval Facilities Engineering Command.
- [Ref28] Perez L., Fauriel R. (1988) "Advantages from piezocone application to in-situ tests" Revue Francaise de Geotechnique, 44, pp.13–27.
- [Ref29] Robertson P. K. (2009) "Interpretation of cone penetration tests - a unified approach" in Canadian Geotechnical Journal, 46:(11) pp. 1337-1355.
- [Ref30] Robertson, P.K., and Campanella, R.G. (1983a) "Interpretation of cone penetration tests - Part I (sand)" Canadian Geotechnical Journal, 20(4): 718-733.
- [Ref31] Schmertmann, J. (1977) - "Guidelines for cone penetration test performance and design" Rep. No. FHWA-TS-78-209, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [Ref32] Skempton A.W. (1986) - "Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation" –Geotechnique, Vol. 36, pp. 425÷447.
- [Ref33] Stroud, M.A. (1989) "The Standard Penetration Test-its Application and Interpretation". Institution of Civil Engineers Conference on Penetration Testing, Birmingham, United Kingdom. Thomas Telford, London, pp. 29-49.
- [Ref34] Stroud M.A: & Butler F.G. (1975). "The Standard Penetration Test and the Engineering Properties of Glacial Materials". Proceedings Symposium on the Engineering Behaviour of

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	8	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Glacial Materials, Midland Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Birmingham (UK).

**[Ref35]** Teh C. I., Houlsby G. T. (1991) “An analytical study of the cone penetration test in clay” Geotechnique, 41, 17–34.

**[Ref36]** Terzaghi, K. (1943) “Theoretical soil mechanics” John Wiley & Sons, New York.

**[Ref37]** Terzaghi, K. & Peck, Rb. (1948) “Soil Mechanics in Engineering Practice”, I and II edition, John Wiley, New York. C.R.I. Clayton, M.C: Matthews & N.E. Simons (1995), “Site Investigation” - 2nd Ed.

## 2.3 ABBREVIAZIONI

A = parametro “A” di Skempton;

B = parametro “B” di Skempton;

a = rapporto di area netta del cono;

$c'$  = coesione efficace di picco;

$c_c$  = indice di compressione;

$c_h$  = coefficiente di consolidazione primaria (orizzontale);

CPTU = prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono;

CR = rapporto di compressione;

$c_s$  = indice di rigonfiamento;

CSL = linea di stato critico;

$C_u$  = coefficiente di uniformità;

$c_v$  = coefficiente di consolidazione primaria (verticale);

$D_{10}$  = Diametro del passante al 10% della curva granulometrica;

$D_{60}$  = Diametro del passante al 60% della curva granulometrica;

$D_R$  = densità relativa;

$E'$ ,  $\bar{E}$  = Modulo di deformabilità operativo drenato;

$E'_{50}$  = Modulo di deformabilità drenato e secante al 50% dello stress a rottura;

$E_{u,50}$  = Modulo di deformabilità non drenato e secante al 50% dello stress a rottura;

$E^{ref}$  = Modulo di deformabilità ad una pressione di riferimento standard (valore di default= 100 kPa);

e = indice dei vuoti;

$e_0$  = indice dei vuoti iniziale;


$ER_i$  = Efficienza energetica di un apparato SPT;

$\varepsilon$  (%) = deformazione generica;

FC = contenuto in fini;

$f_s$  = attrito sul manicotto laterale;



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	9	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

$G$  = modulo di taglio operativo;

$G_0$  = modulo di taglio a piccole deformazioni;

$g$  = accelerazione di gravità standard ( $9.81 \text{ m/s}^2$ );

$\gamma$ ,  $\rho$  = peso di volume naturale;

$\gamma'$ ,  $\rho'$  = peso di volume immerso;

$\gamma_d$ ,  $\rho_d$  = densità secca;

$\gamma_w$ ,  $\rho_w$  = densità dell'acqua;

GWL= Livello di falda;

$G_s$  = peso specifico dei grani;

$i$  = gradiente idraulico;

$i_c$  = gradiente idraulico critico;

$K_0$  = coefficiente di spinta a riposo;

$k_v$  = permeabilità verticale;

$k_h$  = permeabilità orizzontale;

LL,  $w_l$  = limite liquido;

$m \text{ slm}$  = metri sul livello del mare;

$M$ ,  $E_{\text{oed}}$  = Modulo di deformabilità confinato (edometrico);

$n$  = porosità;

$\nu$  = coefficiente di Poisson;

$N$ ,  $N_{\text{SPT}}$  = numero di colpi per avanzare un campionatore Raymond negli ultimi  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  piedi;

$N_{(60)}$  =  $N_{\text{SPT}}$  normalizzato all'efficienza energetica;

$N_{1(60)}$ ,  $N'_{(60)}$  =  $N_{\text{SPT}}$  normalizzato all'efficienza energetica ed alla tensione litostatica efficace;

$\varphi'$ ,  $\phi'$  = angolo di resistenza a taglio di picco;

PI,  $I_p$  = indice plastico;

PL,  $w_p$  = limite plastico;

$q_c$  = resistenza di punta del penetrometro statico standard;

$q_t$  = resistenza di punta corretta;

$q_u$  = resistenza a rottura non drenata;

RR = rapporto di ricomprensione;


SCPTU = prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono + cono sismico;

$\sigma$  = tensioni di compressione (segno convenzionalmente positivo);

$\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  = tensioni principali max, media, minima;

$\sigma_N$  = tensione normale;

$\sigma'_1$ ,  $\sigma'_2$ ,  $\sigma'_3$  = tensioni principali efficaci max, media, minima;

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>12400705873 - 12000367716</b>		<b>0</b>	<b>10</b>	<b>59</b>
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

$\sigma_{v0}$  = tensione litostatica totale iniziale;

$\sigma'_{v0}$  = tensione litostatica efficace iniziale;

SPT=standard penetration test;

SR = rapport di rigonfiamento;

$s_u$ ,  $c_u$  = resistenza non drenata di picco;

$\tau$  = tensione tangenziale;

$V_0$ = volume iniziale;


$\Delta V$ = variazione volumetrica;

$u_0$  = pressione dell'acqua dei pori;

$u_2$  = pressione dell'acqua misurata dietro il cono;

$U$  (%) = grado di consolidazione;

$w$  = contenuto gravimetrico in acqua.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	11	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per quanto riguarda gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici si rimanda ai relativi elaborati e in particolare alla relazione geologica; di seguito si sintetizzano alcune informazioni di base.

L'interpretazione dei dati della cartografia geologica e geomorfologica di superficie, unitamente a quelli di profondità (prove penetrometriche e sondaggi a carotaggio disponibili), nonché la disamina dei contenuti degli strumenti di pianificazione e il rilevamento geologico in sito, ha consentito di individuare la seguente litostratigrafia di riferimento per il sito di intervento:

**Unità TV:** terreno vegetale costituito da limo e limo sabbioso deb. ghiaioso, di colore marrone-beige, da scarsamente a mediamente addensato.

**Unità 1a:** argilla e limo argilloso, di colore da grigio-beige a nera, con resti vegetali e materiale organico, poco consistente.

**Unità 1b:** limo sabbioso, di colore da grigio a nero, localmente con resti vegetali e materiale organico, da sciolto a scarsamente addensato.

**Unità 2:** limo sabbioso, con livelli di sabbia limosa, di colore grigio, con frammenti di gusci di bivalvi, mediamente addensato.

**Unità 3:** limo argilloso di colore grigio, poco consistente.


**Unità 4:** limo argilloso di colore grigio, alternato a livelli decimetrici di limo sabbioso, con locali livelli centimetrici ricchi in sostanza organica, poco consistente.

**Unità 5:** sabbia e sabbia limosa medio-fine di colore grigio-nocciola, mediamente addensata.

**Unità 6:** argilla limosa di colore grigio chiaro, da poco a mediamente consistente.

A partire dai 40m circa di profondità fino a 10 m circa da p.c., le sezioni ricostruiscono un modello di sottosuolo costituito da un'alternanza di strati a granulometria fine e grossolana, identificati nelle unità 6,5,4 e 2, che si sviluppano spazialmente in corpi tabulari arealmente estesi di spessore metrico (3÷6 metri) dalla geometria sub orizzontale o leggermente ondulata, con presenza di locali lenti a differente litologia, identificate nell'unità 3 (fine) all'interno dell'unità 2 (grossolana), e nell'unità 2 (grossolana) all'interno dell'unità 4 (fine).

Gli ultimi metri di successione mostrano un corpo di argille torbose identificato nell'unità 1a. Nelle aree interessate dal presente progetto lo spessore è circa pari a 2 m, con l'eccezione dell'angolo Sud-Ovest dell'impianto dove lo strato raggiunge la potenza massima di circa 8 m. Alla base dello strato 1a si assiste al passaggio a sedimenti limosi identificati nell'unità 1b.

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°) <b>12400705873 - 12000367716</b>	ID DOC. (DOC. ID)	REV. <b>0</b>	N° FG. (SH. N.) <b>12</b>	DI (LAST) <b>59</b>
	<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>				

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 4.1 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE 2021-2022

Nel 2021 è stata realizzata una campagna di indagini specificamente programmata per il presente progetto, che ha visto l'esecuzione di:

- n.5 sondaggi a carotaggio continuo, con realizzazione di prove SPT in foro di sondaggio, di cui due attrezzati con tubo piezometrico e uno attrezzato con tubo per Down Hole;
- n.7 prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono, di cui una realizzata con il cono sismico;
- n.5 sondaggi a carotaggio continuo per le analisi ambientali.
- n.5 prove Lefranc eseguite contestualmente alla perforazione dei sondaggi.
- n. 48 campioni prelevati su cui sono state eseguite prove di laboratorio geotecnico.
- n.1 prova sismica attiva di tipo DOWN-HOLE realizzata nel sondaggio S4\_DH.

Per i dettagli di tali indagini si rimanda alla relazione geologica.

### 4.2 LIVELLI PIEZOMETRICI

Per quanto concerne i livelli di falda, è stato attivato un monitoraggio piezometrico. Tutti i risultati ad oggi disponibili sono riportati nella seguente Tabella 1.

**Tabella 1 - Livelli piezometrici registrati al termine delle operazioni di perforazione**


Soggiacenza (m da p.c.)		
Data	S1-PZ	S5-PZ
10/02/2022	1.40	1.65

### 4.3 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE 2016

Nel 2016 è stata realizzata una campagna di indagini finalizzata alla redazione della Relazione Geologica del Dott. Romagnoli, nel contesto dei lavori di ampliamento dell'impianto di depurazione, che ha visto l'esecuzione di:

- n.2 sondaggi a carotaggio continuo, con realizzazione di prove SPT in foro di sondaggio; entrambi successivamente sono stati attrezzati con piezometri Casagrande;
- n.6 prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono, di cui due realizzate con il cono sismico;
- n. 7 campioni su cui sono state eseguite prove di laboratorio geotecnico.

Per i dettagli di tali indagini si rimanda alla relazione geologica.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	13	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

#### 4.4 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREDECENTI

Nel 2011 è stata realizzata una campagna di indagini, che ha visto l'esecuzione di:

- n.1 prove penetrometriche con punta elettrica.

Nel 2005 è stata realizzata una campagna di indagini, che ha visto l'esecuzione di:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo, con esecuzione di n.5 prove SPT in corso di perforazione;
- n.9 campioni per le analisi di laboratorio geotecnico.

Nel 2002 è stata realizzata una campagna di indagini, che ha visto l'esecuzione di:

- n.2 prove penetrometriche con punta meccanica.

Per i dettagli di tali indagini si rimanda alla relazione geologica.

**Figura 3 - Ubicazione delle prove geognostiche (scala grafica)**

INDAGINI ESISTENTI

- ▼ CPT 2011
- ▼ CPTU/SCPTU 2016 (Elletipi)
- CAROTAGGIO 2016 (Elletipi)
- CAROTAGGIO 2005 (Elletipi)
- ▼ CPT 2002 (Chili)

INDAGINI 2021-2022

- CAROTAGGIO (PZ=strumentato con piezometro, DH=strumentato con tubo per prova DH)
- ▼ CPTU prova penetrometrica statica con piezocono  
SCPTU prova penetrometrica statica con sismocono
- CAROTAGGIO per analisi ambientali





	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°) <b>12400705873 - 12000367716</b>	ID DOC. (DOC. ID)	REV. <b>0</b>	N° FG. (SH. N.) <b>14</b>	DI (LAST) <b>59</b>
	<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>				

## 5 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La caratterizzazione geotecnica dei depositi presenti lungo il tracciato in progetto, si basa sull'interpretazione delle prove geotecniche in sito e di laboratorio condotte nelle campagne indagini del 2016 e del 2021-2022 riportate nel dettaglio al precedente capitolo e nella relazione geologica ovvero:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati;
- prove penetrometriche statiche (CPT), con misura della resistenza di punta  $q_c$ , dell'attrito laterale  $f_s$ ;
- prove con piezocono sismico (SCPTU), con misura della resistenza di punta  $q_c$ , dell'attrito laterale  $f_s$  e della pressione interstiziale  $U$ , e determinazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ ;
- prove di laboratorio geotecnico di classificazione e di resistenza sui campioni indisturbati prelevati nei fori di sondaggio.

Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica i depositi sono stati suddivisi nelle unità litostratigrafiche:

**Unità TV:** terreno vegetale costituito da limo e limo sabbioso deb. ghiaioso, di colore marrone-beige, da scarsamente a mediamente addensato.

**Unità 1a:** argilla e limo argilloso, di colore da grigio-beige a nera, con resti vegetali e materiale organico, poco consistente.

**Unità 1b:** limo sabbioso, di colore da grigio a nero, localmente con resti vegetali e materiale organico, da sciolto a scarsamente addensato.

**Unità 2:** limo sabbioso, con livelli di sabbia limosa, di colore grigio, con frammenti di gusci di bivalvi, mediamente addensato.

**Unità 3:** limo argilloso di colore grigio, poco consistente.

**Unità 4:** limo argilloso di colore grigio, alternato a livelli decimetrici di limo sabbioso, con locali livelli centimetrici ricchi in sostanza organica, poco consistente.

**Unità 5:** sabbia e sabbia limosa medio-fine di colore grigio-nocciola, mediamente addensata.


**Unità 6:** argilla limosa di colore grigio chiaro, da poco a mediamente consistente.

I criteri adottati per l'interpretazione delle risultanze in sito e di laboratorio sono illustrati nei due paragrafi seguenti; in particolare:

1. nel paragrafo 5.2 sono riportati i criteri adottati per i materiali incoerenti – unità 1b, 2 e 5;
2. paragrafo 5.3 sono indicati i criteri utilizzati per i materiali coesivi – unità 1a, 3, 4 e 6;

L'individuazione del tipo di terreno, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, è fatta principalmente sulla base:

- della descrizione stratigrafica dei sondaggi;
- delle prove di classificazione sui campioni indisturbati;
- dell'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT e con piezocono sismico SCPTU.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	15	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

L'interpretazione delle prove CPT e SCPTU è stata condotta con correlazioni presenti in letteratura. Vengono considerate quelle specifiche per terreni come quelli riscontrati in sito.

## 5.1 INDIVIDUAZIONE LITOLOGIA DA PROVE PENETROMETRICHE (CPT E SCPTU)

Tipicamente per determinare la stratigrafia si legano i parametri ottenuti con la punta penetrometrica (resistenza alla punta  $q_c$ , attrito laterale  $f_s$ , sovrappressione neutra  $u_2$ ) alle varie tipologie di terreno.

Di recente da Robertson (2009) è stato proposto un miglioramento alle più usuali carte di classificazione, dove si utilizza la carta di classificazione normalizzata di Robertson (1990), in cui sull'asse delle ascisse si riportano i valori del Rapporto di Frizione normalizzato  $F_r$ , mentre sull'asse dell'ordinate sono presenti i valori della Resistenza alla punta normalizzata  $Q_{tn}$  (Figura 4):

$$F_r = \frac{f_s}{q_t \cdot \sigma_{v0}} \cdot 100$$

$$Q_{tn} = \left( \frac{q_t - \sigma_{v0}}{p_a} \right) \cdot \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

dove:

- $\left( \frac{q_t - \sigma_{v0}}{p_a} \right)$  resistenza alla punta adimensionalizzata;
- $\left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$  fattore di tensione normalizzato;
- $p_a$  pressione atmosferica (nelle stesse unità di misura di  $q_t$ ,  $\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$ );
- $n$  esponente di tensione che varia a seconda della tipologia di terreno ( $n \leq 1$ ).

Attraverso studi sulla meccanica dello stato critico, Been & Jefferies (2006) ricavarono la seguente espressione per la determinazione dell'esponente di tensione:


$$n = 0.381 \cdot I_c + 0.05 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} - 0.15 \quad \text{con} \quad n \leq 1.0$$

dove:

$I_c$  è l'indice di comportamento del terreno proposto da Robertson & Wride (1998) ed utilizzato per rappresentare le zone in cui viene suddivisa la carta di classificazione (Figura 4 e Tabella 2):

$$I_c = \sqrt{(3.47 - \log(Q_{tn}))^2 + (\log(F_r) + 1.22)^2}$$

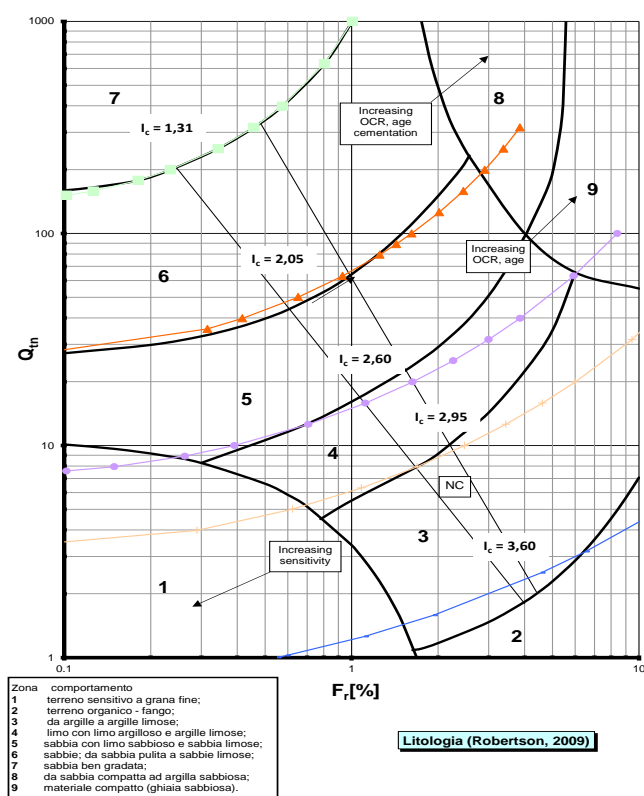
Il metodo di classificazione risulta di tipo iterativo.


	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	16	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

**Tabella 2 - Caratterizzazione del terreno secondo l'indice del comportamento del terreno,  $I_c$**

$I_c < 1.31$	<b>Zona 7:</b> Sabbia ben gradata
$1.31 \leq I_c < 2.05$	<b>Zona 6:</b> Sabbie; da sabbia pulita a sabbie limose
$2.05 \leq I_c < 2.60$	<b>Zona 5:</b> Sabbia con limo sabbioso e sabbie limose
$2.60 \leq I_c < 2.95$	<b>Zona 4:</b> Limo con limo argilloso e argille limose
$2.95 \leq I_c < 3.60$	<b>Zona 3:</b> Da argille ad argille limose
$I_c \geq 3.60$	<b>Zona 2:</b> Terreno organico

**Figura 4 - Carta di classificazione dei terreni normalizzata (Robertson, 2009)**



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	17	59
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 5.2 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE PER I TERRENI INCOERENTI

Di seguito si riportano i criteri di caratterizzazione delle unità a comportamento incoerente. In particolare, le unità interessate sono:

- Unità 1b
- Unità 2
- Unità 5

### 5.2.1 PARAMETRI FISICI

Da prove di laboratorio sono stati ricavati i principali parametri fisici delle varie unità stratigrafiche presenti nella zona in esame.

