






# Progetto Peakers

## Enipower Ravenna

### RELAZIONE GEOTECNICA Caratterizzazione dei terreni

EX-DE	Revision Number	Date	Description	Contractor prepared	Contractor Checked	Contractor Approved	Company Checked	Company Approved
EX-DE	00	27/05/2022		R. Genchi	L. Finardii	E. Cipolla		
Validity Status	Revision Number	Date	Description	Contractor prepared	Contractor Checked	Contractor Approved	Company Checked	Company Approved
Company Logo and Business Name				Project name		EniPower Document ID EniPower <b>RA-IV-2205-CI-E-A1700</b> Job N. IV-RAVE-2205		
				<b>Progetto Peakers</b>		Company Document ID <b>017101DARVA1700</b> Job N. JA0737		
Contractor Logo and Business Name						Contractor Document ID <b>20102-0100-C70-RE-00100</b> Contract N. 3500054652		
Vendor Logo and Business Name						Vendor Document ID / Contract N.		
Facility and SubFacility name				Scale		Sheet of Sheets		
Ravenna C.le Gas – Peakers - Area 11				n.a.		1 / XX		
Document Title				Supersedes N.				
<b>RELAZIONE GEOTECNICA Caratterizzazione dei terreni</b>				Superseded by N.				
				Plant Area n.a.		Plant Unit n.a.		




  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 2 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### LISTA REVISIONI

Indice di revisione	Descrizione
00	


### LISTA HOLDS

Numero	Descrizione

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 3 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>	<b>7</b>
4.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI	10
4.2	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (STANDARD PENETRATION TEST)	10
4.3	PROVE GEOFISICHE	18
4.4	POZZETTI ESPLORATIVI E PROVE DI CARICO SU PIASTRA	21
4.5	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE E CON PIEZOCONO (CPT E CPTU)	25
4.6	PROVE DI PERMEABILITÀ	31
4.7	PROVE DI LABORATORIO	33
4.7.1	Analisi granulometrica	33
4.7.2	Peso di volume naturale	36
4.7.3	Limiti di Atterberg	39
4.7.4	Prove di taglio diretto	43
4.7.5	Prove triassiali UU	48
4.7.6	Prove edometriche	51
4.7.7	Prove chimiche sui campioni di terreno	56
4.7.8	Prove chimiche sui campioni di acqua	57
4.7.9	Contenuto organico	58
4.8	PROVE DI RESISTIVITÀ ELETTRICA (METODO WENNER)	59
4.9	PROVE DI RESISTIVITÀ TERMICA	60
<b>5</b>	<b>INTERPRETAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE</b>	<b>61</b>
5.1	INTERPRETAZIONE DELLE PROVE SPT	61
5.1.1	Terreni granulari	61
5.1.2	Terreni coesivi	70
5.2	INTERPRETAZIONE DELLE PROVE CPT/CPTU	82
5.2.1	Terreni granulari	82
5.2.2	Terreni coesivi	91
5.3	INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI CARICO SU PIASTRA	103
5.4	INTERPRETAZIONI DELLE PROVE DI DISSIPAZIONE	116
5.4.1	Confronto del coefficiente di consolidazione verticale	120
5.5	PROVE CON SCISSOMETRO E PENETROMETRO TASCABILE	121


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 4 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

<b>6</b>	<b>RISULTATI DELLE PROVE IN SITO E DI LABORATORIO</b>	<b>123</b>
<b>7</b>	<b>LIVELLO DI FALDA</b>	<b>139</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE</b>	<b>140</b>
8.1	PROVE SPT	142
8.2	PROVE CPTU	145
8.3	CONCLUSIONI	148
<b>9</b>	<b>DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE</b>	<b>149</b>
<b>10</b>	<b>STRATIGRAFIA DI PROGETTO</b>	<b>150</b>
<b>11</b>	<b>AGGRESSIVITÀ CHIMICA NEI CONFRONTI DEL CALCESTRUZZO</b>	<b>152</b>
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>153</b>

**ALLEGATO 1 – PLANIMETRIA INDAGINI E TRACCIA DELLE SEZIONI STRATIGRAFICHE**

**ALLEGATO 2 – SEZIONI STRATIGRAFICHE A-A' e B-B'**

**ALLEGATO 3 – SEZIONI STRATIGRAFICHE C-C' e D-D'**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 5 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 1 INTRODUZIONE


La presente relazione geotecnica ha l'obiettivo di definire le condizioni geotecniche dei terreni di fondazione della Centrale Gas Enipower – Peakers Area 11 di Ravenna (RA).

Nel presente documento vengono raccolti ed elaborati i dati ottenuti da due campagne geognostiche. La prima campagna è stata condotta nel 1997 da Aquater Spa [9]. La seconda campagna è stata realizzata nel 2022, composta da prove eseguite in sito e in laboratorio, elencate nel capitolo 4.

Sulla base dei valori ottenuti è stata ricavata la stratigrafia del terreno da ritenersi valida ai fini della progettazione delle opere di fondazione. Sono stati inoltre calcolati parametri geotecnici che caratterizzano il sottosuolo dell'area investigata.

Il piano campagna dell'area di intervento risulta essere mediamente ad una quota di -0.086 m s.l.m., mentre la quota di impianto è fissata a  $\pm 0.000 = +100.000 = -0.215$  m s.l.m.

In figura 4.1 è mostrata l'ubicazione della campagna di indagini geognostiche del 2022 e di quelle considerate della campagna del 1997.