### 5.2.2 DENSITÀ RELATIVA $D_r$

La densità relativa ( $D_r$ ) viene ricavata:

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche CPT e SCPTU mediante la seguente correlazione proposta da Jamiolkowski 1958:

$$D_r(\%) = 68 \left[ \log \left( \frac{q_c}{\sqrt{p_a \cdot \sigma'_{vo}}} \right) - 1 \right]$$

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT mediante la seguente correlazione proposta da Skempton (1986):

$$D_R^2 = N_{(60)} / (a + b \cdot \sigma'_v) \quad [\text{Skempton, 1986}]$$

dove:

**Tabella 3 – Parametri “a” e “b” secondo Skempton**

Soil type	a	b
NC sabbia fine	27.5	27.5
NC sabbia media	43.3	21.7
OC sabbia media	24.7	$35.3 \cdot \frac{[1 + 2 \cdot k_0(OC)]}{[1 + 2 \cdot k_0(NC)]}$ where $k_0(OC) = k_0(NC) \cdot \sqrt{OCR}$


- I parametri **a** and **b** assunti sono quelli relative alle sabbie fini NC

### 5.2.3 ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO $\phi'$

L'angolo d'attrito di picco ( $\phi'$ ) viene ricavato:

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche CPT e SCPTU mediante la seguente correlazione di Dorgunoglu, 1975:

$$\phi = 14.4 + 4.8 \cdot \ln(q_c) - 4.5 \cdot \sigma'_v$$

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	18	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT mediante la seguente correlazione di Schmertmann (1977):

$$\phi' [^\circ] = 28 + 0.14 \cdot D_R \quad \text{per sabbia fine uniforme}$$

$$\phi' [^\circ] = 31.5 + 0.115 \cdot D_R \quad \text{per sabbia media uniforme}$$

$$\phi' [^\circ] = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \quad \text{per sabbia grossa uniforme}$$

$$\phi' [^\circ] = 38 + 0.08 \cdot D_R \quad \text{per ghiaie}$$

È stata applicata la correlazione relativa alle sabbie fini.

#### 5.2.4 MODULI DI DEFORMABILITÀ OPERATIVI

Il modulo edometrico per gli strati incoerenti viene ricavato:

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche CPT e SCPTU mediante la seguente correlazione di Lunne e Christophersen, 1983:

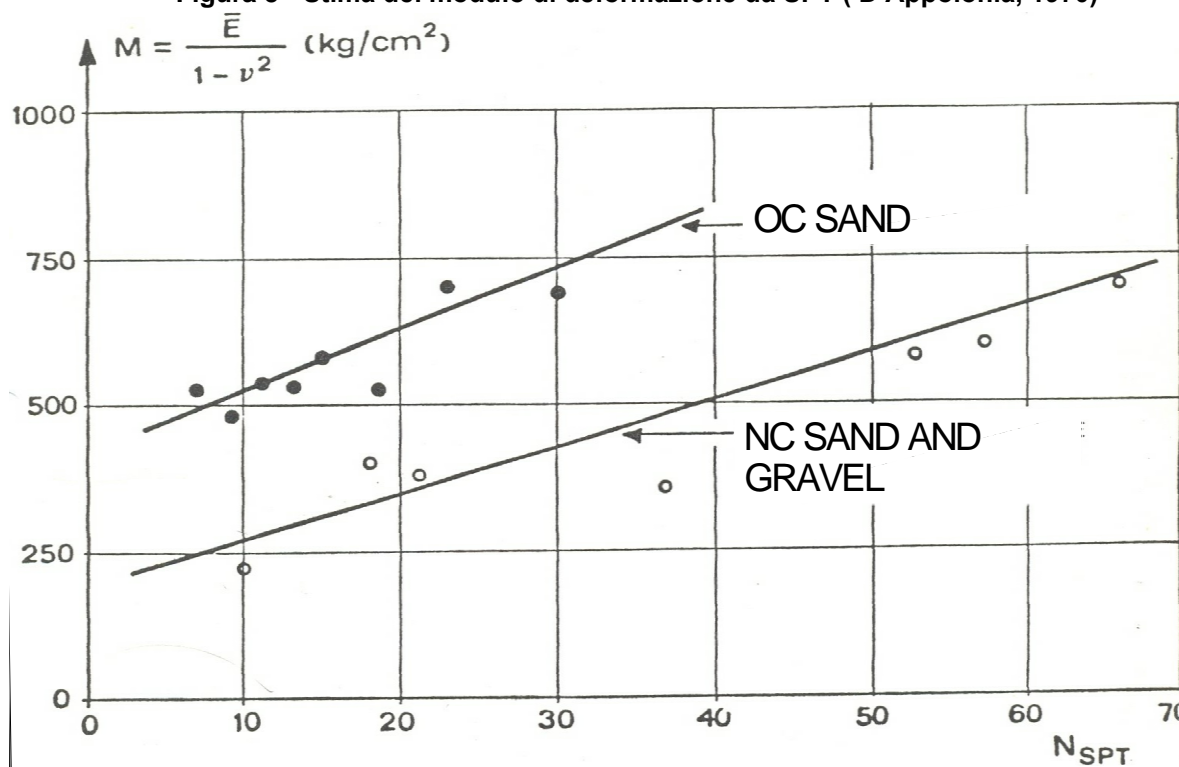
$$E_d(\text{MPa}) = 4q_c \text{ per } q_c > 10 \text{ MPa}$$

$$E_d(\text{MPa}) = 2q_c + 20 \text{ per } 10 \text{ MPa} < q_c < 50 \text{ MPa}$$


$$E_d(\text{MPa}) = 120 \text{ per } q_c > 50 \text{ MPa}$$

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT mediante la seguente correlazione di D'Appolonia (1971)

Figura 5 - Stima del modulo di deformazione da SPT ( D'Appolonia, 1970)





	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°) <b>12400705873 - 12000367716</b>	ID DOC. (DOC. ID)	REV. <b>0</b>	N° FG. (SH. N.) <b>19</b>	DI (LAST) <b>59</b>
	<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>				

### 5.2.5 COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (K)

La permeabilità è stata stimata a partire dai risultati:

- delle prove CPT e SCPTU sulla base del Soil Behavior Type normalizzato SBTn con riferimento a quanto riportato nella seguente Tabella 4.


**Tabella 4 - Stima del coefficiente di permeabilità del terreno (k) a partire da  $I_c$  (SBTn chart, Roberston 2010)**

SBT Zone	SBT	Range of $k$ (m/s)	$SBT_n I_c$
1	Sensitive fine-grained	$3 \times 10^{-10}$ to $3 \times 10^{-8}$	NA
2	Organic soils - clay	$1 \times 10^{-10}$ to $1 \times 10^{-8}$	$I_c > 3.60$
3	Clay	$1 \times 10^{-10}$ to $1 \times 10^{-9}$	$2.95 < I_c < 3.60$
4	Silt mixture	$3 \times 10^{-9}$ to $1 \times 10^{-7}$	$2.60 < I_c < 2.95$
5	Sand mixture	$1 \times 10^{-7}$ to $1 \times 10^{-5}$	$2.05 < I_c < 2.60$
6	Sand	$1 \times 10^{-5}$ to $1 \times 10^{-3}$	$1.31 < I_c < 2.05$
7	Dense sand to gravelly sand	$1 \times 10^{-3}$ to 1	$I_c < 1.31$
8	*Very dense/ stiff soil	$1 \times 10^{-8}$ to $1 \times 10^{-3}$	NA
9	*Very stiff fine-grained soil	$1 \times 10^{-9}$ to $1 \times 10^{-7}$	NA

*\*Overconsolidated and/or cemented*

Con riferimento alla precedente tabella le correlazioni medie tra il coefficiente di permeabilità (k) e l'indice di comportamento del terreno ( $I_c$ ) possono essere così ricavate:

- Con  $1.00 \leq I_c \leq 3.27$   $k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$  [m/s]
- Con  $3.27 < I_c < 4.00$   $k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$  [m/s]
- delle prove Lefranc eseguite contestualmente alla perforazione dei sondaggi.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	20	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

### 5.3 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE PER I TERRENI COESIVI

Di seguito si riportano i criteri di caratterizzazione delle unità a comportamento coesivo. In particolare, le unità interessate sono:

- Unità 1a;
- Unità 3;
- Unità 4;
- Unità 6.

#### 5.3.1 PARAMETRI FISICI

Da prove di laboratorio sono stati ricavati i principali parametri fisici delle varie unità stratigrafiche presenti nella zona in esame.

#### 5.3.2 RESISTENZA NON DRENATA $C_u$

La resistenza al taglio non drenata  $C_u$  dei terreni limoso-argillosi saturi è valutata facendo riferimento:

- all'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT e con piezocono sismico SCPTU;
- all'interpretazione delle prove con pocket penetrometer e vane test sulle carote estratte dai sondaggi.

#### 5.3.3 VALUTAZIONE DI $C_u$ DA PROVE PENETROMETRICHE CPT E SCPTU

La determinazione di  $C_u$  da prove penetrometriche statiche può essere effettuata attraverso la seguente relazione empirica (Lunne T., Kleven A., 1981):

$$c_u = \frac{(q_t - \sigma_{v0})}{N_k}$$

Con:

- $q_t$ , resistenza al cono corretta;
- $\sigma_{v0}$  tensione litostatica totale;
- $N_k$  fattore con valori compresi fra 11 e 19.

#### 5.3.4 PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA ( $c'$ e $\phi'$ )

Sono state eseguite delle prove di taglio diretto consolidate e drenate grazie alle quali è possibile ricavare i parametri coesione  $c$  e angolo d'attrito  $\phi$ , rappresentati nel diagramma degli sforzi  $\sigma_n$  -  $\tau$  rispettivamente come ordinata all'origine e pendenza della retta di equazione  $\tau_f = c + \sigma_n \tan \phi$ .

#### 5.3.5 RAPPORTO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR

Il grado di sovraconsolidazione viene ricavato applicando le correlazioni di Ladd (1972) riportate in forma grafica nel seguente diagramma.


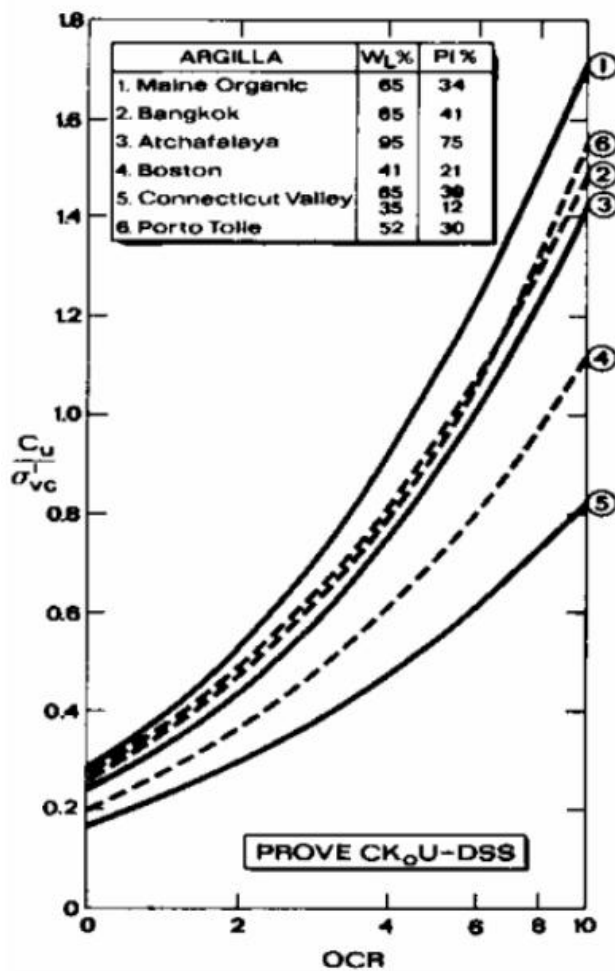

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	21	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Figura 6 - Correlazione tra OCR e  $C_u$  (Ladd 1972)



$$\frac{c_u(OC)}{\sigma'_v} = \frac{c_u(NC)}{\sigma'_v} \cdot OCR^m$$

Dove  $m$  = parametro sperimentale, che vale tipicamente 0,8.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	22	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

### 5.3.6 MODULO DI DEFORMAZIONE CONFINATO M

Il modulo di deformazione confinato (M) viene stimato a partire dai risultati:

- delle prove CPT e SCPTU mediante la seguente correlazione Mitchell e Gardner, 1975:

$$M = \alpha \cdot q_c$$

dove  $\alpha$  è scelto in funzione del valore di  $q_c$  come riportato nella seguente figura:

**Figura 7 - Correlazione tra  $\alpha$  e  $q_c$  (Mitchell e Gardner, 1975)**

$M = \frac{1}{m_v} = \frac{2,3 \cdot (1+e) \cdot \sigma'_v}{C_c} = \alpha \cdot q_c$		
Argille di bassa plasticità (CL)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 8$
	$0,7 < q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 5$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 2,5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 6$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 3$
Argille e limi di elevata plasticità (CH, MH)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$q_c < 1,2 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 8$
Torbe e argille organiche (P, OH)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$1,5 < \alpha < 4$
	$50 < w^* < 100$	$1 < \alpha < 1,5$
	$100 < w < 200$	$1 < \alpha < 1,5$
	$w > 200$	$0,4 < \alpha < 1$

\*w = contenuto in acqua (%)

- delle prove edometriche eseguite sui campioni in laboratorio.

### 5.3.7 COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ K

La stima del coefficiente di permeabilità (k) è condotta a partire da:

- risultati delle prove CPT e SCPTU sulla base della correlazione con l'indice di comportamento del terreno ( $I_c$ ) descritta la precedente paragrafo 5.2.5
- Le prove di dissipazione.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	23	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6 PARAMETRI GEOTECNICI OTTENUTI

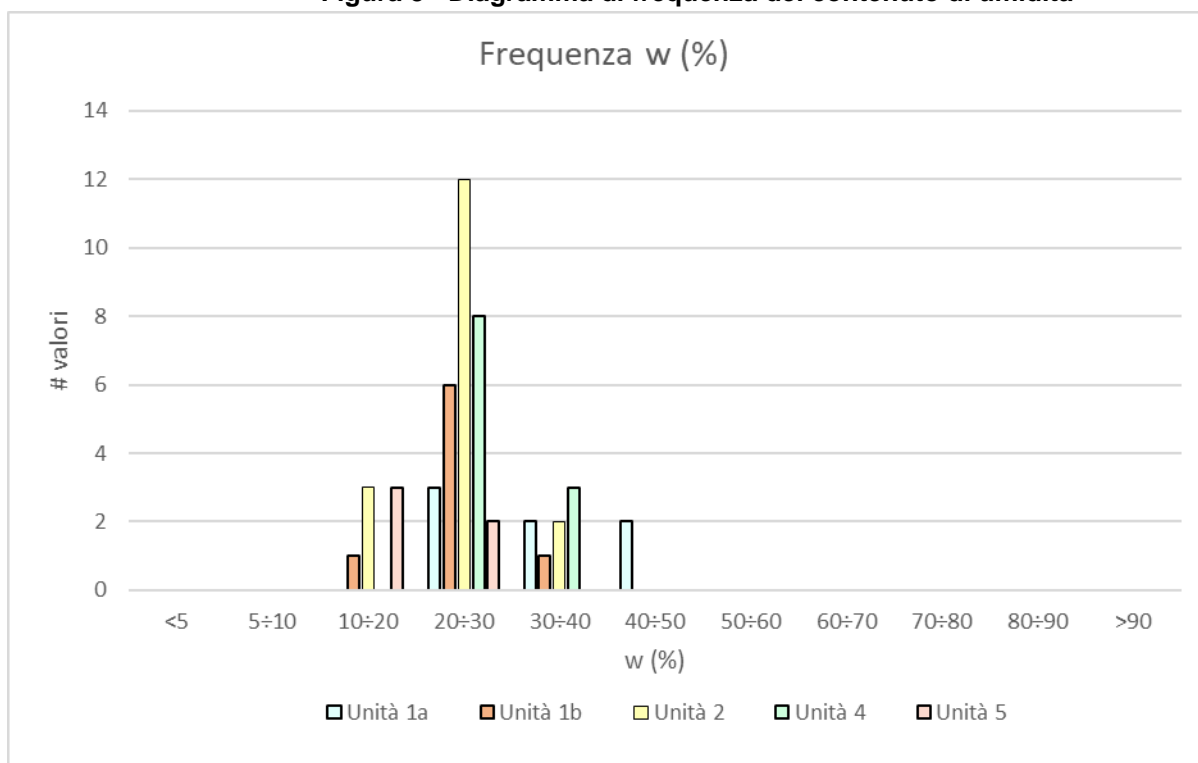
Si riportano nella parte iniziale del capitolo i parametri fisici del terreno per ognuna delle Unità, successivamente i principali parametri di resistenza e di deformabilità delle Unità incoerenti e a seguire quelli delle Unità coesive. I risultati dell'interpretazione delle varie indagini sono riportati sia con istogrammi, sia con grafici lungo la profondità indagata.

### 6.1 PARAMETRI FISICI


I principali parametri fisici del terreno sono stati ricavati dalle prove di laboratorio.

#### 6.1.1 UMITÀ W

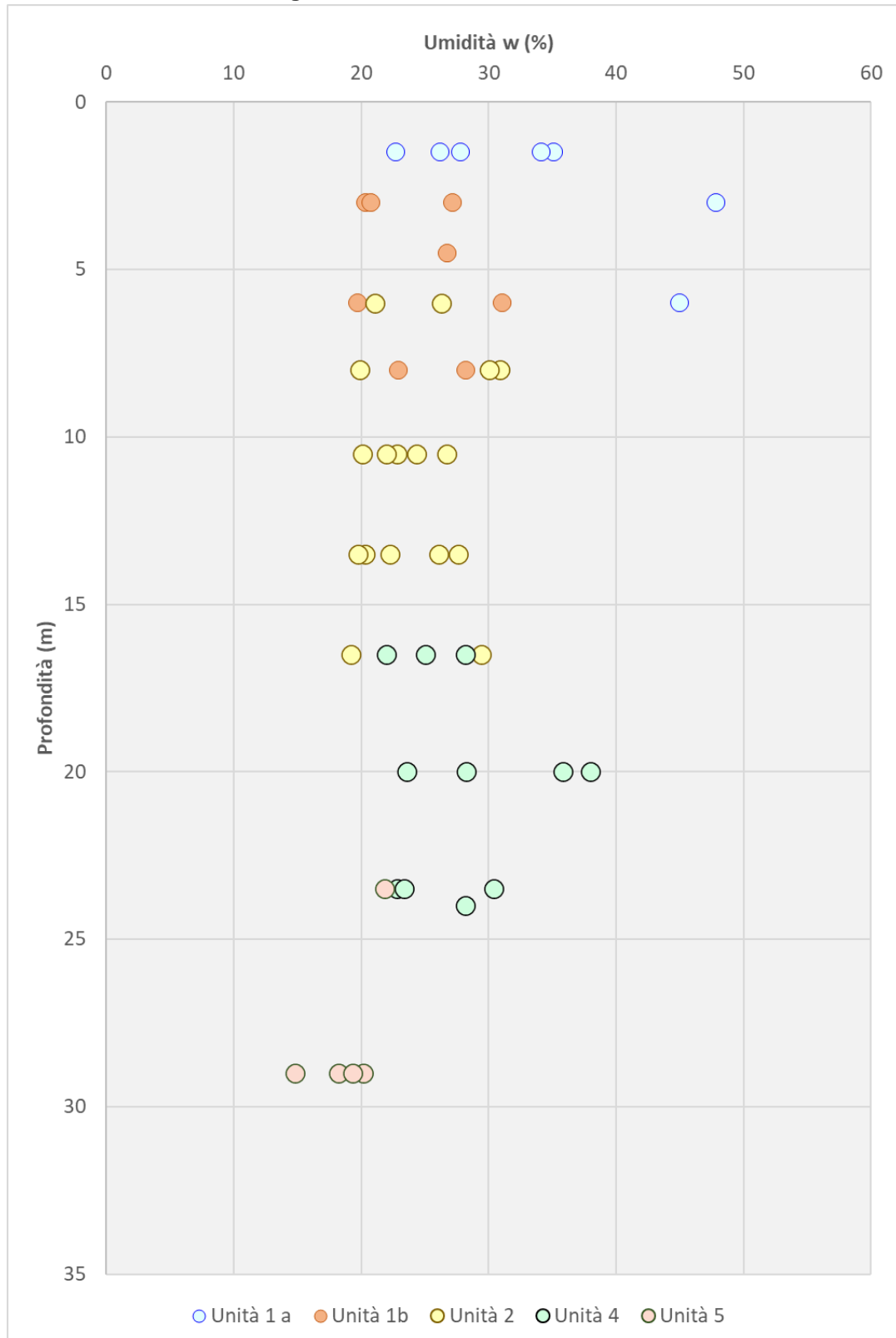
**Figura 8 - Diagramma di frequenza del contenuto di umidità**






	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	24	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

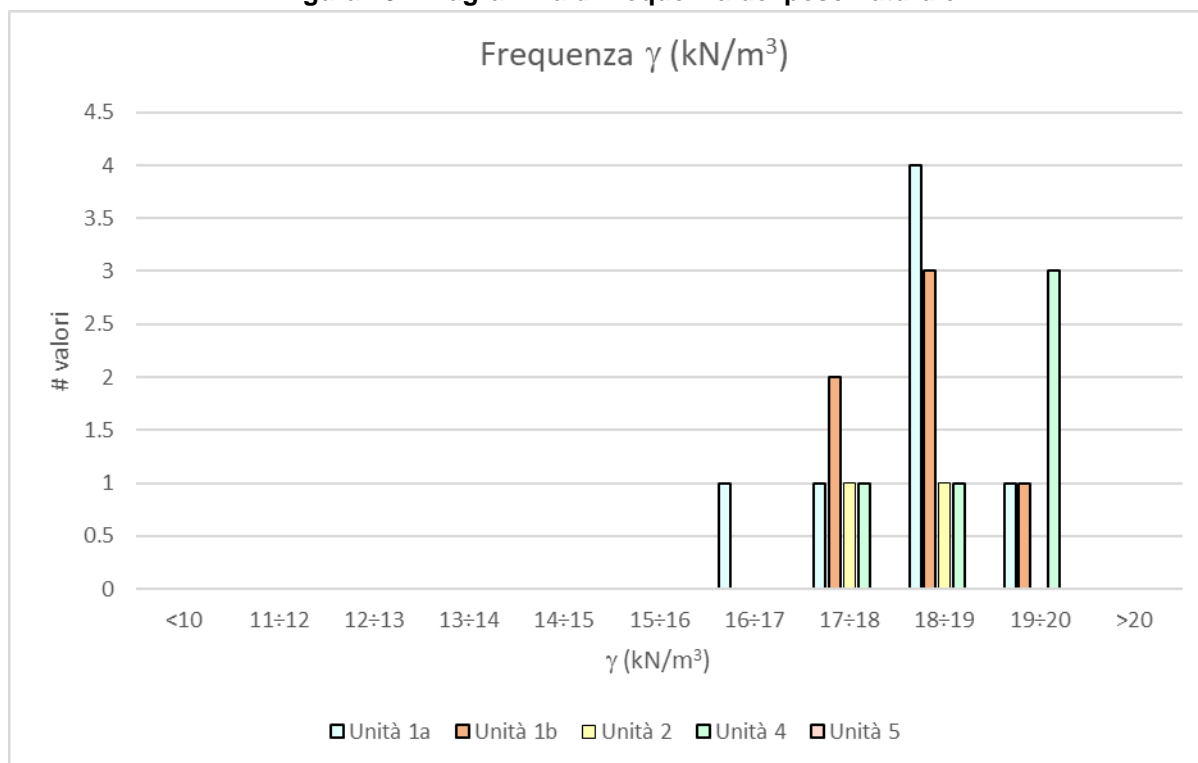
**Figura 9 - Andamento del contenuto di umidità**




	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	25	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

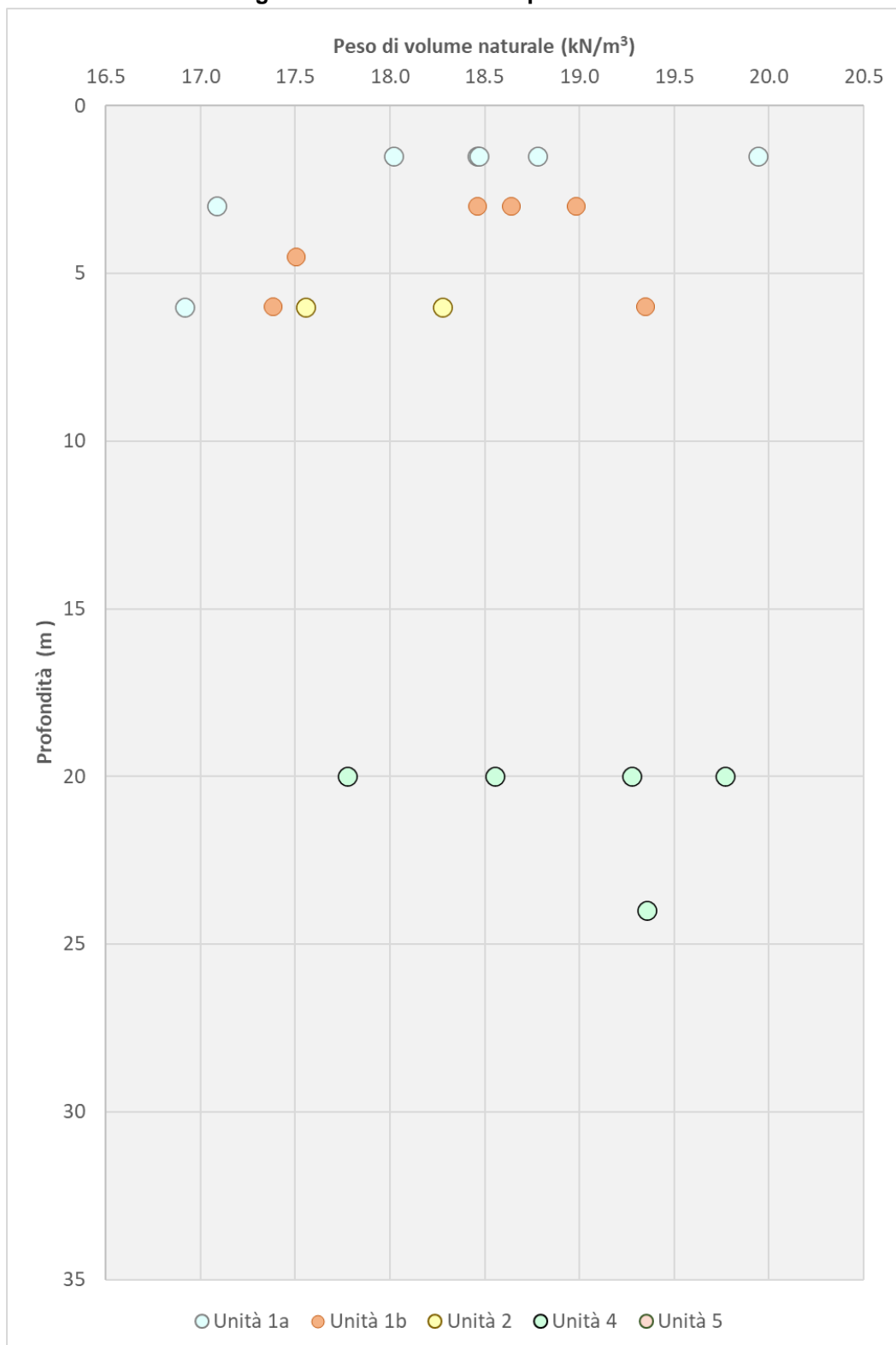
## 6.1.2 PESO DI VOLUME NATURALE


Figura 10 - Diagramma di frequenza del peso naturale



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	26	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

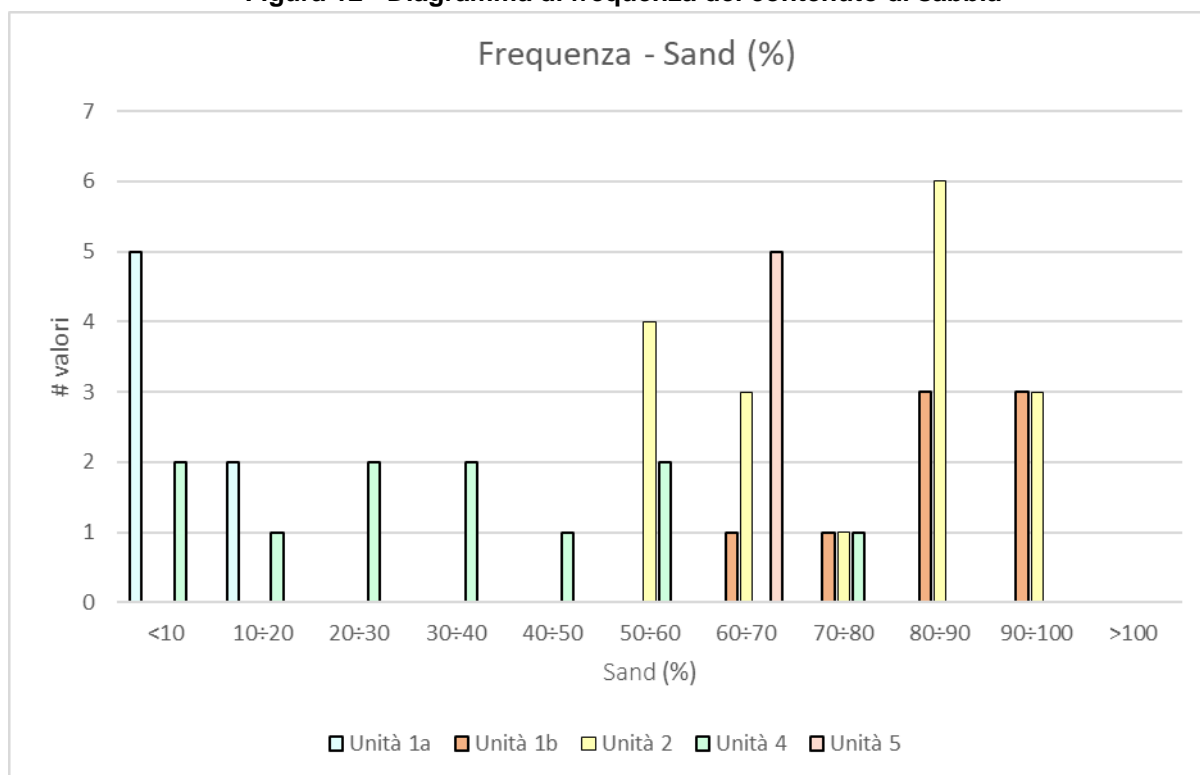
**Figura 11 - Andamento del peso naturale**




	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	27	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

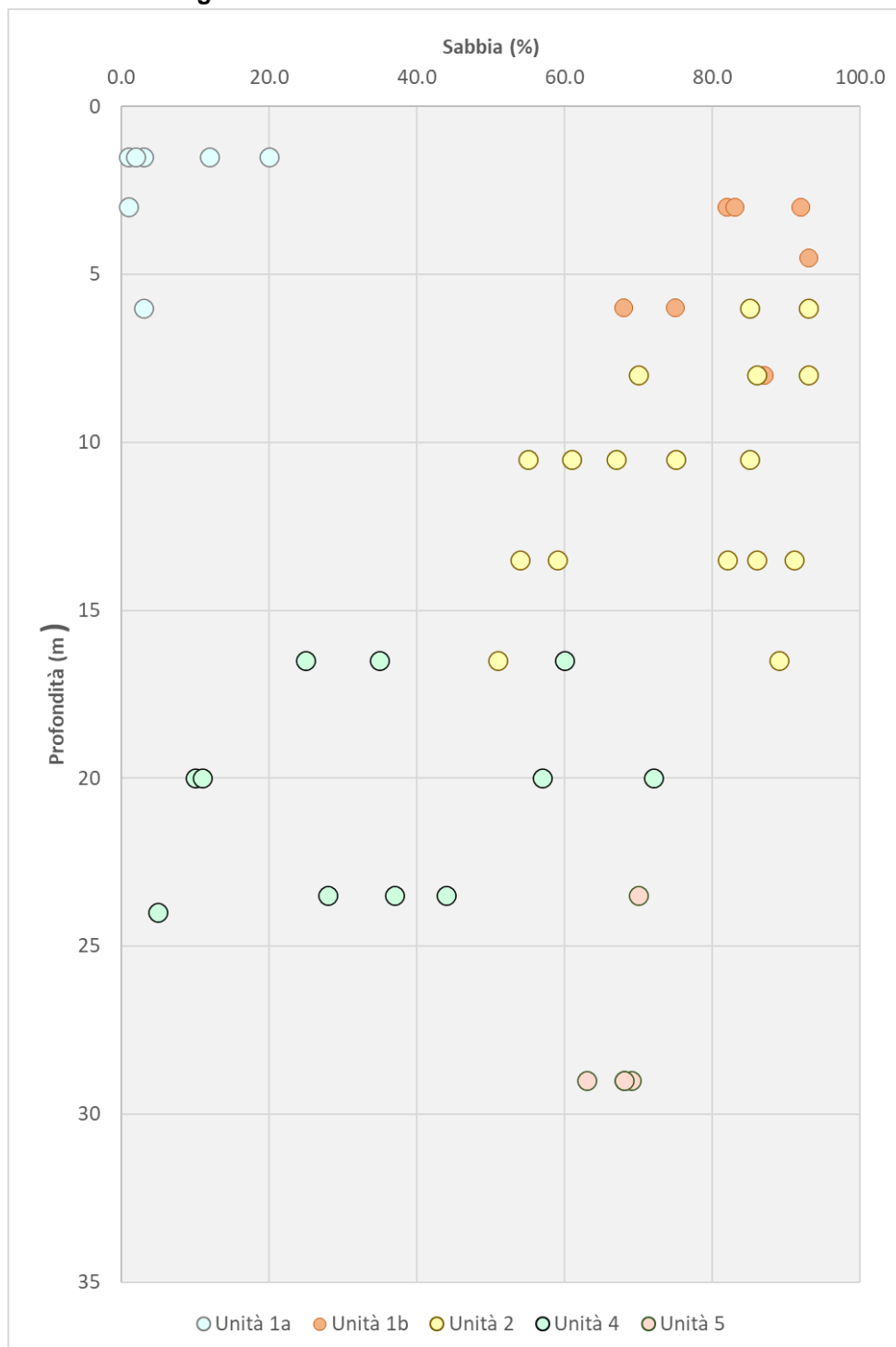
### 6.1.3 CONTENUTO DI SABBIA

Figura 12 - Diagramma di frequenza del contenuto di sabbia




	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	28	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

**Figura 13 - Andamento del contenuto di sabbia**

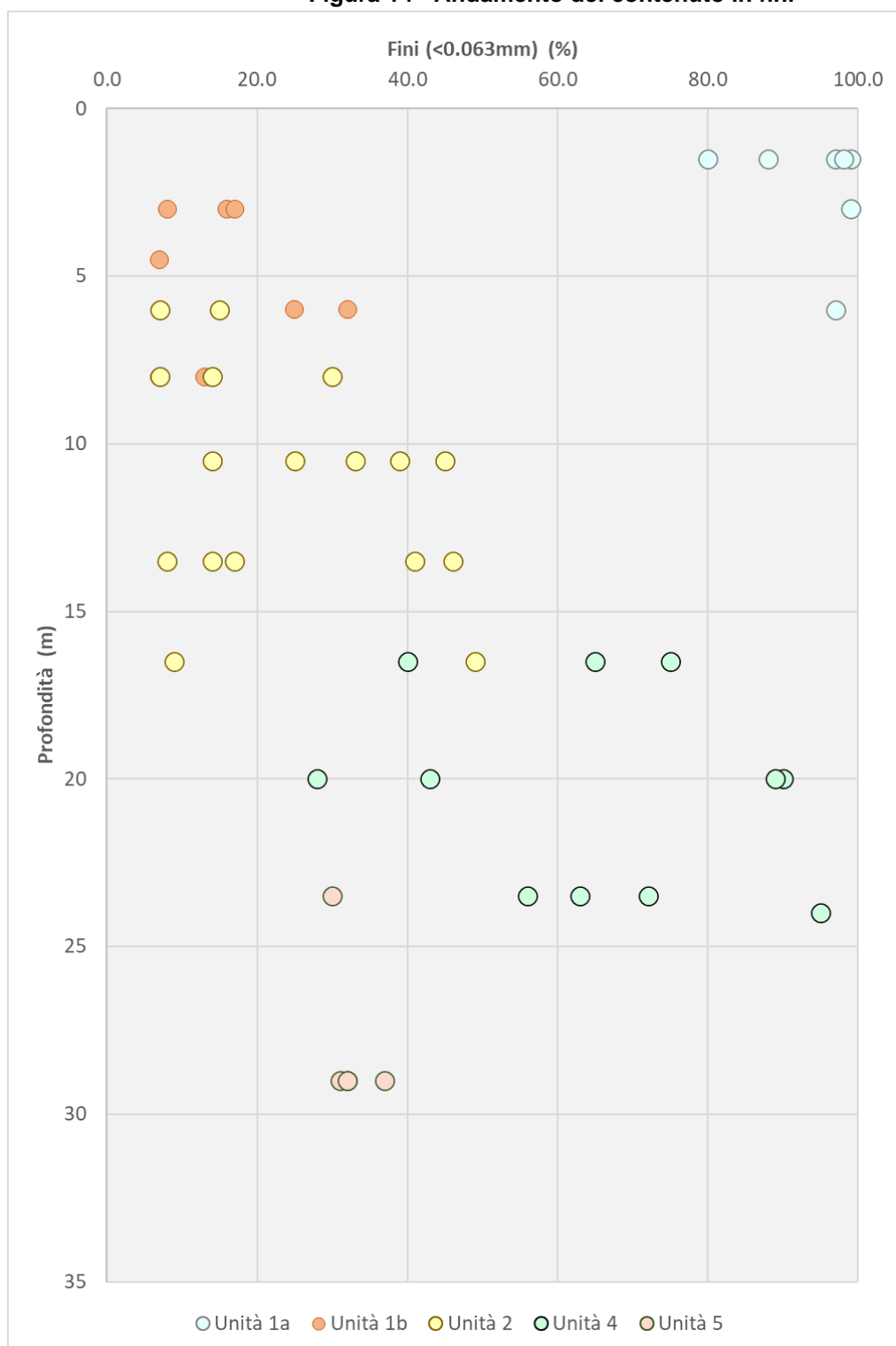





	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	29	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

#### 6.1.4 CONTENUTO IN FINI

Figura 14 - Andamento del contenuto in fini



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	12400705873 - 12000367716		0	30
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>				

## 6.1.5 PLASTICITÀ E LIMITI DI ATTERBERG

Figura 15 - Diagramma di frequenza dell'indice plastico PI

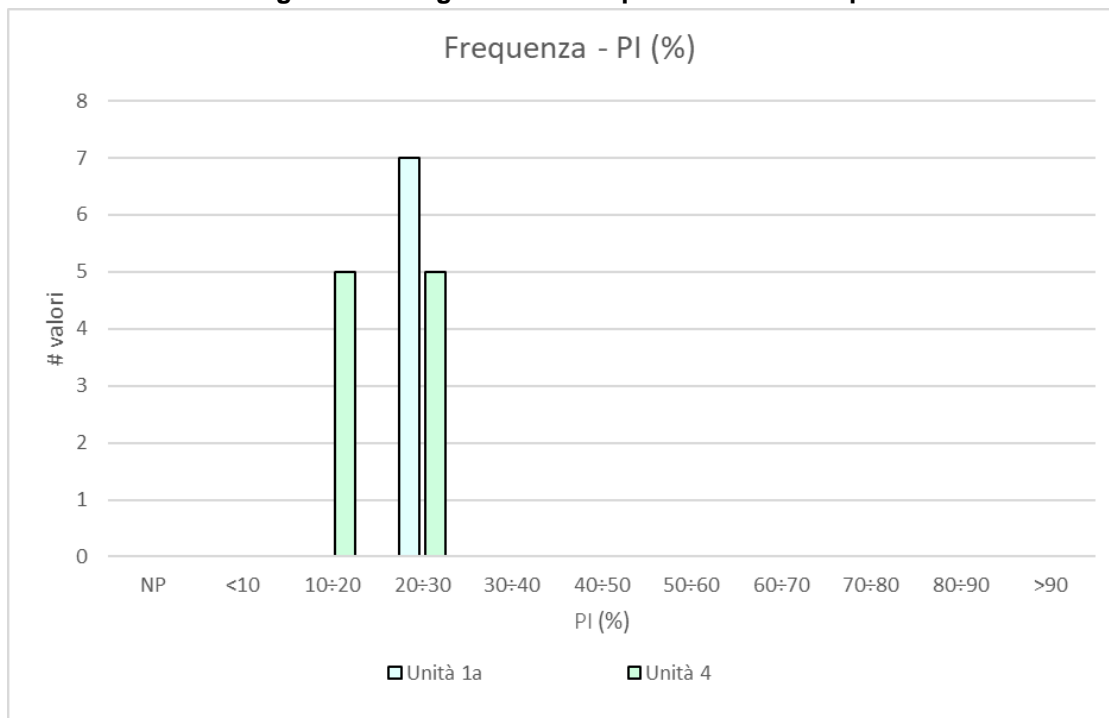
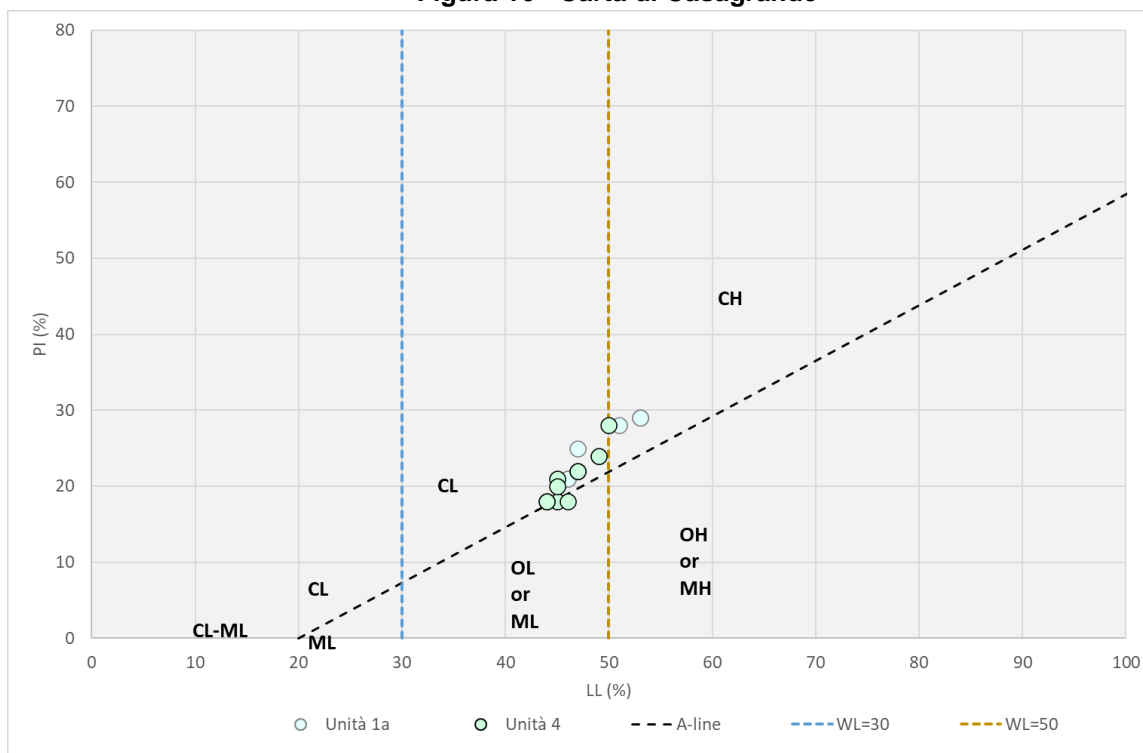