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 6 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Es21143 - Indagini geoelettriche nei piazzali Enipower all'interno dello stabilimento petrolchimico di Ravenna – ESPLORA Srl – rev. 00 – 29.04.2022
- [2] Rapporto tecnico campagna di indagini geognostiche – SONGEO Srl – rev.01 – 11.04.2022
- [3] 20102-0000-C70-SP-00010 – Incico Spa - Specifica indagini geognostiche - Specifica Tecnica – 21.01.2022
- [4] 20102-0000-C70-SP-00010 – Incico Spa - Planimetria indagini – 21.01.2022
- [5] 2201-22.173-001 – GEOTEA s.r.l. – Certificato di prova (22.03.2022)
- [6] 2212-22.173-001 – GEOTEA s.r.l. – Certificato di prova (01.04.2022)
- [7] 2228-22.173-001 – GEOTEA s.r.l. – Certificato di prova (14.04.2022)
- [8] 8196P009RRG301000 – Sering Italia – Relazione geologica (2016)
- [9] 1253-CB-A-11011\_00 – Aquater Spa - Relazione Geotecnica (Ottobre 1997)
- [10] 4600001726 - Rilievo e Misurazioni termiche – TECNOGEOFISICA Srl – rev. 00 – 25.01.2022
- [11] Cardone Pietro, Cristallo Filippo Maurizio – RELAZIONE SISMICA (RSL III Liv.) - Studio della Risposta Sismica Locale III livello (RSL III-1D) basato sulle indagini effettuate nell'Isola 11 dello Stabilimento ENI di Ravenna (Maggio 2022)

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018: “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” – NTC2018 ;
- C.M. 21/01/2019: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17 gennaio 2018 ;
- UNI EN 1997-1 – Eurocode 7 – Geotechnical Design;
- UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN 206 : Concrete – Specification, performance, production and conformity;
- ASTM.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 7 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00


#### 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

La campagna di indagine condotta nel 2022 consiste in:

- N. 4 sondaggi geognostici a rotazione con carotaggio continuo fino alla profondità di 20.0 m (S1; S2; S5; S6);
- N. 2 sondaggi geognostici a rotazione con carotaggio continuo fino alla profondità di 30.0 m (S3; S4);
- N. 92 prove penetrometriche dinamiche (SPT) all'interno dei fori di sondaggio;
- prove speditive con penetrometro tascabile e scissometro;
- N. 3 piezometri a tubo aperto installati nei fori di sondaggio S1, S2 e S5;
- N. 2 prove sismiche Down-Hole realizzate nei fori di sondaggio S3 e S4 fino alla profondità di 30.0 m;
- N. 6 pozzetti esplorativi fino alla profondità di 2.0 m;
- N. 6 prove di carico su piastra, nei pozzetti esplorativi, alla profondità tra 0.6 m e 0.7 m dal piano campagna;
- N. 6 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTu) fino alla profondità di 20.0 m (CPTu1÷CPTu6);
- N. 4 prove di dissipazione nei livelli coesivi;
- N. 4 prove di permeabilità all'interno dei sondaggi S1, S2, S5 e S6.
- Prelievo di N.13 campioni indisturbati e N.17 campioni rimaneggiati durante l'esecuzione dei sondaggi;
- N. 10 prove di resistività elettrica (metodo Wenner);
- N. 5 prove di resistività termica.

Le prove di laboratorio effettuate sono:

- N. 20 analisi granulometriche;
- N. 21 limiti di Atterberg;
- N. 13 prove di taglio diretto;
- N. 4 prove triassiali (tipo UU);
- N. 6 prove edometriche;

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 8 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00


- Analisi chimiche per N. 6 campioni di terreno e N. 3 campioni di acqua.

Dalla precedente campagna di indagine, condotta nel 1997, sono state considerate soltanto le prove eseguite nell'area di interesse:

- N. 3 prove penetrometriche statiche (CPT) fino alla profondità di 10.00 m;
- N. 1 prova penetrometrica statica con piezocono (CPTu) fino alla profondità di 36.0 m;
- N. 1 sondaggio geognostico a rotazione con carotaggio continuo fino alla profondità di 40.0 m (BH1);
- N. 1 sondaggio geognostico a rotazione con carotaggio continuo fino alla profondità di 30.0 m (BH3);
- N. 14 prove penetrometriche dinamiche (SPT);
- N. 1 prova Cross-Hole nel sondaggio BH3 fino alla profondità di 28.0 m.
- N. 19 analisi granulometriche;
- N. 8 limiti di Atterberg;
- N. 4 prove triassiali (tipo UU);
- N. 5 prove edometriche.

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella figura 4.1.



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 9 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

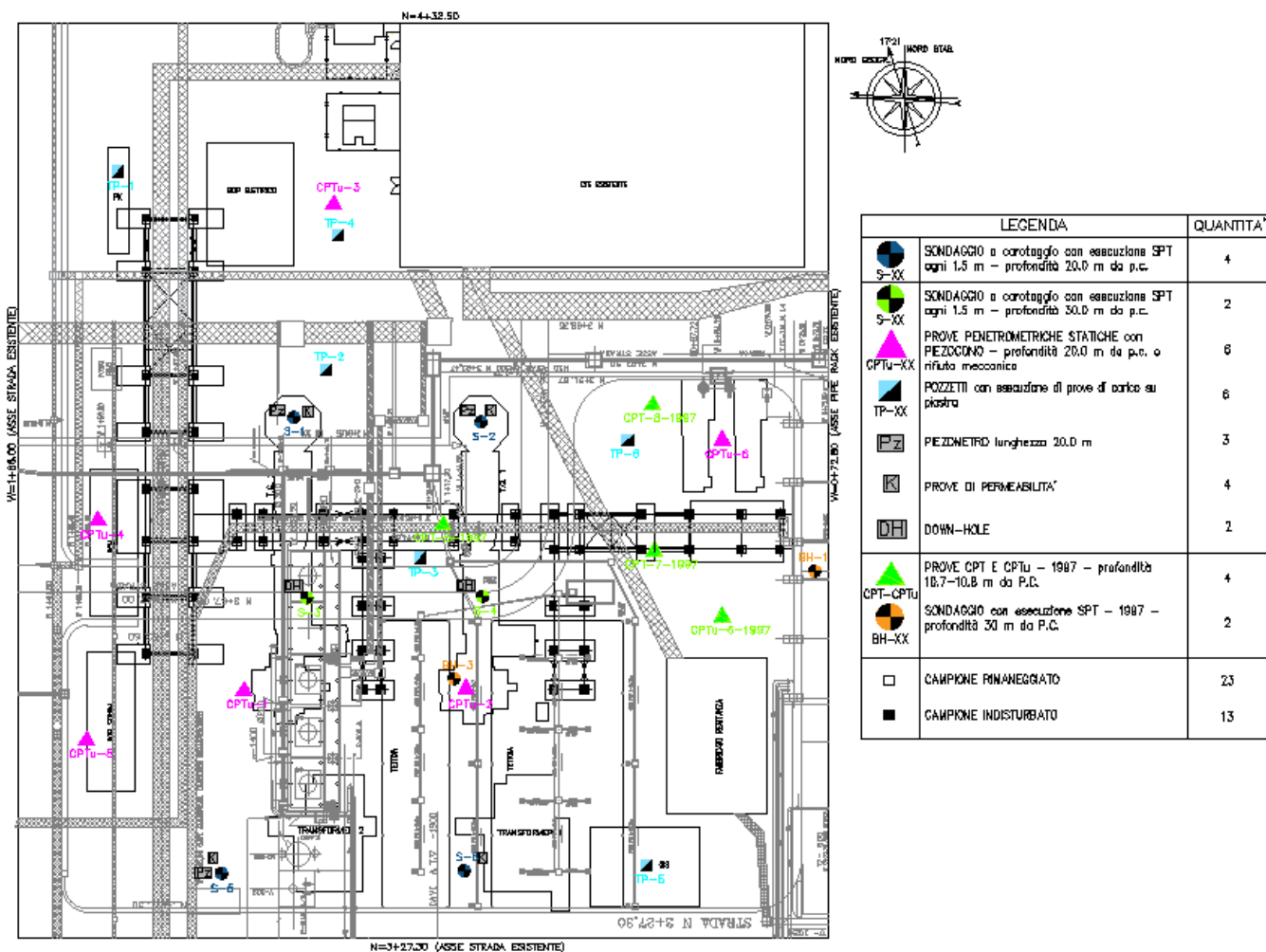



Figura 4.1 – Planimetria indagini geognostiche del 2022 e 1997

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 10 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.1 Sondaggi geognostici

In tabella 4.1.I sono riportati per ciascun sondaggio la quota a cui è stato effettuato il sondaggio stesso, la profondità raggiunta dal p.c., il numero e il tipo di campioni prelevati.

Sondaggio	Quota p.c.	Profondità raggiunta da p.c.	Prove SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati
	(m s.l.m.)	(m)	(n°)	(n°)	(n°)
S1	-0.102	20.0	13	2	3
S2	-0.092	20.0	13	2	3
S3	-0.142	30.0	20	4	3
S4	0.078	30.0	20	0	3
S5	-0.212	20.0	13	2	3
S6	0.108	20.0	13	3	3
BH1	0.083	40.0	6	6	
BH3	0.293	30.0	8	4	

**Tabella 4.1.I – Sondaggi geognostici**

Inoltre, sono state eseguite sulle carote di terreno le prove con scissometro e penetrometro tascabile.




#### 4.2 Prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test)

Durante l'esecuzione dei sondaggi, sono state realizzate prove penetrometriche dinamiche (SPT) a diverse profondità dal piano campagna. Sono state eseguite 20 prove SPT nei sondaggi spinti fino a 30.0 m di profondità dal p.c. e 13 prove SPT nei sondaggi spinti fino a 20.0 m di profondità da p.c..

Sono state inoltre considerate le prove penetrometriche SPT in 2 sondaggi eseguiti durante la precedente campagna del 1997.




Il numero di colpi necessario per far avanzare il penetrometro di 30 cm, in funzione della profondità, è riportato nelle tabelle 4.2.I e 4.2.II.

L'elaborazione dei valori ottenuti dalle prove SPT tramite correlazioni da letteratura è descritta nel capitolo 5.1.

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 11 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

Sondaggio	Profondità	N <sub>SPT</sub>	Sondaggio	Profondità	N <sub>SPT</sub>
	(m)	(n° colpi/30 cm)		(m)	(n° colpi/30 cm)
S1	1.60	17	S5	2.20	12
	3.00	9		3.00	15
	4.50	8		4.50	12
	6.00	2		6.00	7
	7.50	12		7.50	19
	9.00	13		9.00	11
	10.50	15		10.50	14
	12.00	14		12.00	16
	14.10	5		13.50	3
	15.50	6		15.60	5
	16.50	9		16.50	6
18.00	10	18.00	4		
19.60	6	20.00	8		
S2	1.90	8	S6	2.10	17
	3.00	12		3.00	14
	4.50	14		4.50	15
	6.60	16		6.00	17
	7.50	14		7.50	14
	9.00	8		9.00	16
	10.50	15		10.50	6
	12.00	19		12.00	20
	13.50	3		14.10	4
	15.00	6		15.00	6
	16.60	13		16.50	9
18.20	10	18.00	10		
20.00	6	20.00	11		


**Tabella 4.2.I – Prove penetrometriche dinamiche – Numero di colpi N<sub>SPT</sub> (1<sup>a</sup> parte)**

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 12 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