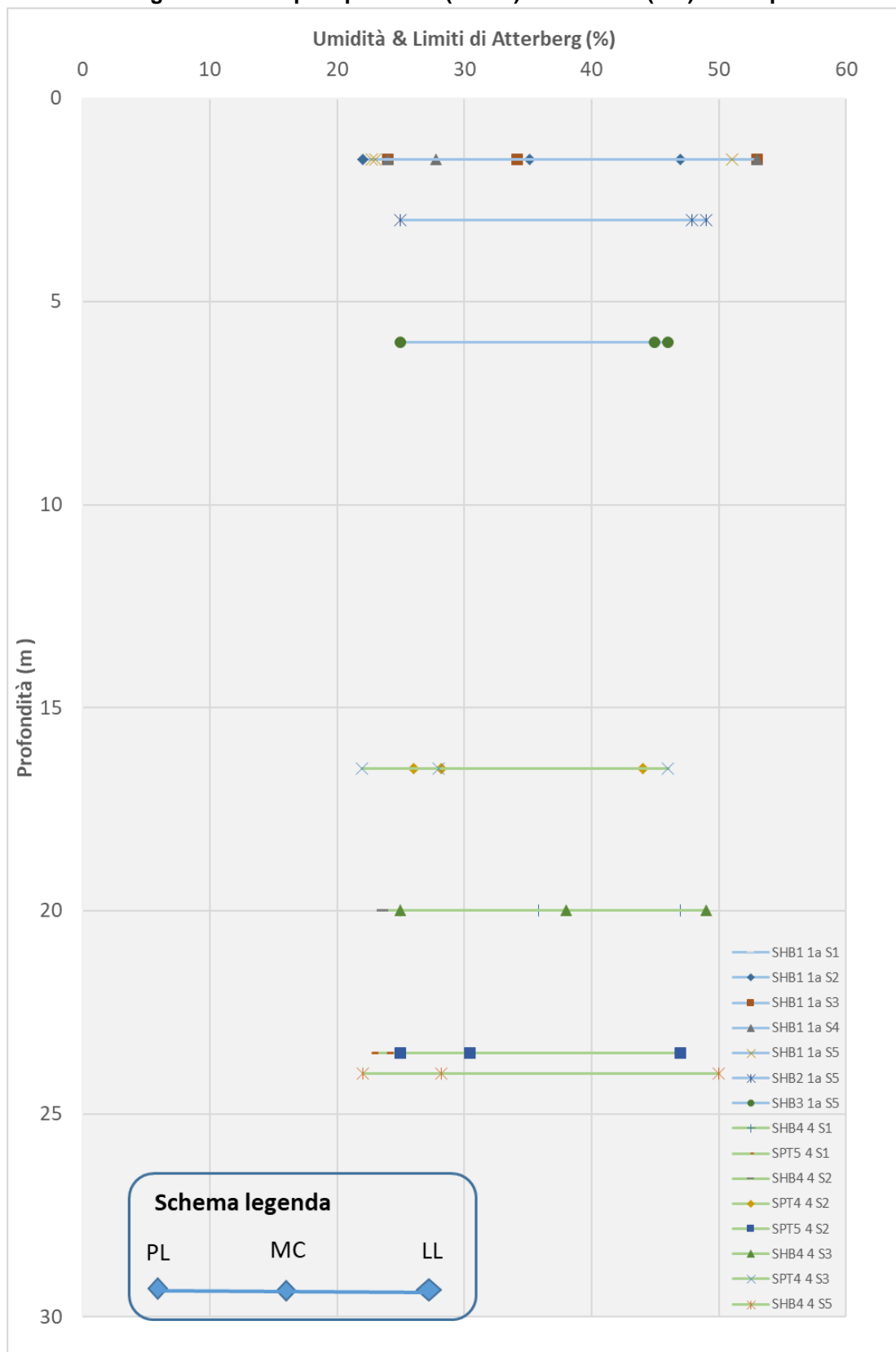



Figura 16 - Carta di Casagrande



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	31	59
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

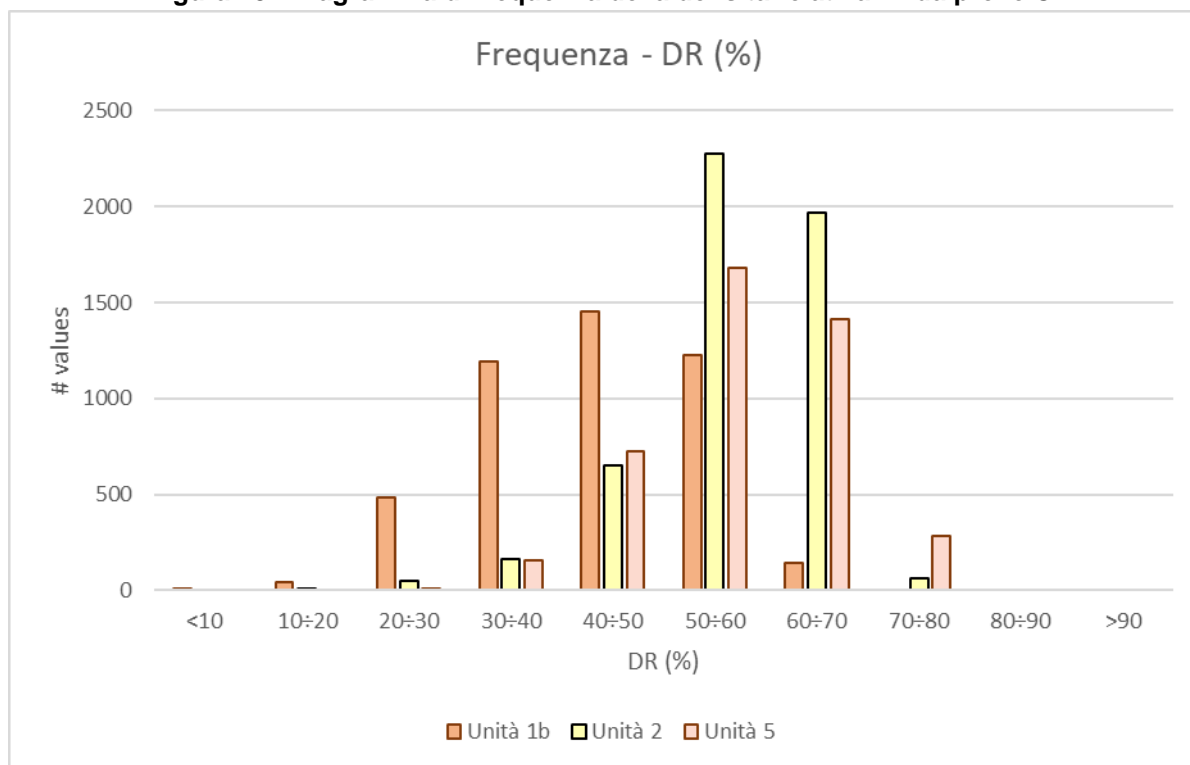
**Figura 17 - Campi di plasticità (PL-LL) vs. umidità (MC) con la profondità**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	32	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6.2 DENSITÀ RELATIVA

Figura 18 - Diagramma di frequenza della densità relativa Dr da prove CPT




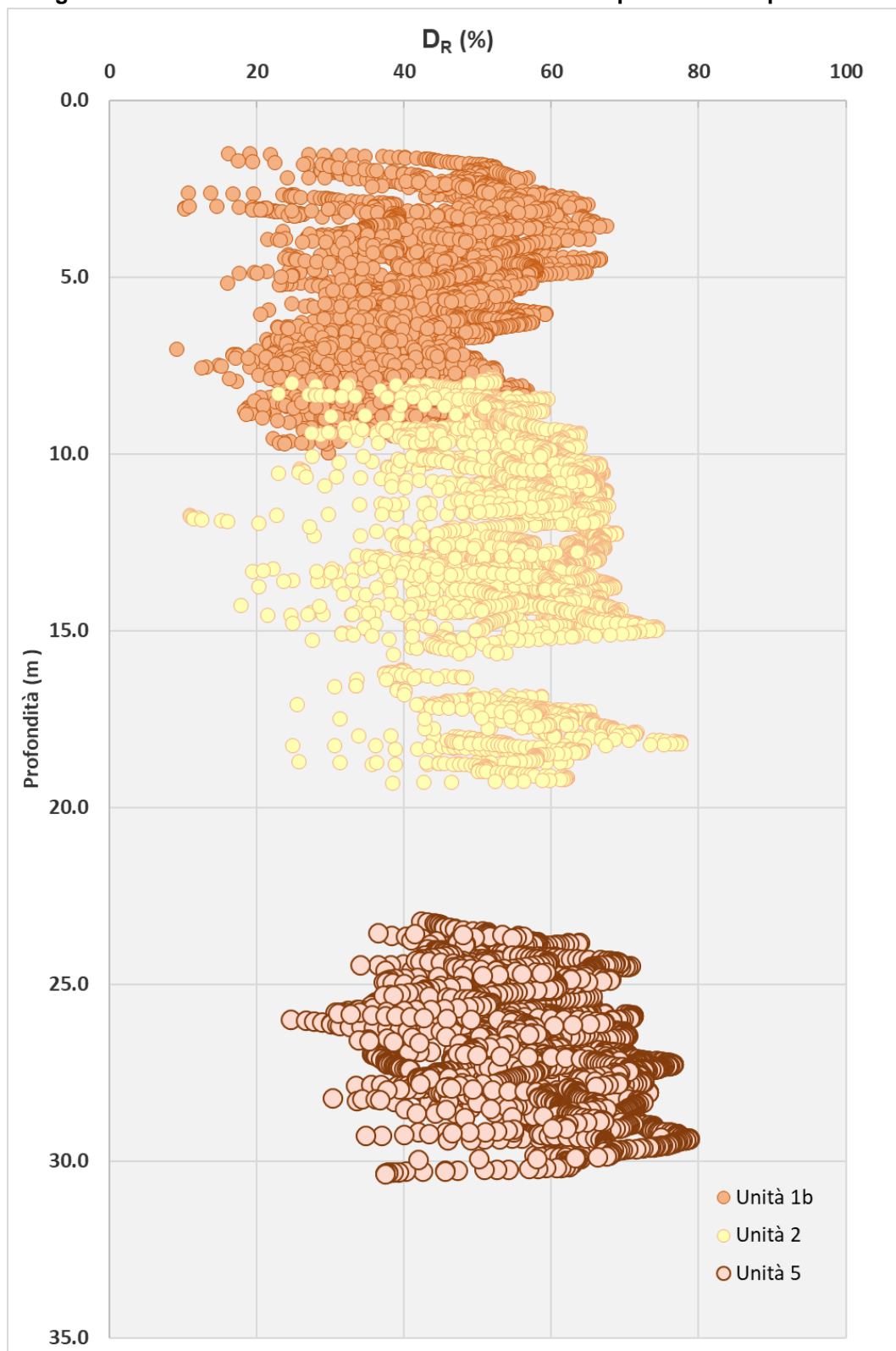

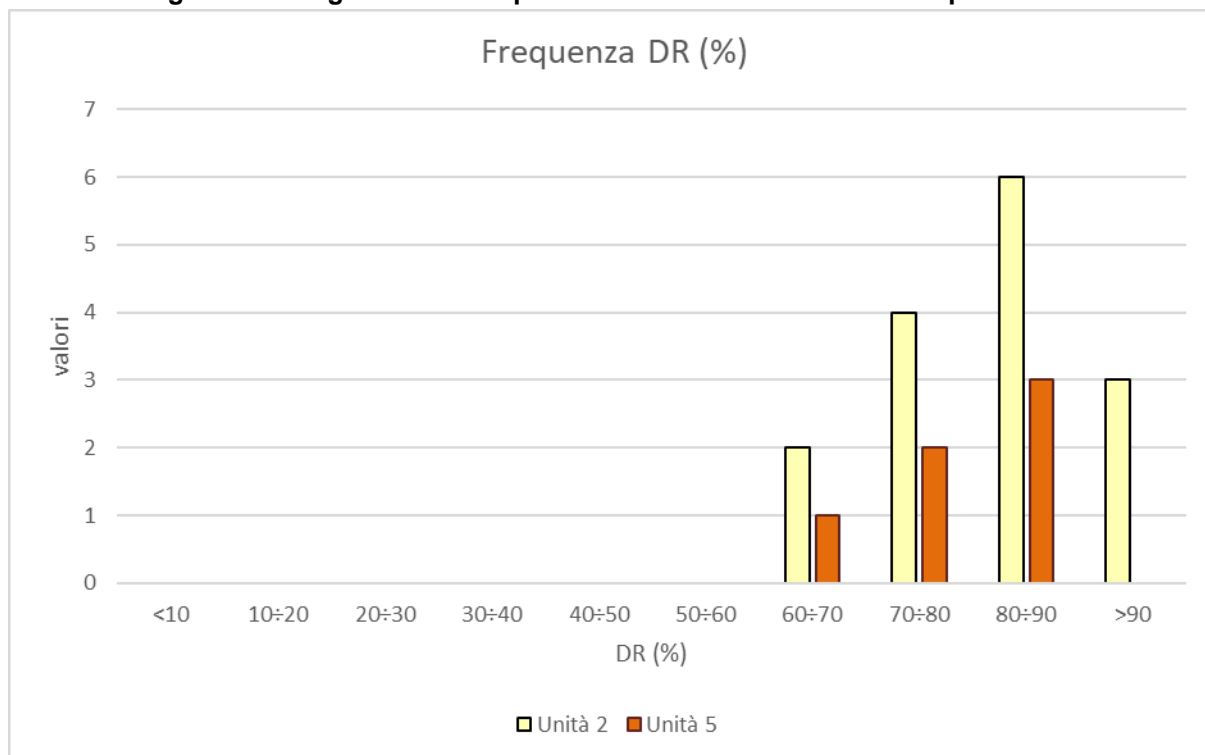
	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	33	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Figura 19 - Andamento della densità relativa  $D_R$  con la profondità da prove CPT



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	34	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

**Figura 20 - Diagramma di frequenza della densità relativa Dr da prove SPT**






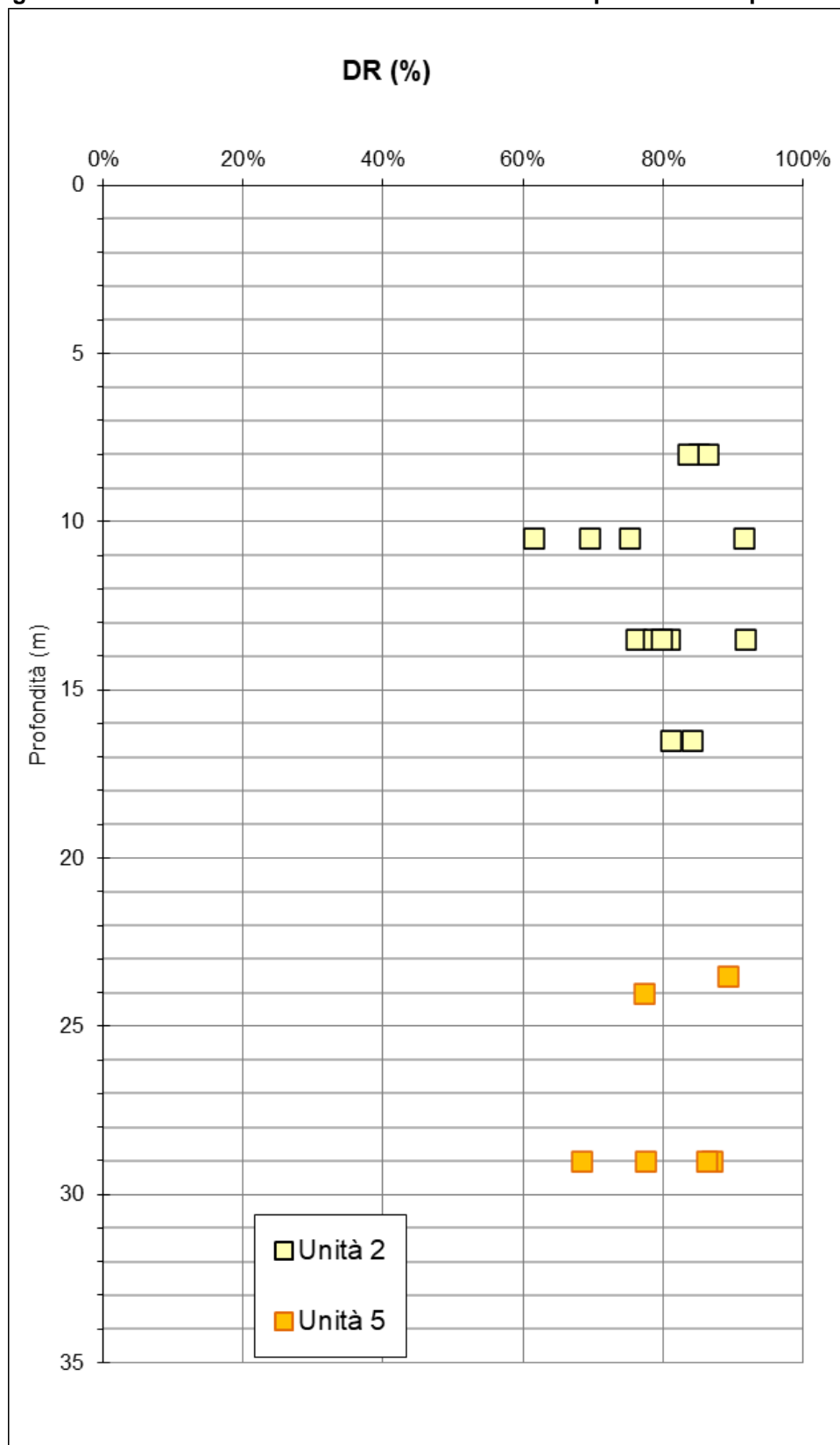

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	35	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

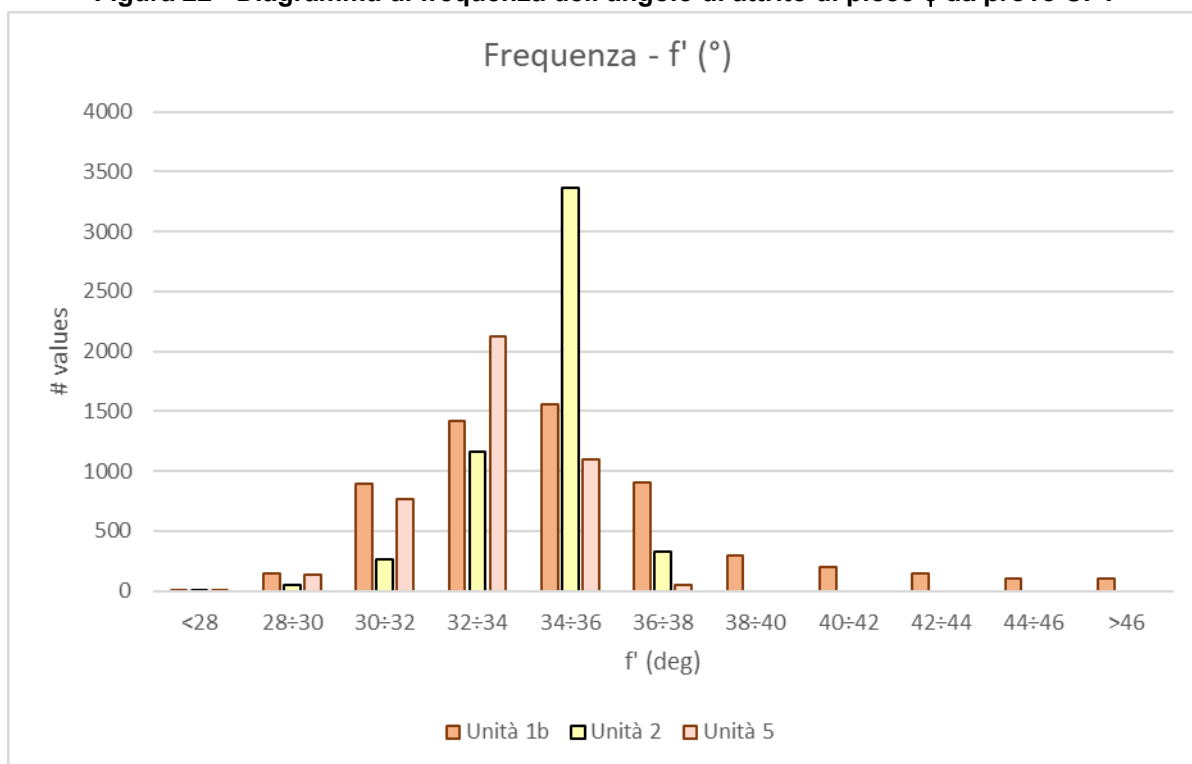
Figura 21 - Andamento della densità relativa Dr con la profondità da prove SPT




	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>12400705873 - 12000367716</b>		<b>0</b>	<b>36</b>	<b>59</b>
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

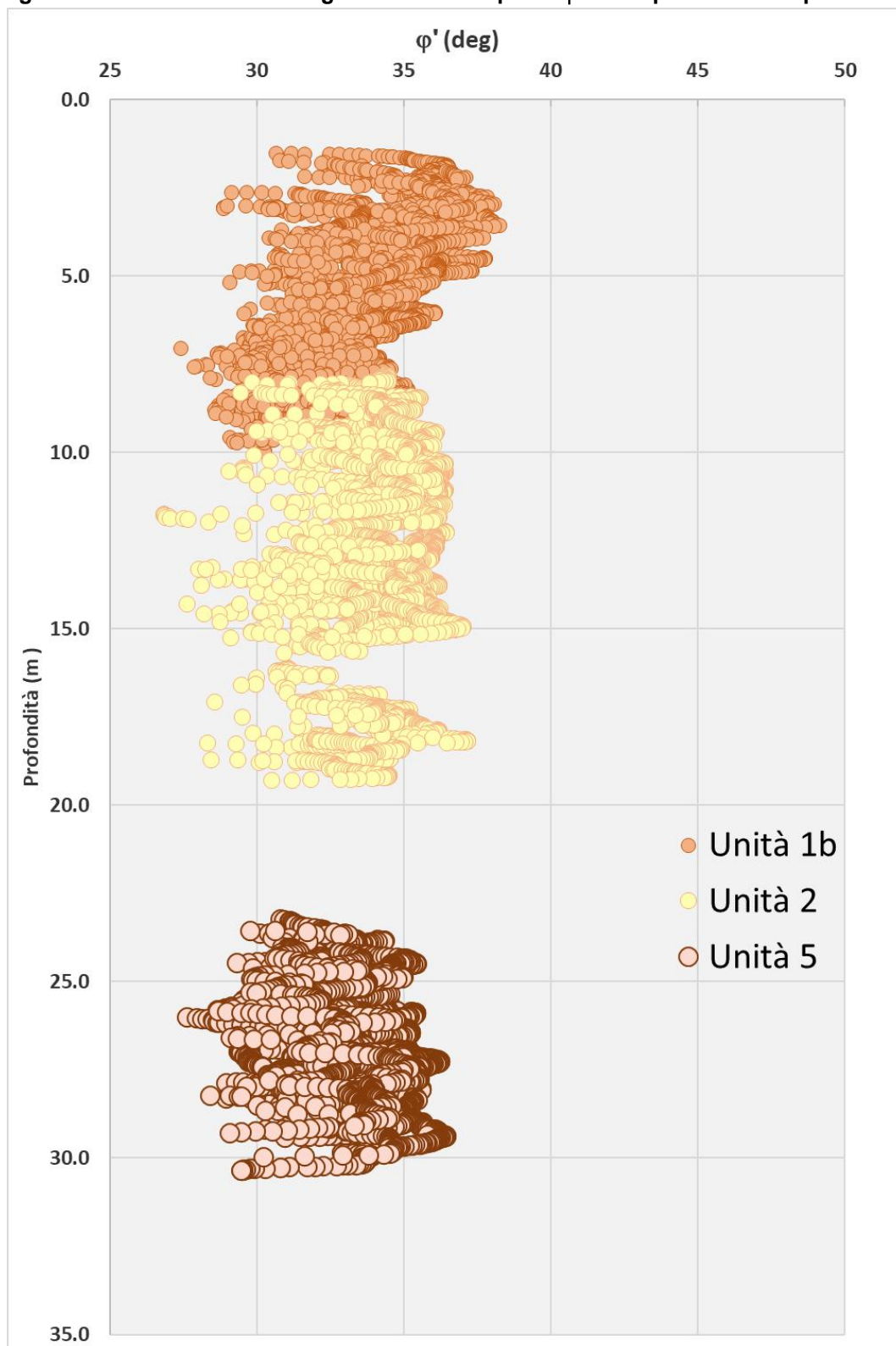
### 6.3 ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO


**Figura 22 - Diagramma di frequenza dell'angolo di attrito di picco  $\phi$  da prove CPT**



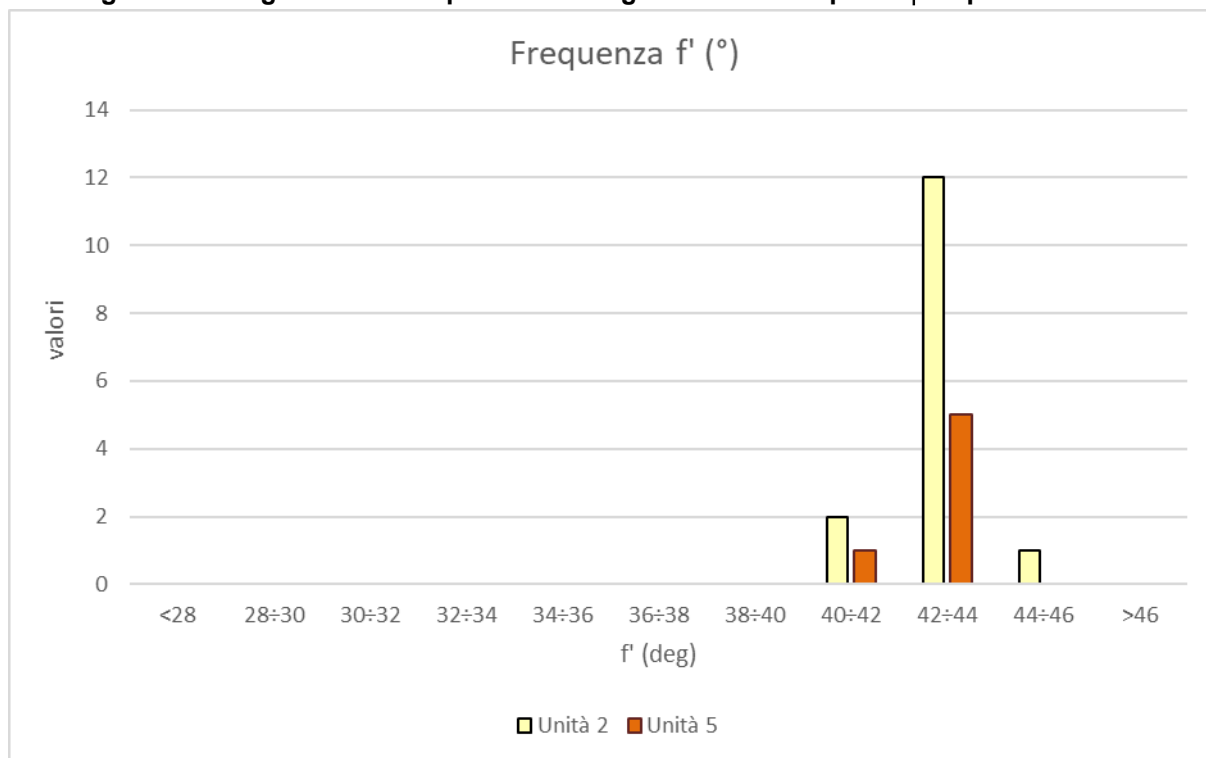
	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	37	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

**Figura 23 - Andamento dell'angolo di attrito di picco  $\phi$  con la profondità da prove CPT**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	38	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

**Figura 24 - Diagramma di frequenza dell'angolo di attrito di picco  $\phi$  da prove SPT**




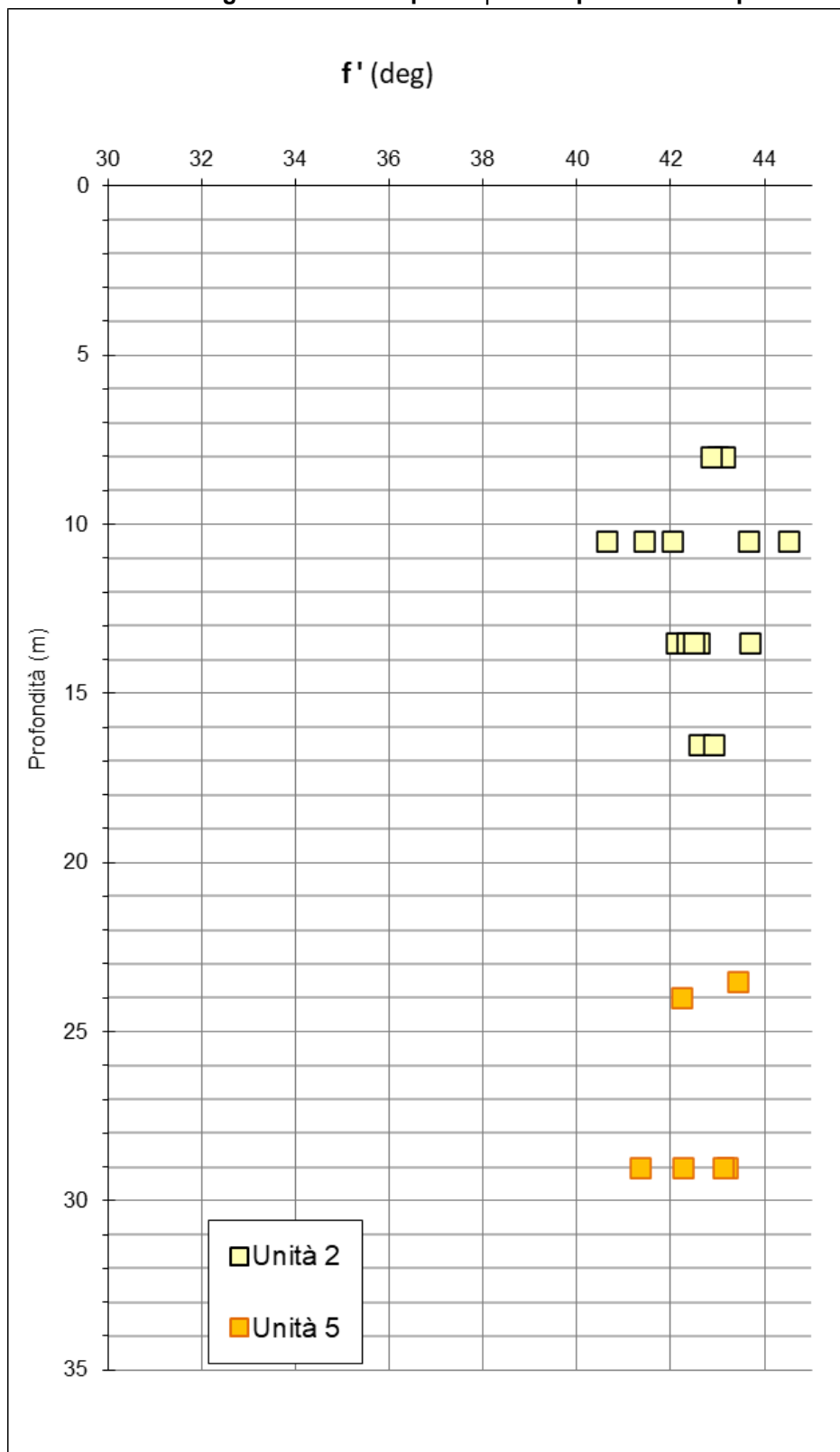

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	39	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

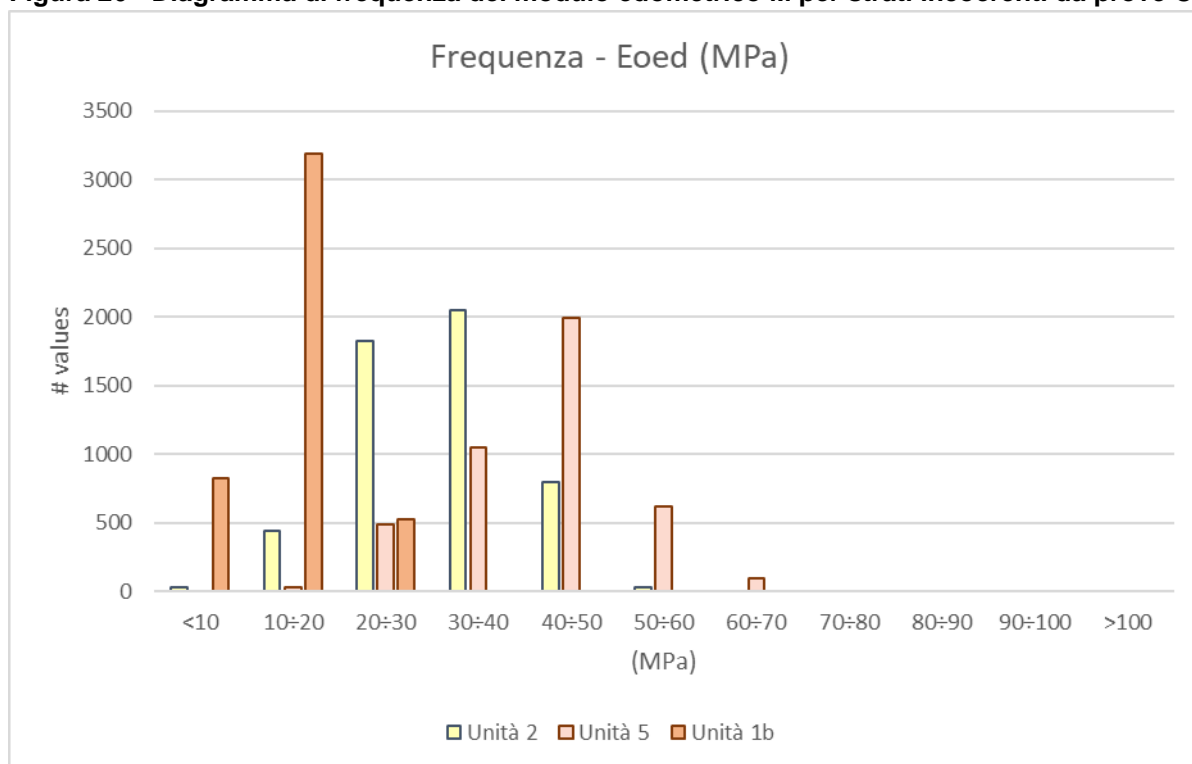
Figura 25 - Andamento dell'angolo di attrito di picco  $\phi$  con la profondità da prove SPT



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	40	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6.4 MODULO DI DEFORMABILITÀ STRATI INCOERENTI

Figura 26 - Diagramma di frequenza del modulo edometrico M per strati incoerenti da prove CPT






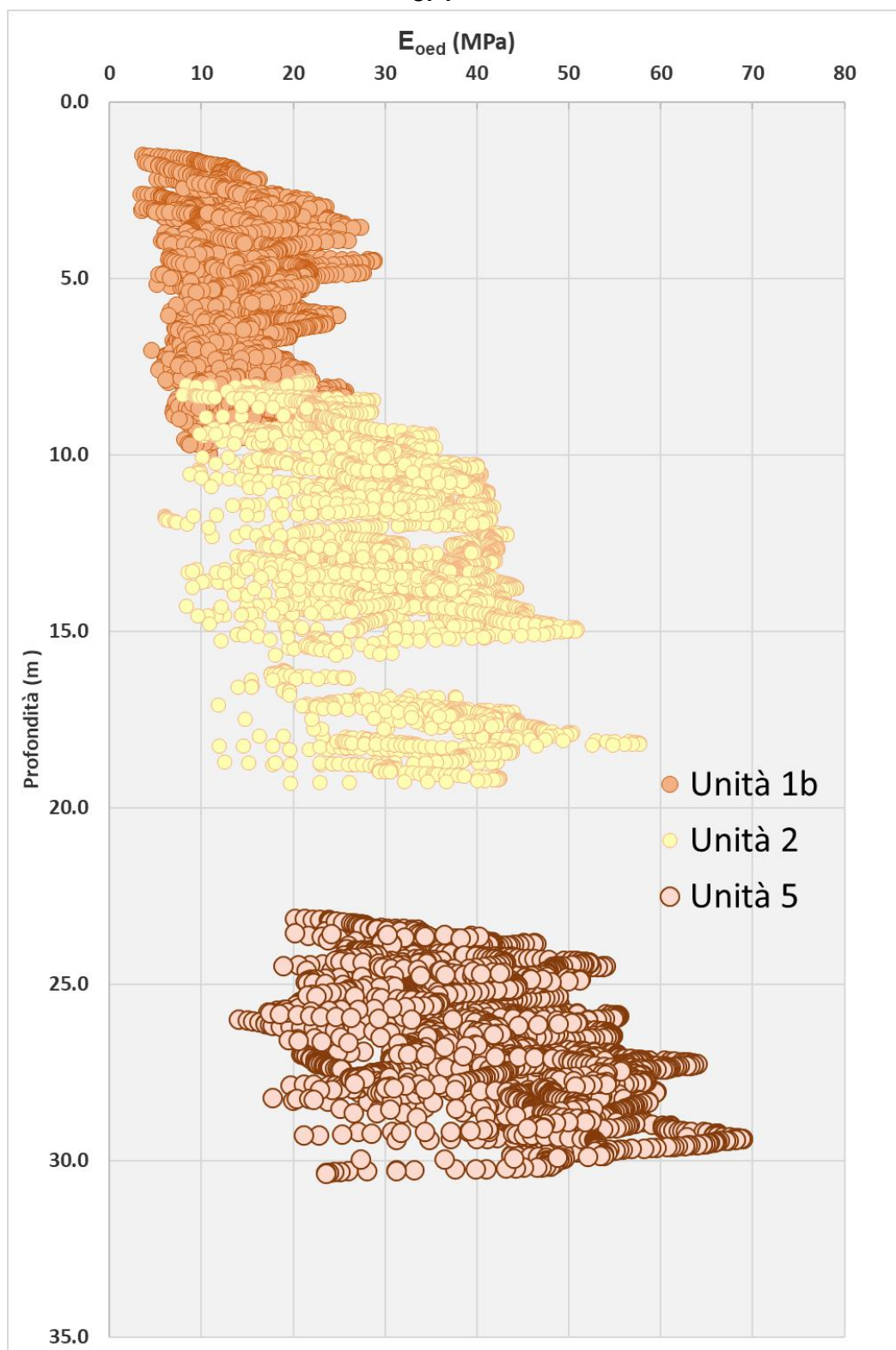

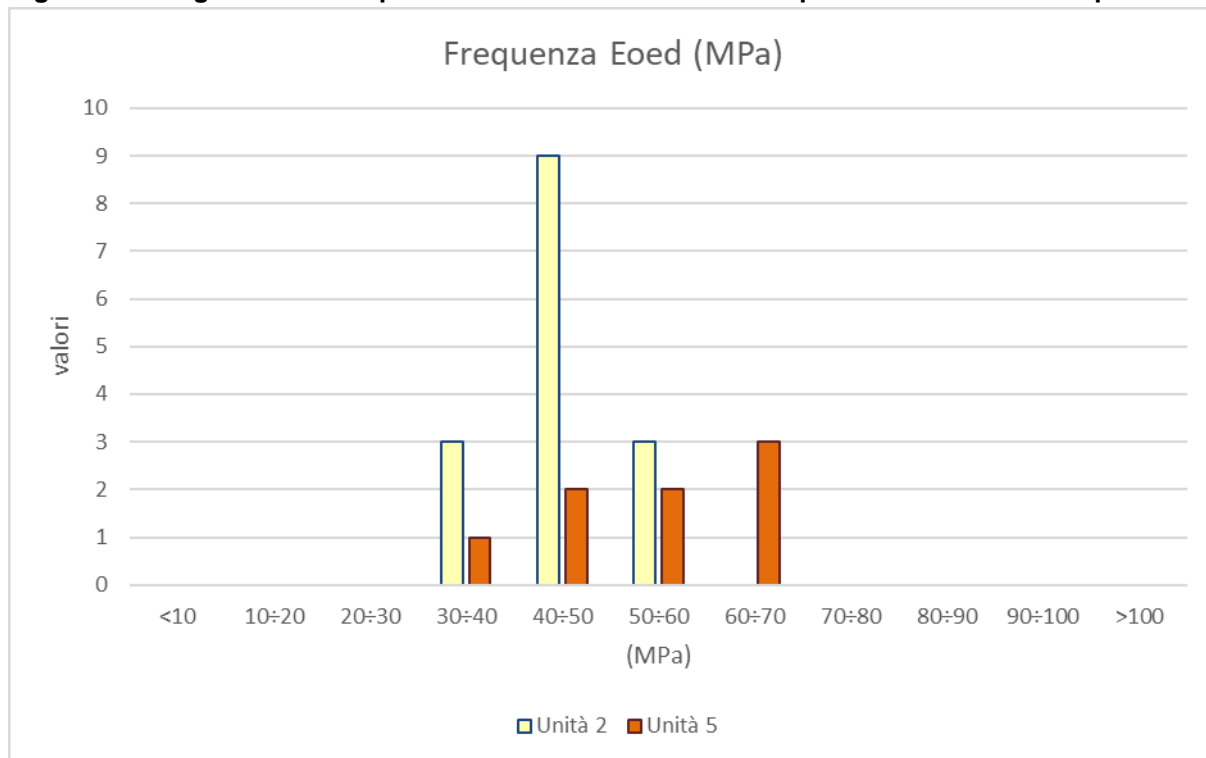
	RELAZIONE GEOTECNICA			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	12400705873 - 12000367716		0	41
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE				