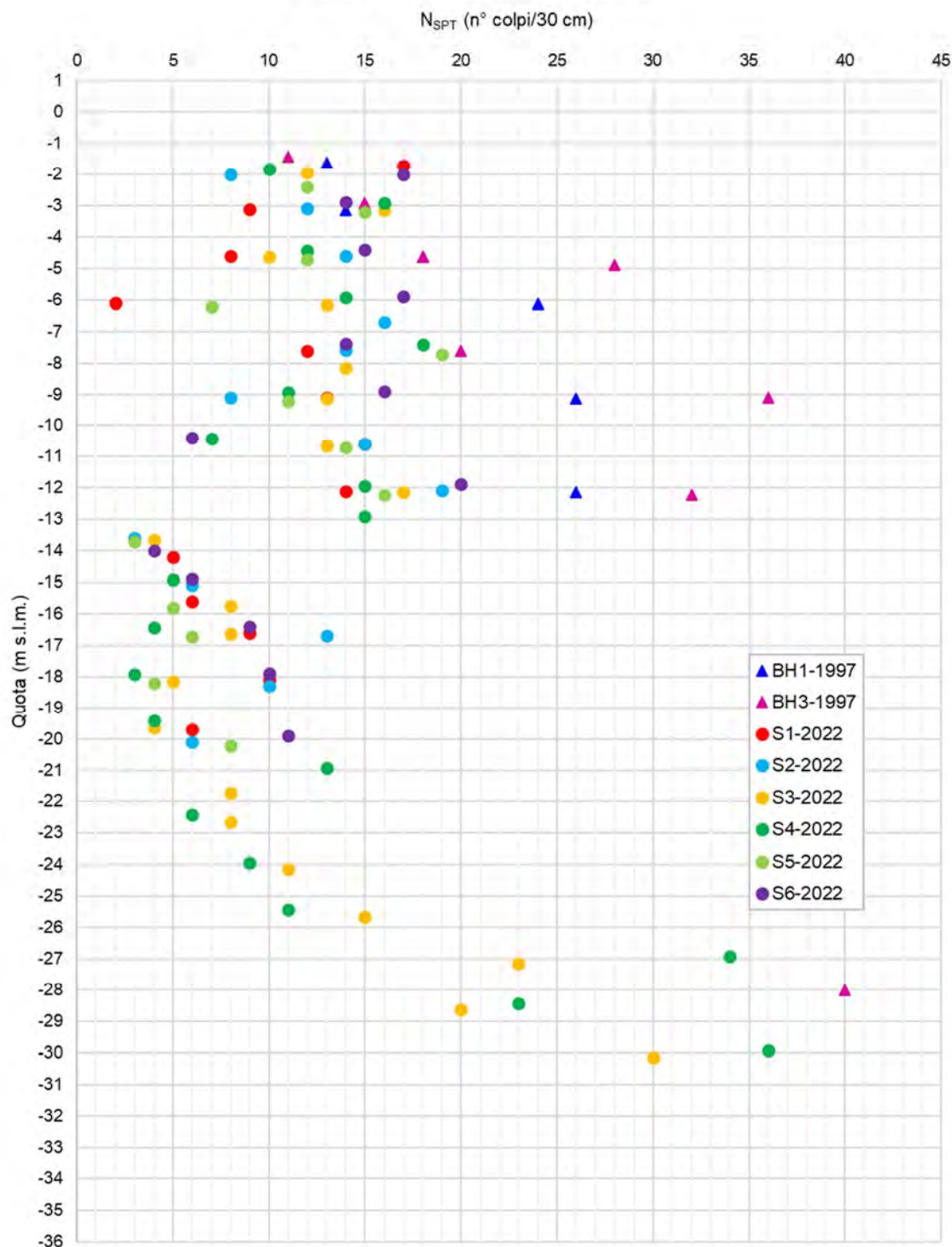
Sondaggio	Profondità	N <sub>SPT</sub>	Sondaggio	Profondità	N <sub>SPT</sub>
	(m)	(n° colpi/30 cm)		(m)	(n° colpi/30 cm)
S3	1.80	12	S4	1.90	10
	3.00	16		3.00	16
	4.50	10		4.50	12
	6.00	13		6.00	14
	8.00	14		7.50	18
	9.00	13		9.00	11
	10.50	13		10.50	7
	12.00	17		12.00	15
	13.50	4		13.00	15
	15.60	8		15.00	5
	16.50	8		16.50	4
	18.00	5		18.00	3
	19.50	4		19.50	4
	21.60	8		21.00	13
	22.50	8		22.50	6
	24.00	11		24.00	9
25.50	15	25.50	11		
27.00	23	27.00	34		
28.50	20	28.50	23		
30.00	30	30.00	36		
BH1	1.50	13	BH3	1.50	11
	3.00	14		3.00	15
	4.50	18		4.50	18
	6.00	24		5.00	28
	9.00	26		7.50	20
	12.00	26		9.00	36
			12.00	32	
			28.00	40	

**Tabella 4.2.II – Prove penetrometriche dinamiche – Numero di colpi N<sub>SPT</sub> (2° parte)**


Le figure 4.2.1 e 4.2.2 mostrano i valori di N<sub>SPT</sub> divisi per sondaggio e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 13 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

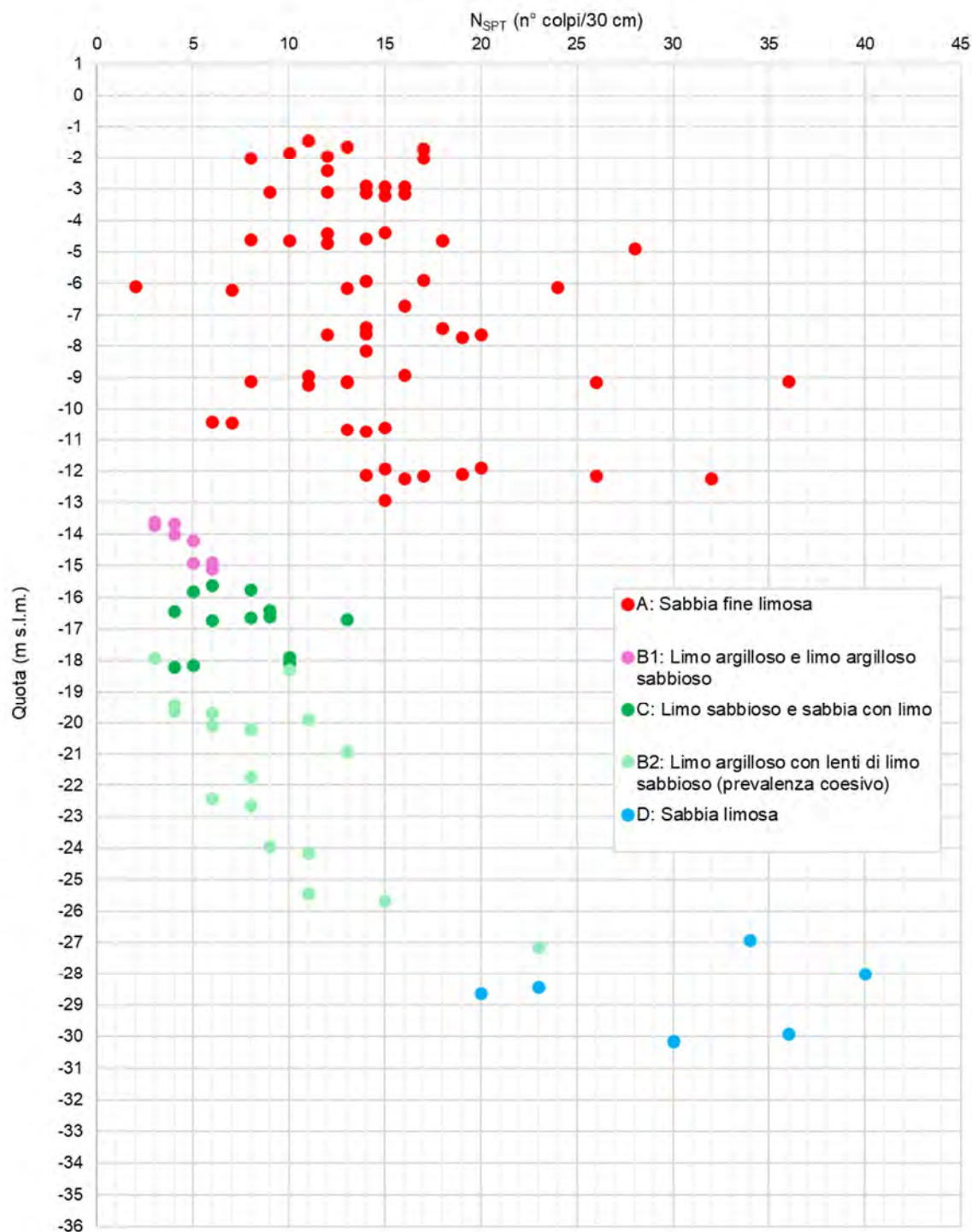
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Prove penetrometriche dinamiche SPT




**Figura 4.2.1 – N<sub>SPT</sub> (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 14 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Prove penetrometriche dinamiche SPT



**Figura 4.2.2 –  $N_{SPT}$  (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 15 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

Per tenere conto dell'influenza della tensione litostatica e del rendimento del sistema d'infissione, sono stati applicati al numero misurato dei colpi  $N_{SPT}$  i due coefficienti correttivi  $C_N$  e  $C_E$ :

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot C_E \cdot N_{SPT}$$

I coefficienti correttivi sono calcolati come indicato nelle seguenti formule:

$$C_N = \frac{1}{(\sigma'_{vo})^n}$$

$$C_E = \left( \frac{ER_{iM}}{60} \right)$$


dove:

$\sigma'_{vo}$  pressione efficace verticale [kg/cm<sup>2</sup>];

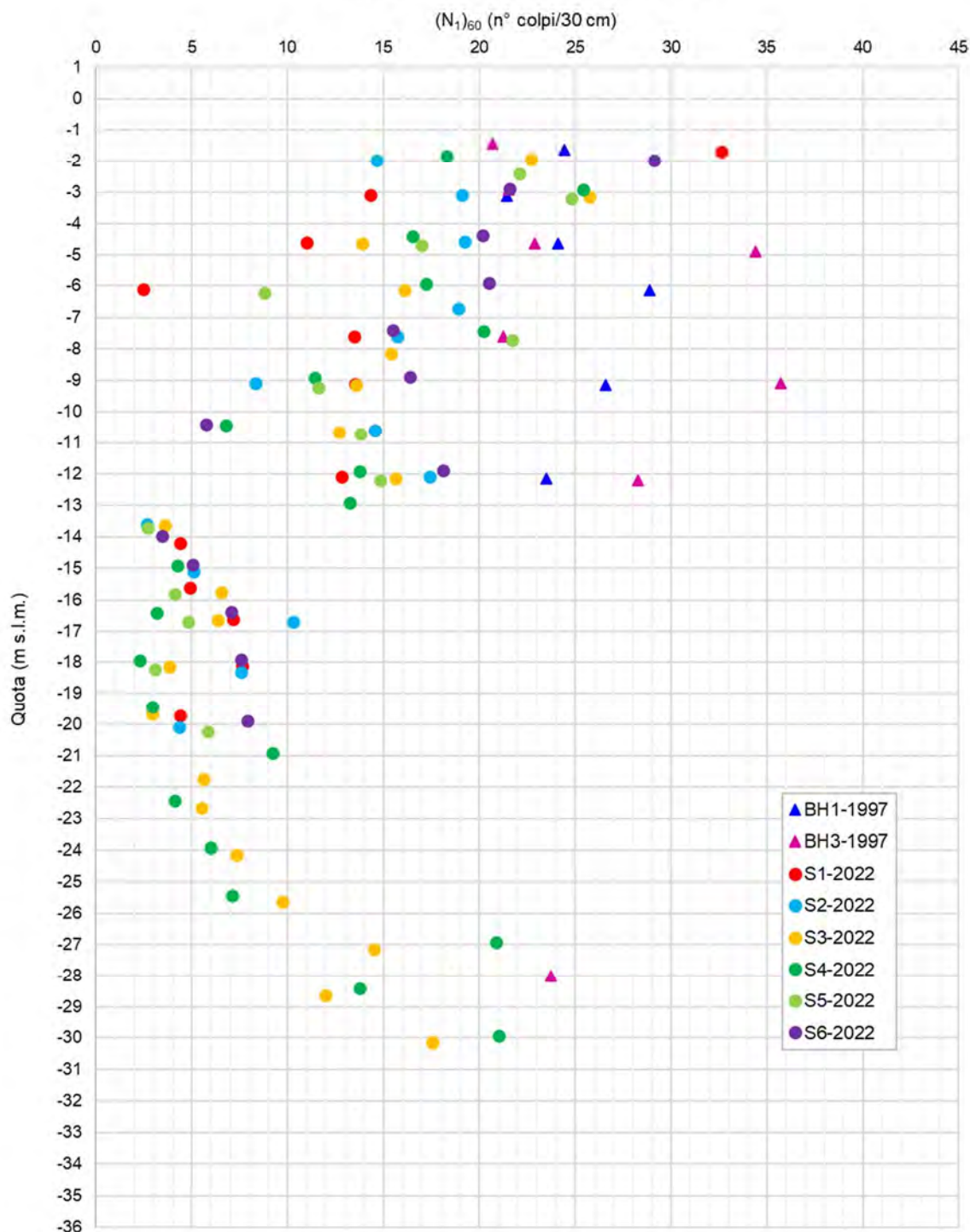
n fattore correttivo uguale a 0.5 (Liao e Whitman);

$ER_{iM}$  rendimento medio misurato espresso in percentuale, pari a 60%.