Figura 27 - Andamento del modulo edometrico M con la profondità per strati incoerenti da prove CPT



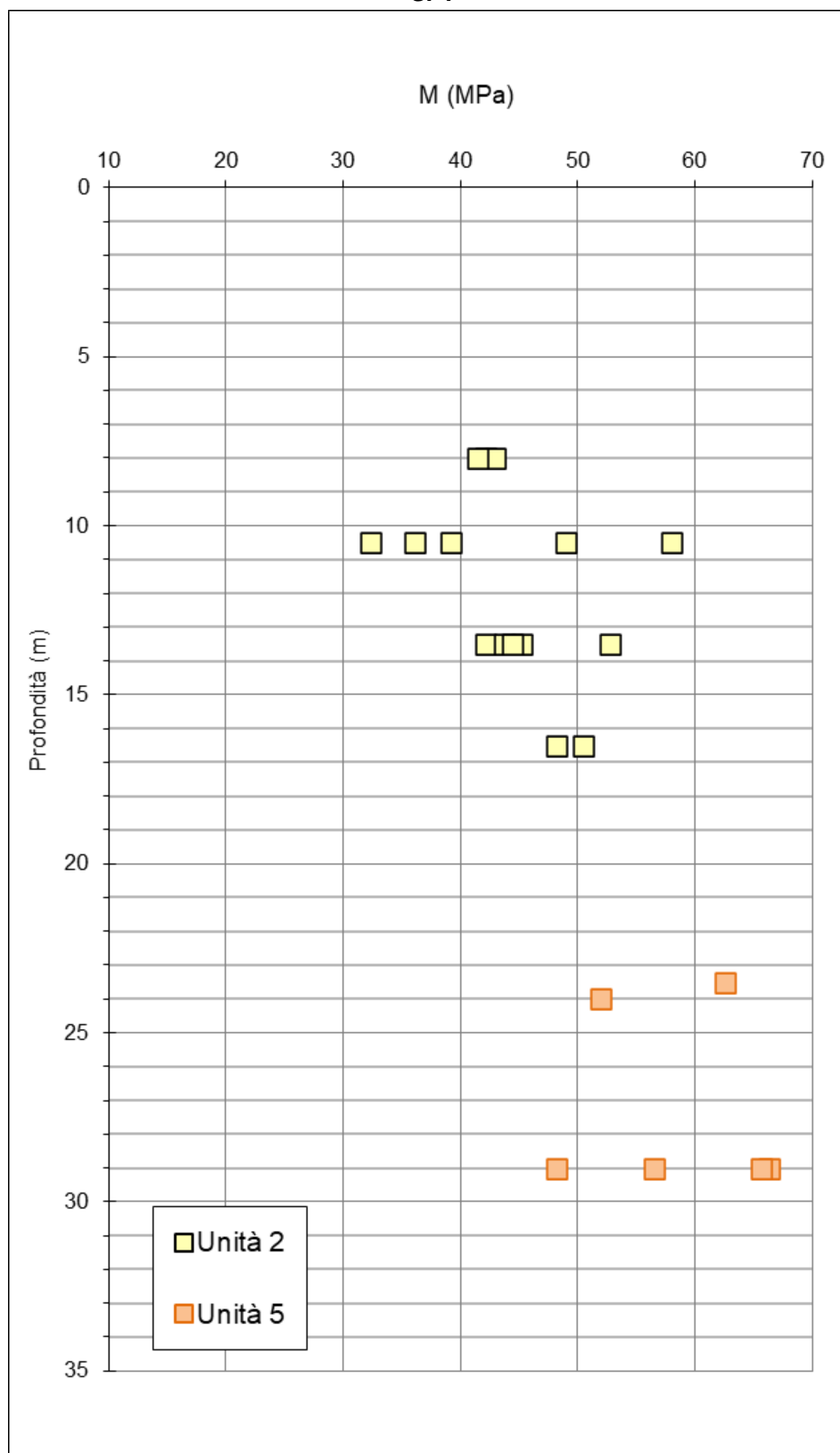
	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	42	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					


**Figura 28 - Diagramma di frequenza del modulo edometrico M per strati incoerenti da prove SPT**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	43	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

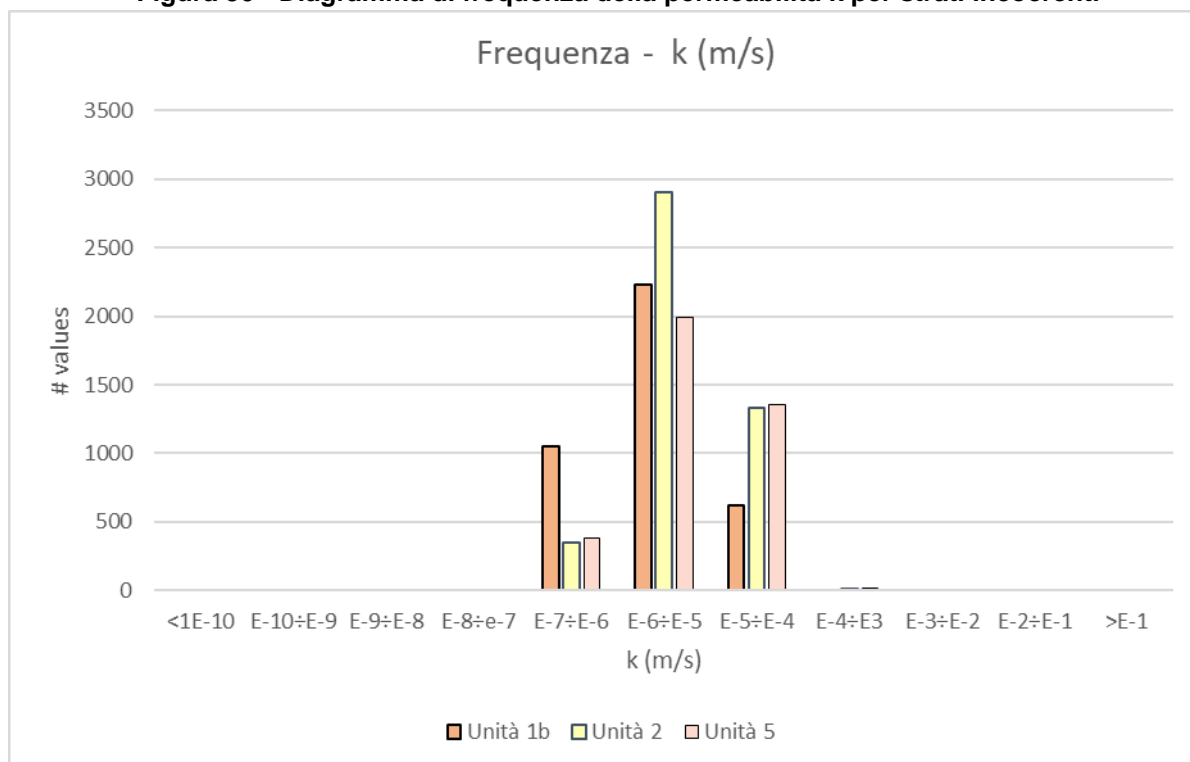
**Figura 29 - Andamento del modulo edometrico M con la profondità per strati incoerenti da prove SPT**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	44	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6.5 COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ STRATI INCOERENTI

Figura 30 - Diagramma di frequenza della permeabilità k per strati incoerenti




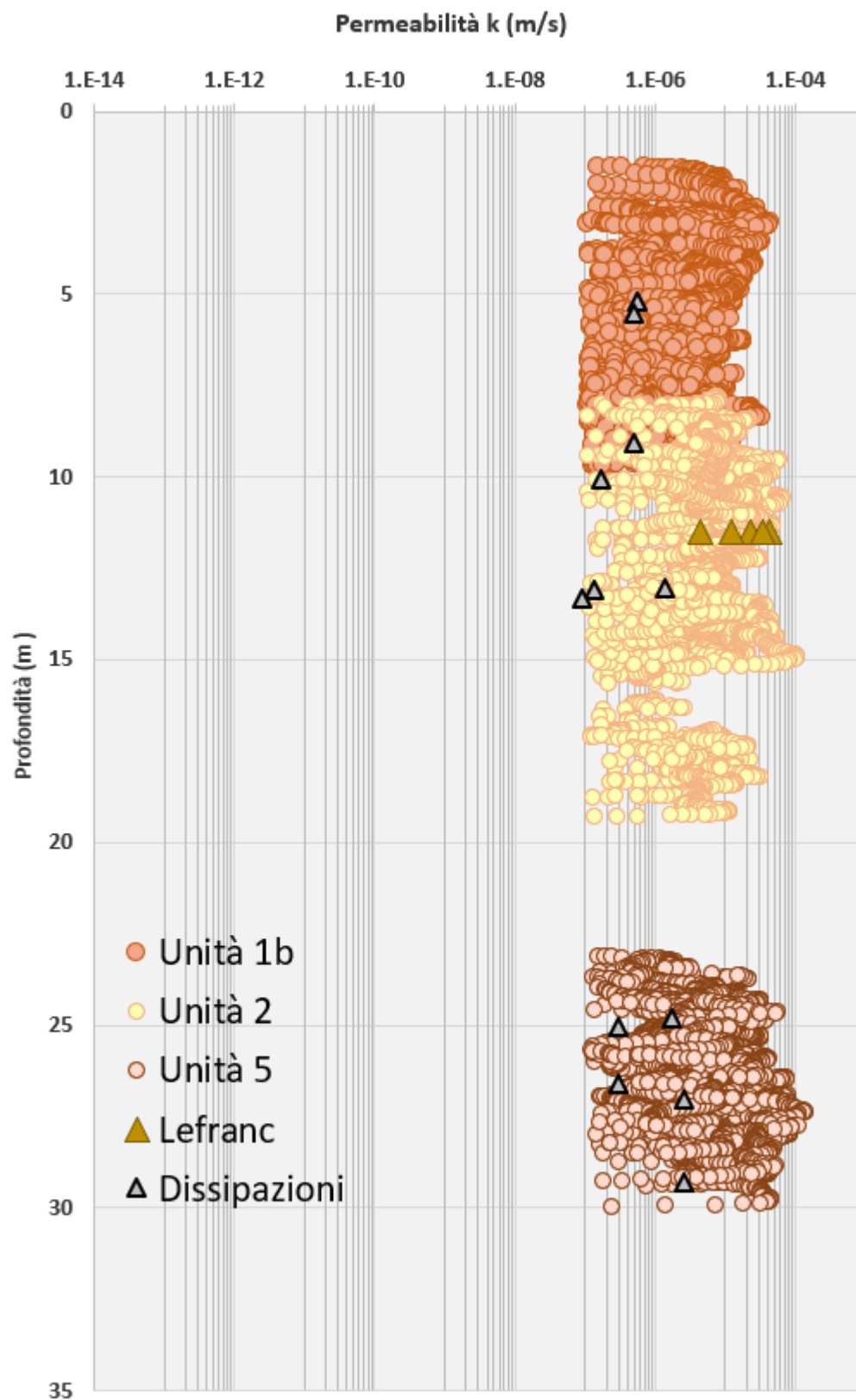

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	45	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

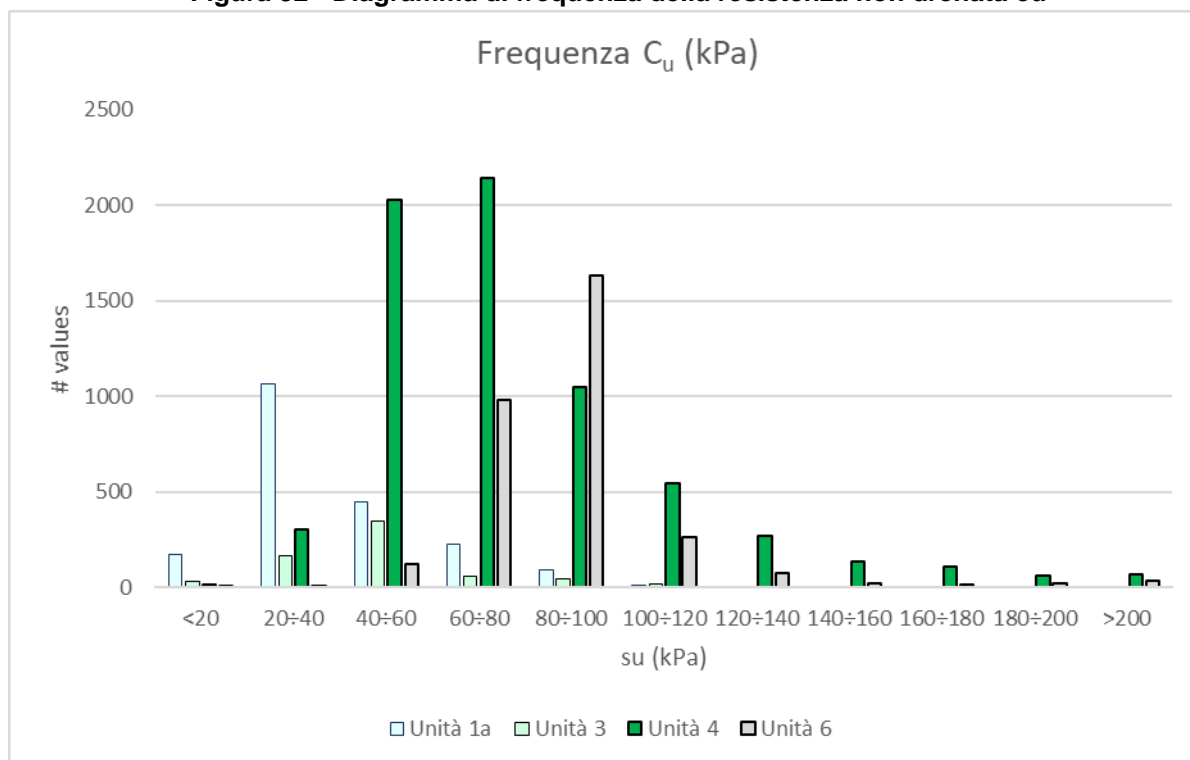
Figura 31 - Andamento della permeabilità  $k$  con la profondità per strati incoerenti



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	46	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6.6 RESISTENZA NON DRENATA

Figura 32 - Diagramma di frequenza della resistenza non drenata  $c_u$






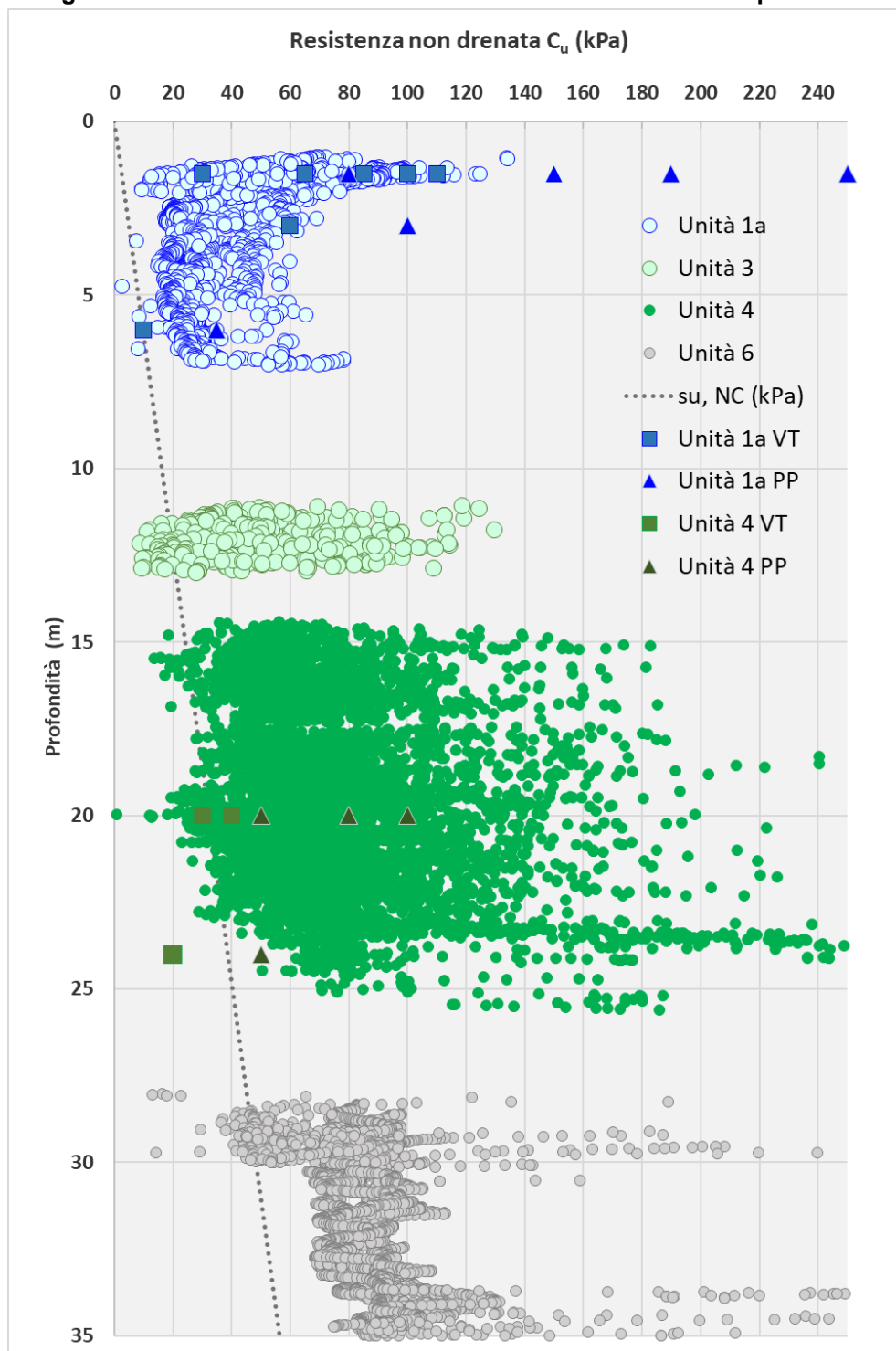

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	47	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Figura 33 - Andamento della resistenza non drenata  $c_u$  con la profondità