Le figure 4.2.3 e 4.2.4 mostrano i valori di  $(N_1)_{60}$  divisi per sondaggio e per tipologia di materiale.


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 16 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Prove penetrometriche dinamiche SPT

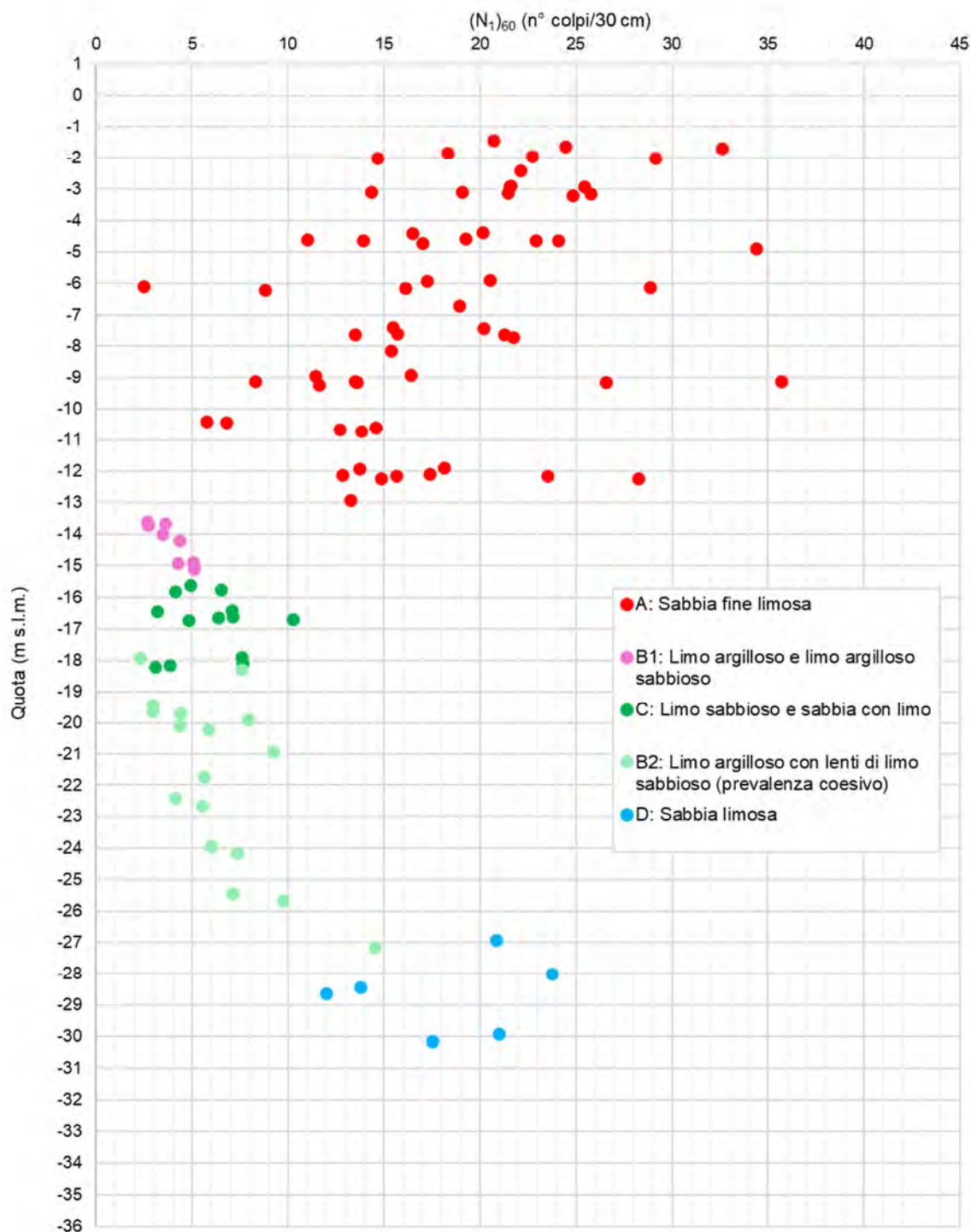


**Figura 4.2.3 –  $(N_1)_{60}$  (per sondaggio)**




	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 17 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Prove penetrometriche dinamiche SPT



**Figura 4.2.4 –  $(N_1)_{60}$  (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 18 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### 4.3 Prove geofisiche

All'interno di ognuno dei fori di sondaggio S3 e S4, spinti fino alla profondità di 30.0 m, è stata eseguita una prova sismica Down-Hole. Le lunghezze utili sono di 29.0 m per entrambi i sondaggi. Durante la campagna geognostica del 1997, è stata eseguita una prova sismica Cross-Hole nel sondaggio BH3 fino alla profondità di 28.0 m.

Le indagini sismiche in foro hanno consentito la misura delle velocità di propagazione delle onde di compressione  $V_P$  e delle onde di taglio  $V_S$ . I valori di velocità sismica misurati sono riportati nei documenti di riferimento [2, 9].

I risultati delle prove geofisiche sono mostrati nelle figure 4.3.1 e 4.3.2, in termini di velocità delle onde S ( $V_S$ ) e delle onde P ( $V_P$ ).