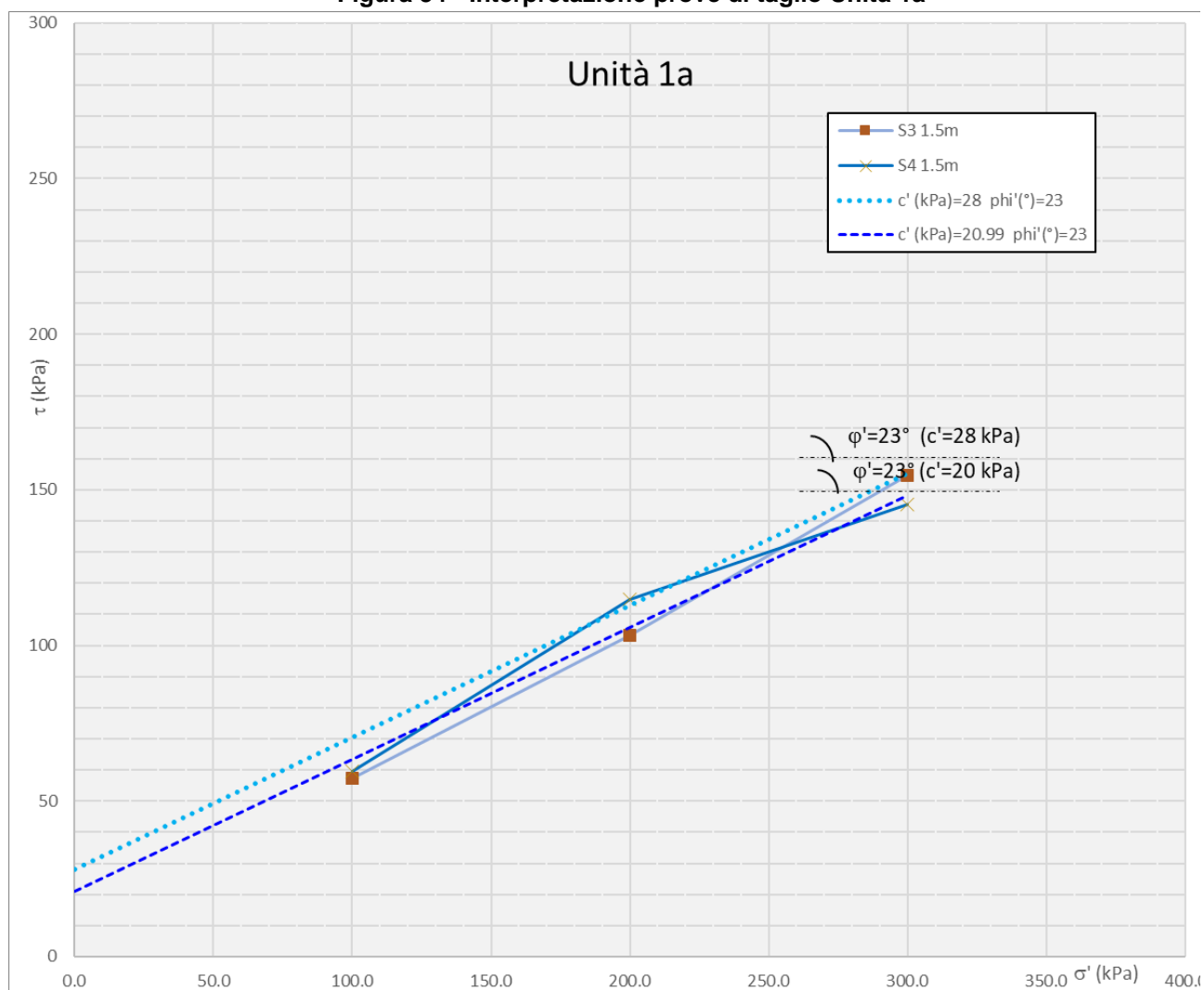



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	48	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6.7 PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA

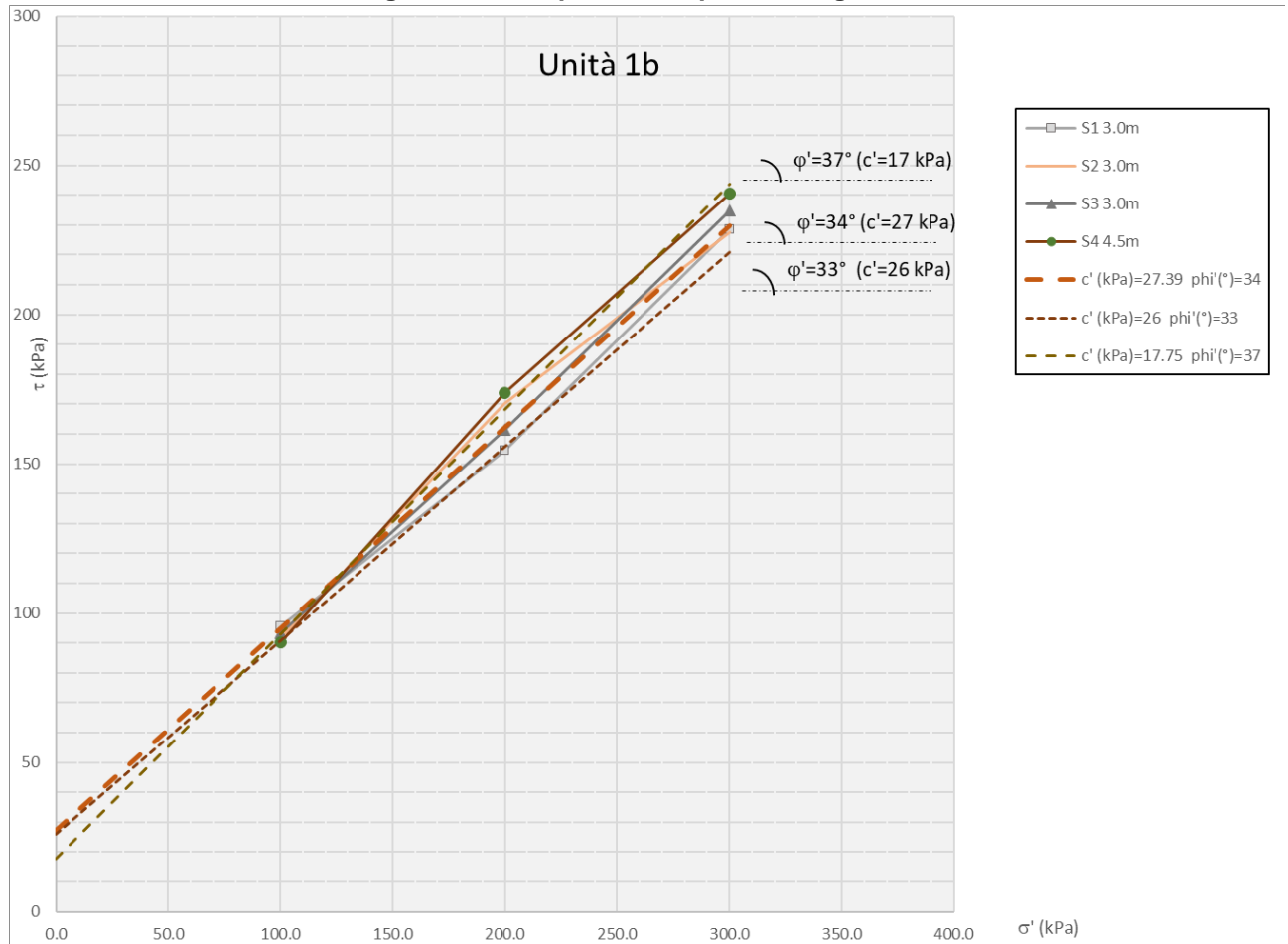
Le prove di taglio sono state eseguite su campioni appartenenti alle Unità 1a (coesiva) e Unità 1b e 2 (incoerenti).

Figura 34 - Interpretazione prove di taglio Unità 1a



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	49	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

**Figura 35 - Interpretazione prove di taglio Unità 1b**




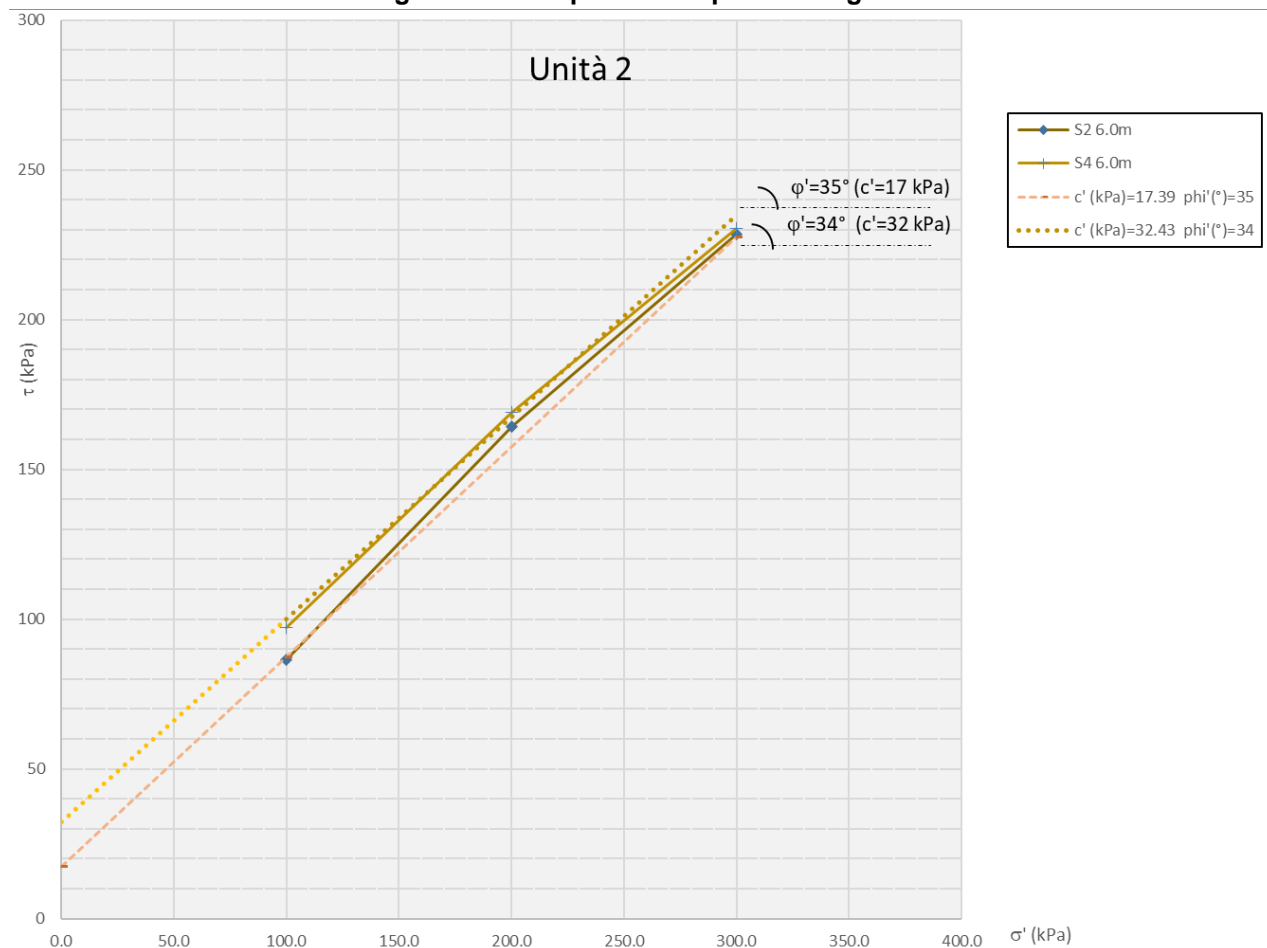

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	50	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

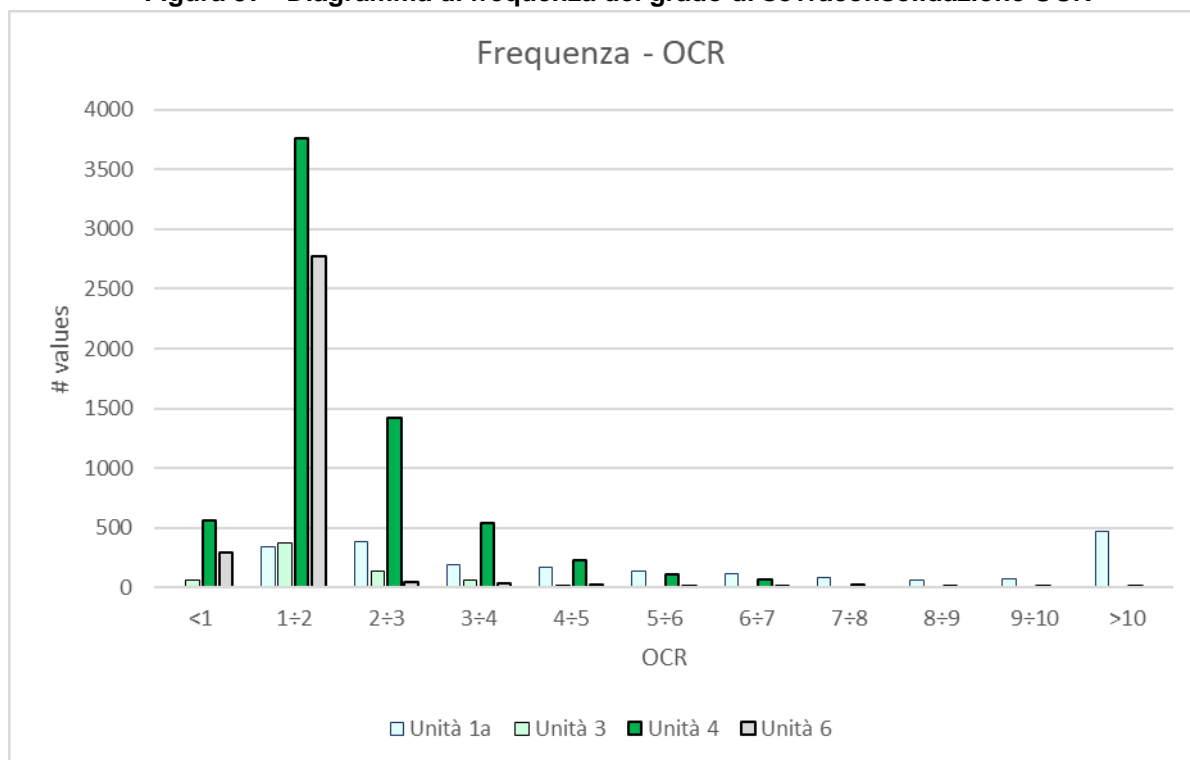
Figura 36 - Interpretazione prove di taglio Unità 2




	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>12400705873 - 12000367716</b>		<b>0</b>	<b>51</b>	<b>59</b>
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

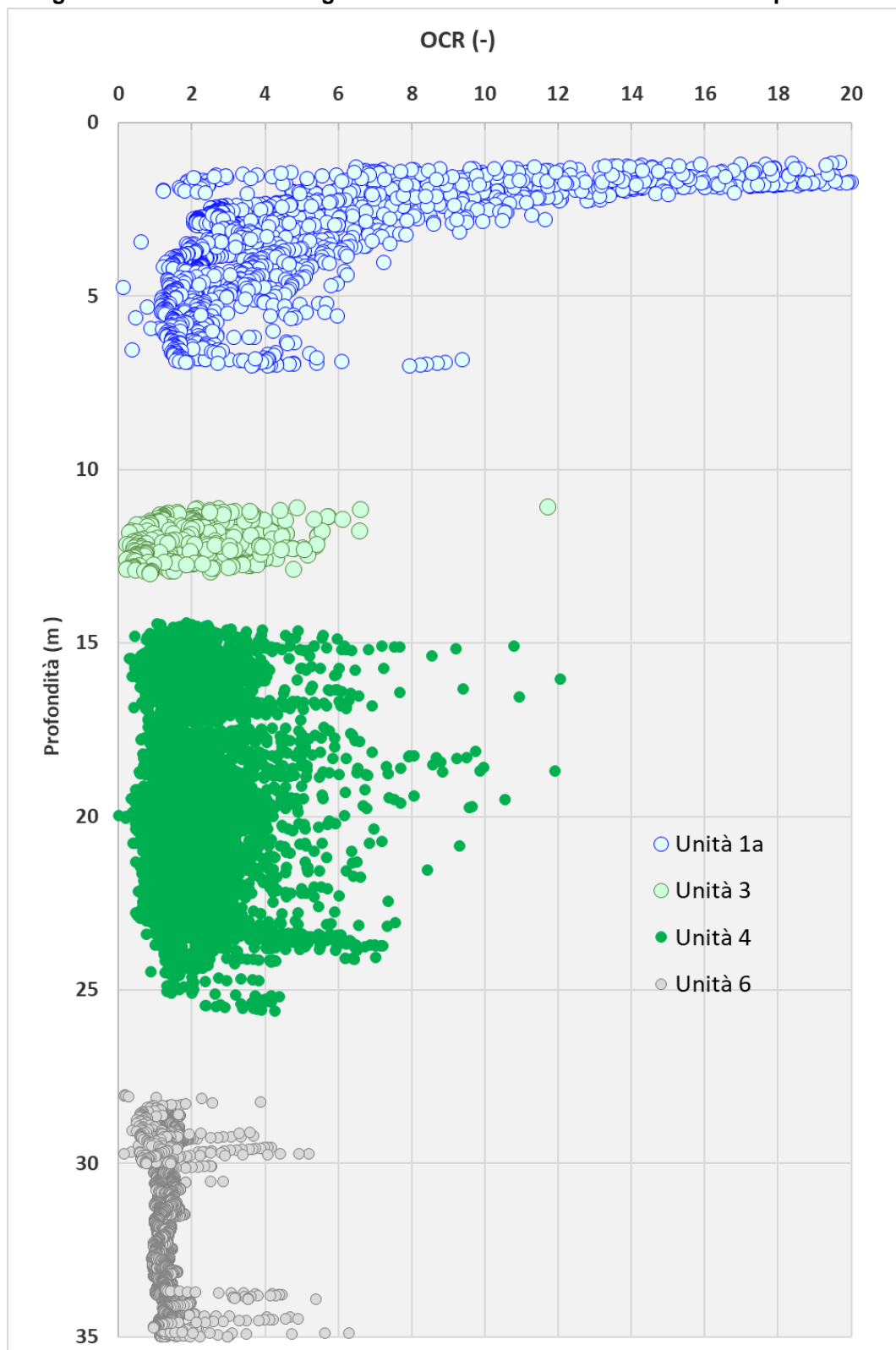
## 6.8 GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE


**Figura 37 - Diagramma di frequenza del grado di sovraconsolidazione OCR**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	52	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

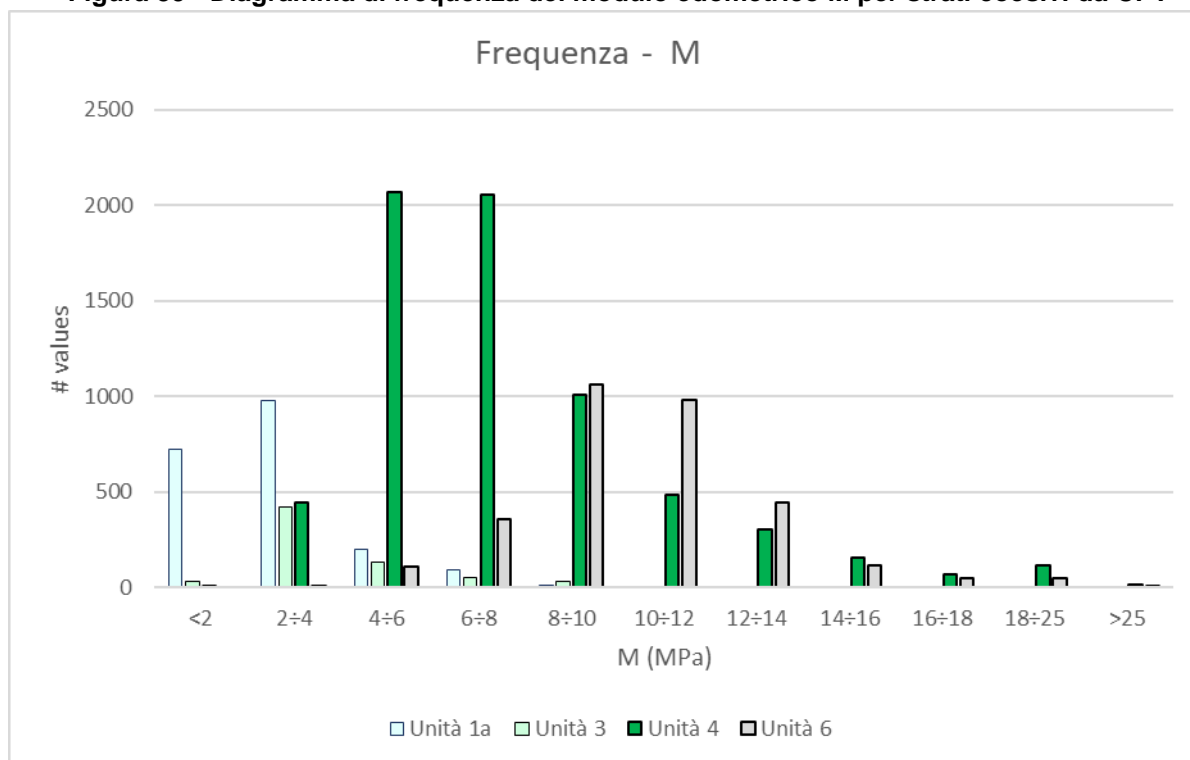
**Figura 38 - Andamento del grado di sovraconsolidazione OCR con la profondità**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	53	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6.9 MODULO DI DEFORMABILITÀ STRATI COESIVI