Company Document ID

017101DARVA1700

Eni Power Document ID

RA-IV-2205-CI-E-A1700

Contractor Document ID

20102-0100-C70-RE-00100

Vendor Document ID

/

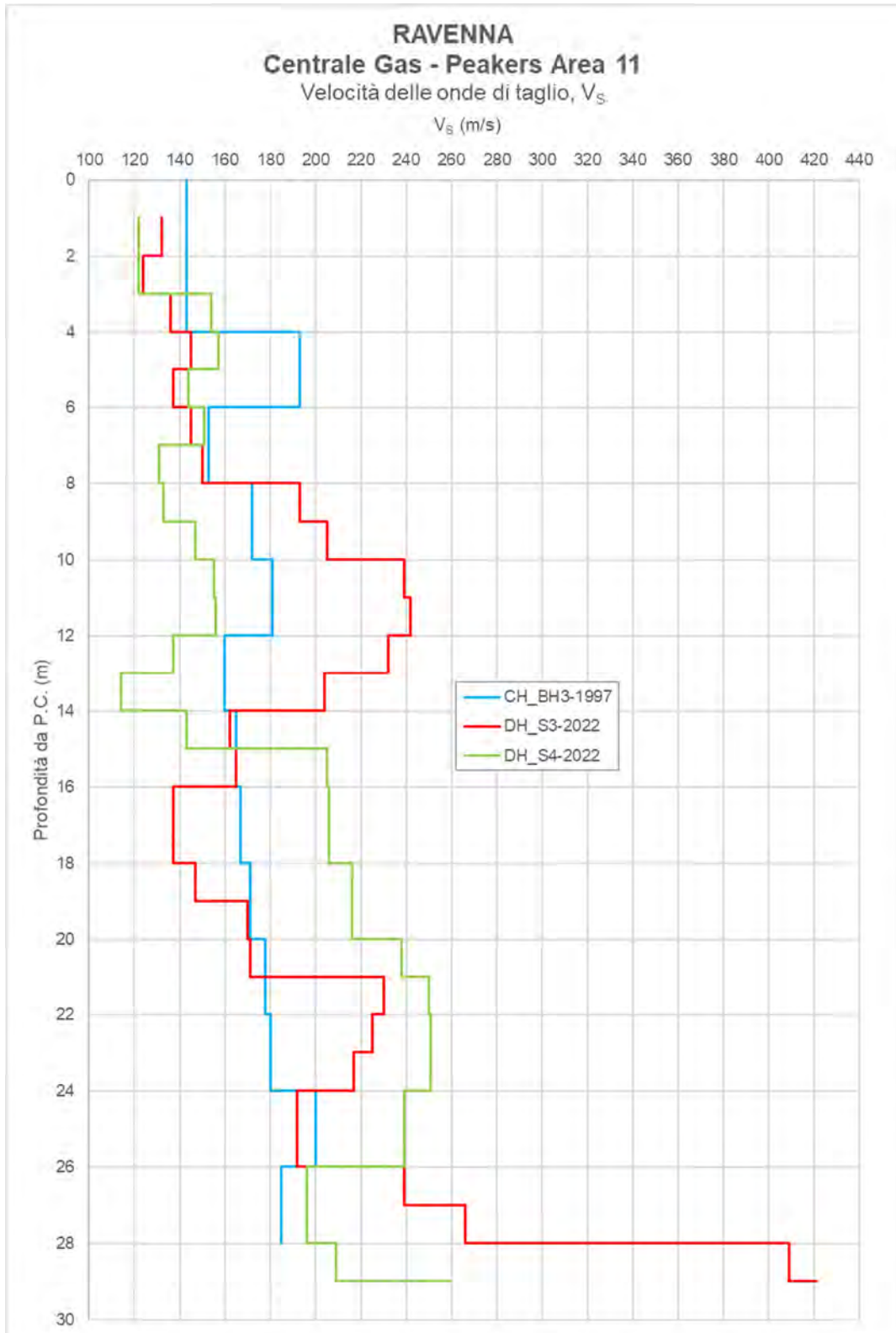
Sheet of Sheets  
19 / 159

Validity  
Status




Revision  
Number

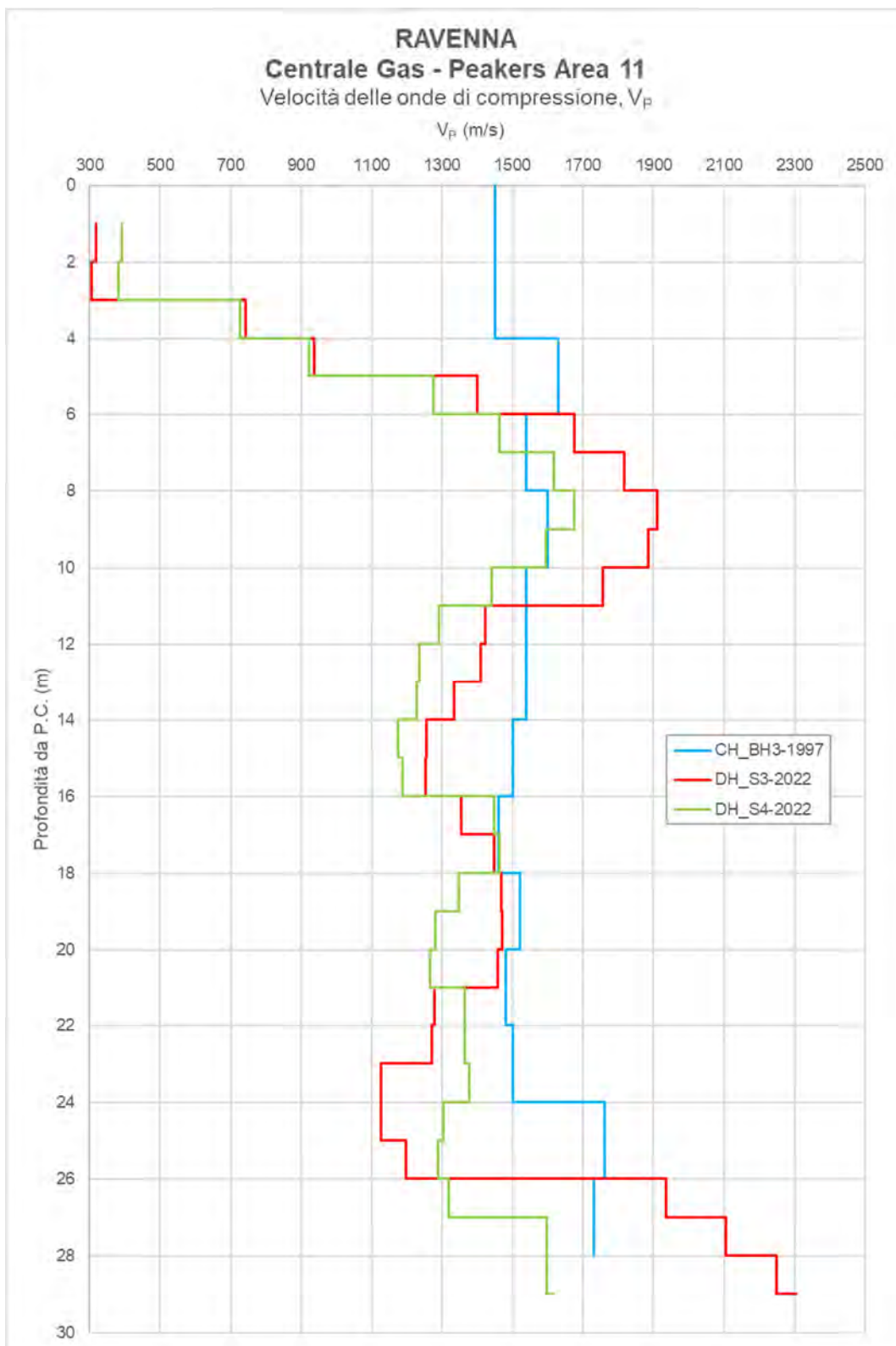
EX-DE

00




**Figura 4.3.1 – Velocità delle onde di taglio,  $V_s$**

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 20 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.3.2 – Velocità delle onde di compressione,  $V_P$**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 21 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.4 Pozzetti esplorativi e prove di carico su piastra

Nella campagna d'indagine sono state eseguite n. 6 prove di carico su piastra (PLT) entro pozzetti esplorativi, alla profondità tra 0.6 e 0.8 m dal piano campagna. I pozzetti hanno raggiunto la profondità di 2.00 m da p.c. e hanno consentito l'esecuzione della prova PLT e il prelievo di campioni di terreno rimaneggiato per ogni pozzetto. Le prove sono state