Figura 39 - Diagramma di frequenza del modulo edometrico M per strati coesivi da CPT






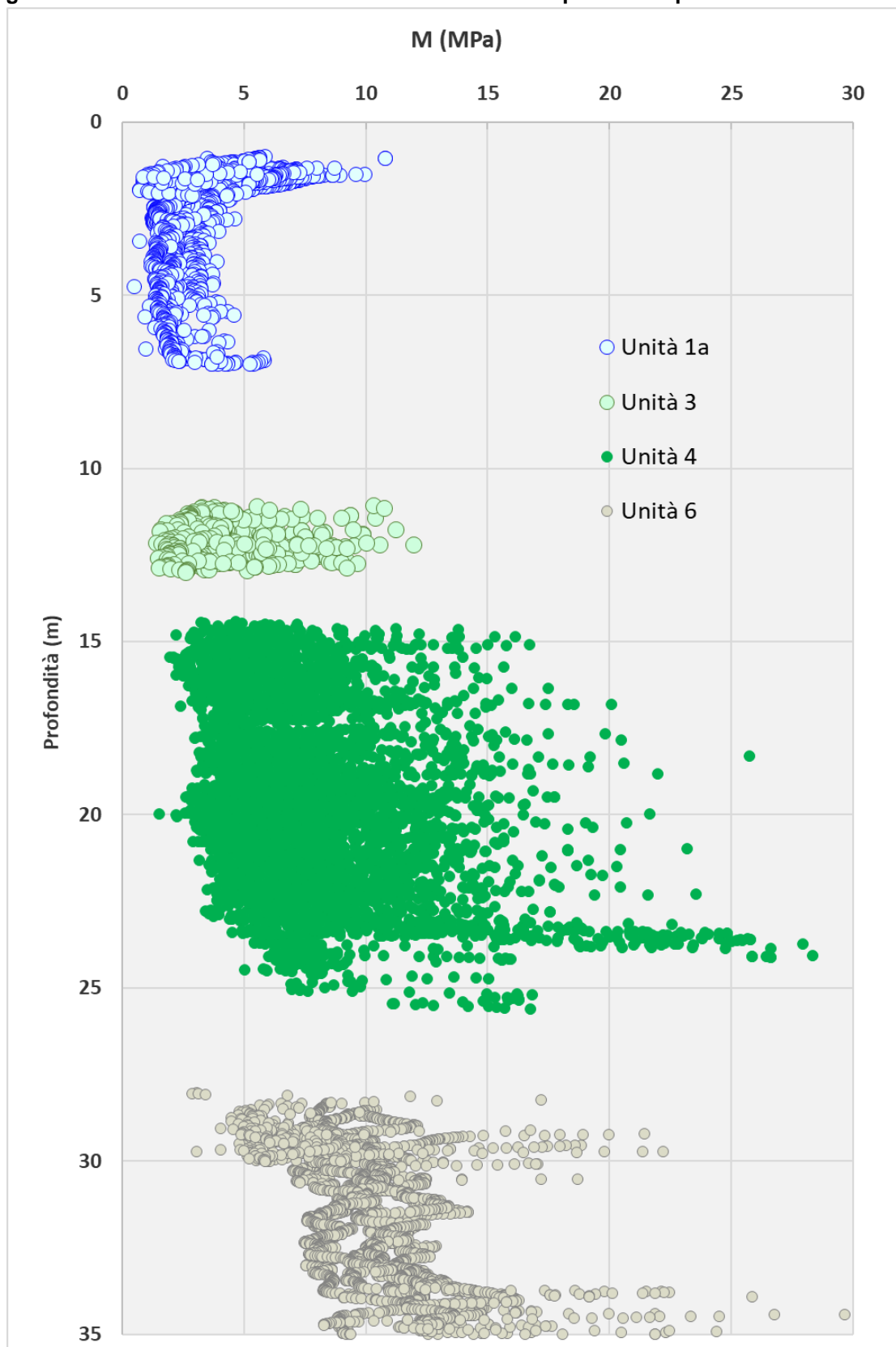
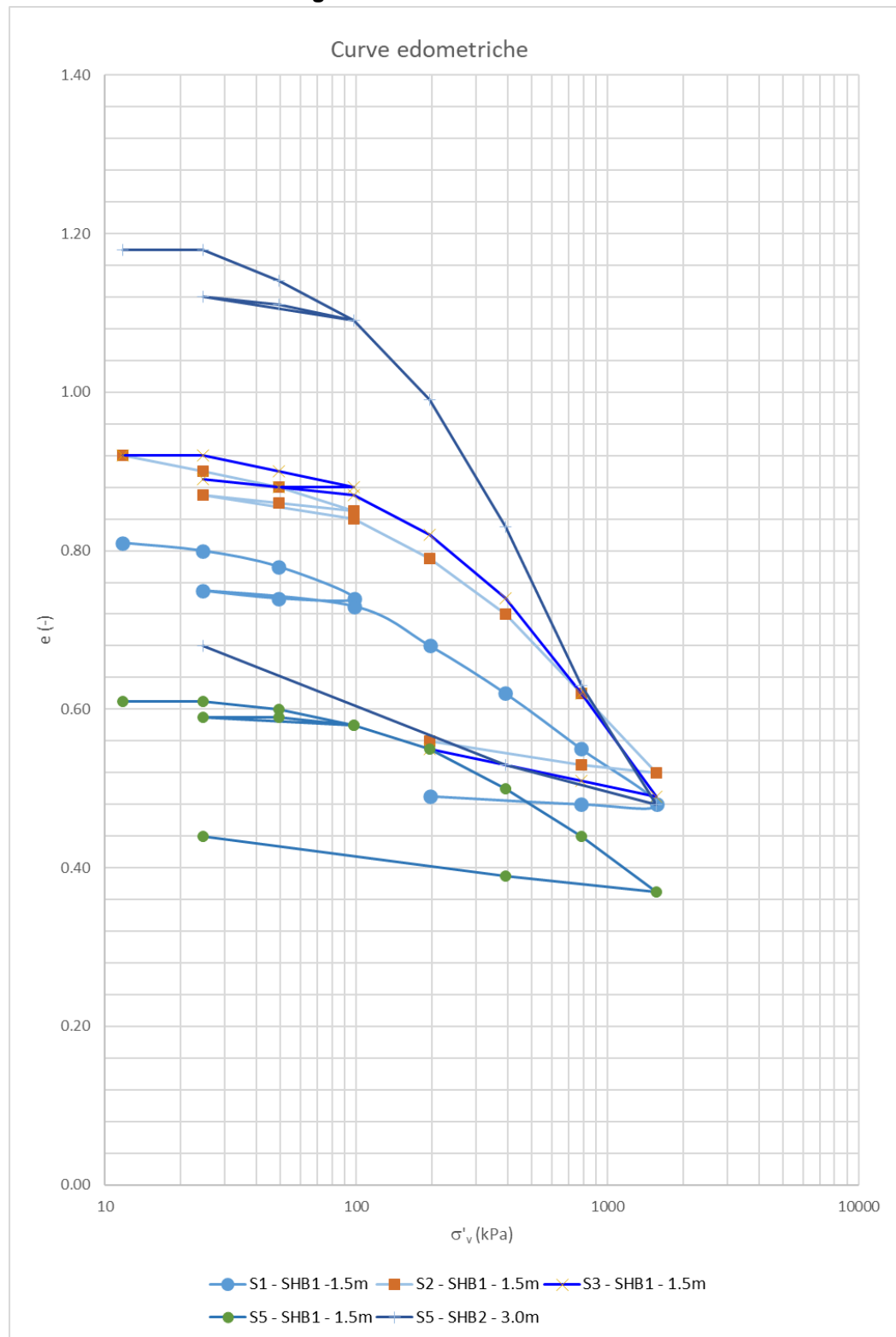
	RELAZIONE GEOTECNICA			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	12400705873 - 12000367716		0	54
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE				


Figura 40 - Andamento del modulo edometrico M con la profondità per strati coesivi da CPT



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	55	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

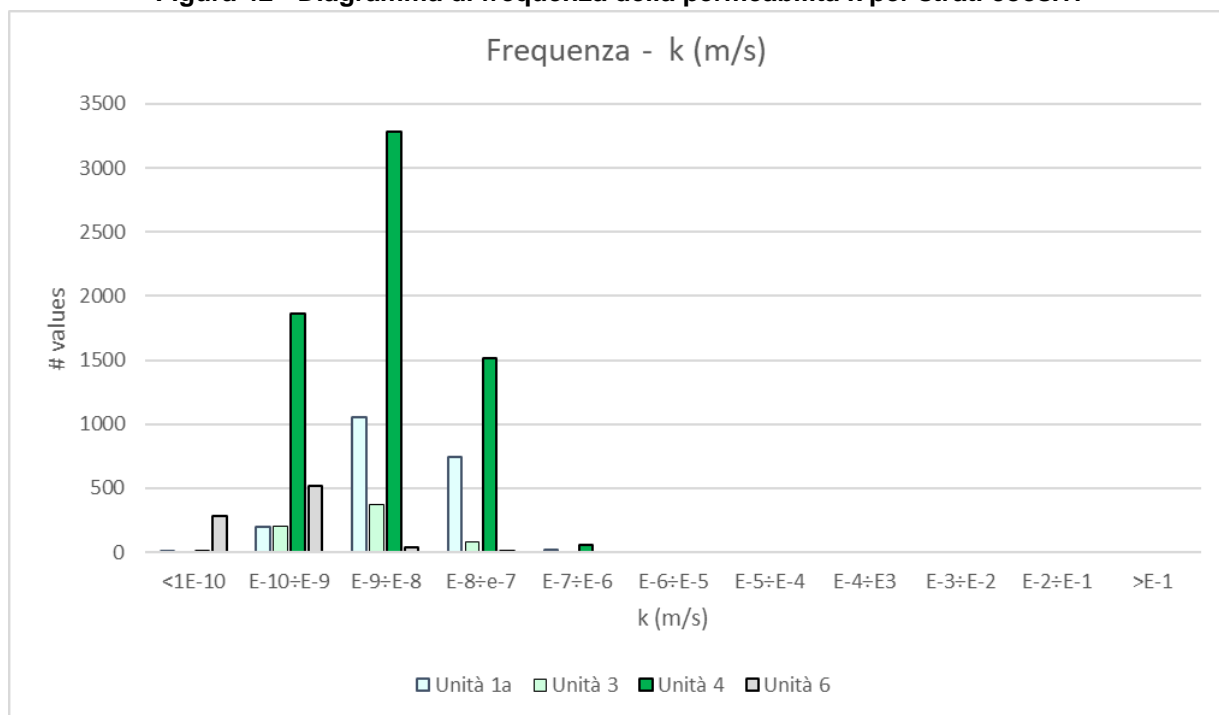
Figura 41 - Curve edometriche



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	56	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 6.10 COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ STRATI COESIVI

Figura 42 - Diagramma di frequenza della permeabilità k per strati coesivi




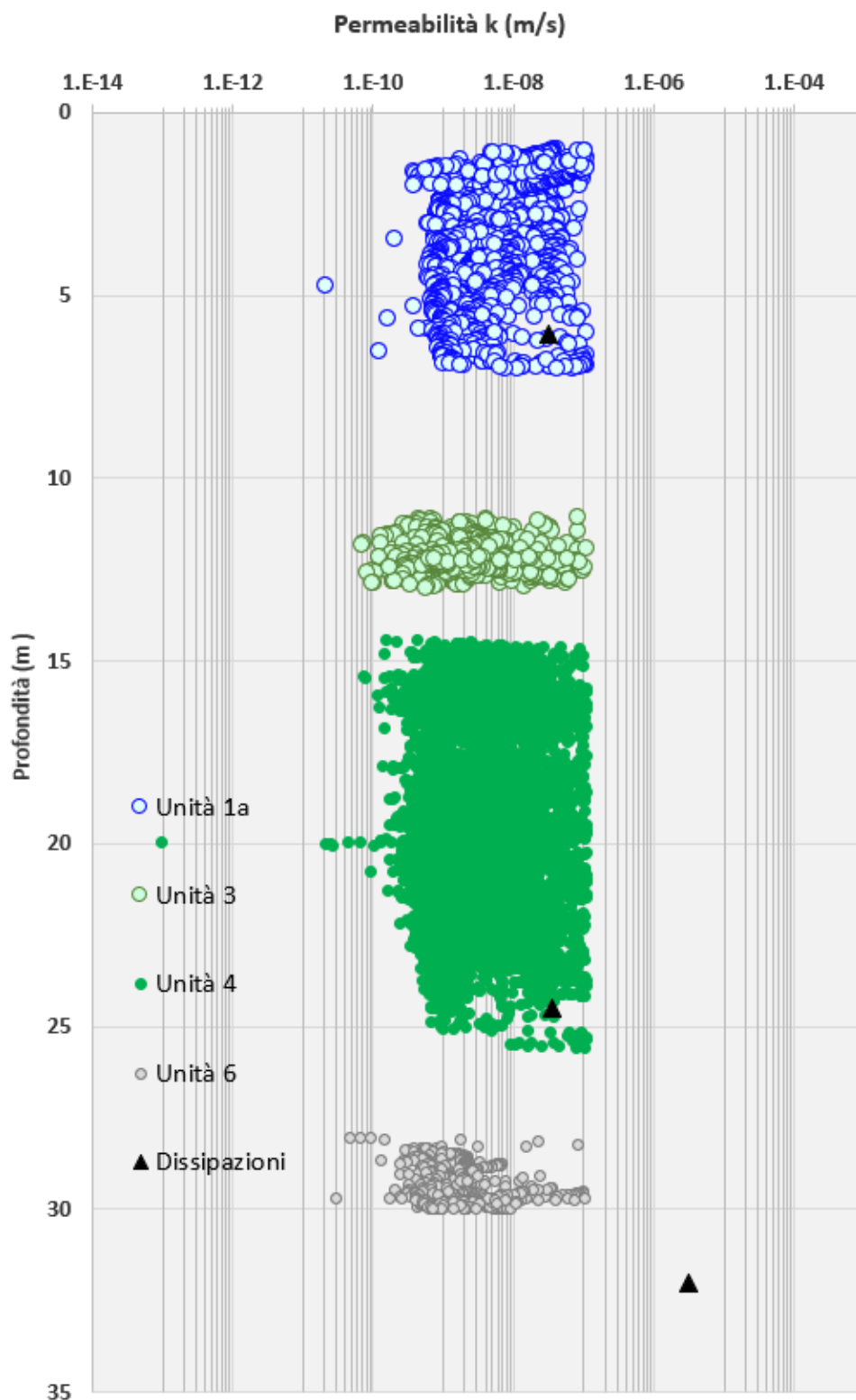

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	57	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Figura 43 - Andamento della permeabilità  $k$  con la profondità per strati coesivi



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°) <b>12400705873 - 12000367716</b>	ID DOC. (DOC. ID)	REV. <b>0</b>	N° FG. (SH. N.) <b>58</b>	DI (LAST) <b>59</b>
	<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>				

## 7 MODELLO GEOTECNICO

Un modello geotecnico è una rappresentazione basata su indagini di sito e di laboratorio in punti specifici dell'area indagata. Il volume del suolo indagato è generalmente di ordini di grandezza inferiore al volume interessato dalla costruzione e, in ogni caso, le sue proprietà geotecniche non possono essere ben note in ogni punto. Ciò introduce alcune inevitabili incertezze di input, che sono enfatizzate dalle complesse caratteristiche geologiche di un sito. Per le ragioni sopra esposte, un modello geotecnico va sempre inteso non come un modello “deterministico” della realtà, ma piuttosto come un “punto di vista ragionato”, basato su tutte le informazioni rilevanti disponibili e su di esse costruito criticamente. Nessun modello geotecnico coincide con la realtà e ogni modello geotecnico è affetto da un grado variabile di incertezze, anche se durante la progettazione viene fatto ogni sforzo per ridurre al minimo tali incertezze.


Nel seguito si riportano i range dei parametri geotecnici in cui si concentrano le distribuzioni. Per gli spessori delle varie unità si rimanda alle sezioni litostratigrafiche in appendice alla relazione geologica.

**Tabella 5 – Parametri meccanici delle unità litostratigrafiche**

	Unità 1a	Unità 1b	Unità 2	Unità 3	Unità 4	Unità 5	Unità 6
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	17-18	18-18.5	18	18.5	19.5	19	19.5
$c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	15-40 [25]	-	-	30-50 [30]	40-80 [50]	-	70-110 [80]
$\phi'$ [deg]	23	31-35 [31]	33-36 [33]	25	25	33-37 [34]	27
$D_r$ [%]	-	30-60	40-70	-	-	50-70	-
$c'$ [kPa]	5	0	0	0	0	0	0
OCR	1-8	-	-	1	1	-	1
$K$ [m/s]	1E-10 – 1E-07	1E-07 – 1E-05	1E-07 - 1E-05	1E-10 - 1E-07	1E-10 - 1E-07	1E-07 - 1E-05	1E-10 - 1E-07
$E_{oed}$ [kPa]	1-4 [2]	10-20 [15]	20-50 [25]	1-7 [4]	3-9 [5]	30-60 [40]	7-13 [8]

[ ] valore caratteristico

I livelli piezometrici misurati sono riportati al par. 4.2. Per quanto attiene alla falda freatica, le misurazioni fatte durante la campagna geognostica insieme alle valutazioni derivanti dalla stratigrafia, portano a individuare un livello della falda superficiale a 1.50÷2.00 m di profondità circa. In ogni caso, stante l'assenza di un periodo almeno annuale di rilevamento e viste le condizioni topografiche e di rischio idraulico, nel progetto si considererà una falda al livello del piano di campagna.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		0	59	59
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

## 8 RACCOMANDAZIONI DI CARATTERE ESECUTIVO

Gli scavi interesseranno sia i terreni prevalentemente a grana fina sia a grana grossa, pertanto i fronti di scavo potranno essere sagomati con pendenze variabili 1/1, valutando l'eventuale inserimento di palancolati temporanei nel caso degli approfondimenti maggiori (ossia per profondità >2.5m). Le acque della falda superficiale saranno intercettate tramite dei fossi alla base degli scavi ed allontanate con pompe idrauliche. Nell'esecuzione degli scavi per la realizzazione delle fondazioni e più in generale nel completamento delle sistemazioni esterne saranno adottate le seguenti cautele:

- controllo che il terreno messo a giorno dagli scavi di splateamento per la realizzazione dei piani di posa delle fondazioni risulti omogeneo (medesima consistenza, colorazione etc.) cercando di rimaneggiare il meno possibile il piano di posa. Verifica dell'uniformità del piano di posa al fine di escludere la presenza localizzata di eventuali disomogeneità (che eventualmente saranno bonificate con magrone o stabilizzato granulometrico) e di attestare le fondazioni superficiali sul terreno sicuramente in posto;
- le pareti degli scavi saranno protette a tutta altezza con la stesa di teli impermeabili, per impedire fenomeni di erosione/dilavamento delle superfici messe a nudo e per evitare franamenti localizzati;
- il getto della fondazione sarà eseguito tempestivamente appena completati gli scavi e, qualora vi siano interruzioni dovute al maltempo o altra causa, si provvederà all'asportazione della parte rammollita del terreno;
- nel caso di riporti e/o rinterri localizzati (attorno alla fondazione) o estesi (ricariche generalizzate), questi saranno realizzati a regola d'arte, con strati successivi di modesto spessore (25 - 30 cm) di terreno compattato;
- sarà garantita la regimazione delle acque corrive superficiali e la buona tenuta delle condotte interrate preesistenti per la circolazione dei fluidi (fognature, impianti idrici).