eseguite con piastra di diametro di 450 mm e spessore non inferiore a 25 mm, condotte in accordo alla normativa ASTM D1196-93, come riportato sulla specifica tecnica.

L'ubicazione delle prove è riportata in figura 4.1. Il massimo carico applicato per l'esecuzione di tutte le prove di carico su piastra è stato pari a 450 kPa, ad eccezione della PLT-TP4 che ha raggiunto i 350 kPa.

Le caratteristiche dei pozzetti e delle relative prove di carico su piastra sono indicate nella Tabella 4.4.I.




Pozzetto	Quota	Profondità pozzetto	Profondità prova PLT	Materiale al p.posa della piastra
	(m s.l.m)	(m)	(m)	
TP1	-0.322	2.0	0.7	Sabbia medio/fine deb. limosa
TP2	-0.152	2.0	0.7	Sabbia medio/fine deb. limosa
TP3	-0.072	2.0	0.6	Sabbia medio/fine
TP4	-0.032	2.0	0.7	Limo argilloso deb. sabbioso
TP5	0.138	2.0	0.7	Sabbia medio/fine deb. limosa
TP6	-0.132	2.0	0.8	Sabbia fine deb. limosa

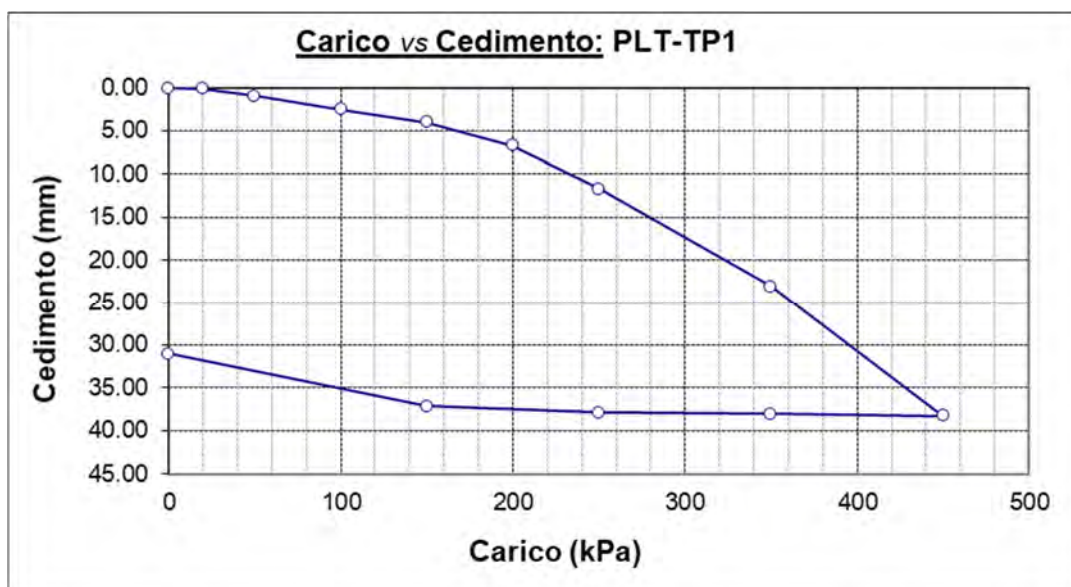
**Tabella 4.4.I – Caratteristiche dei pozzetti geognostici**

Nella tabella 4.4.II sono riportati i cedimenti misurati. Nelle figure da 4.4.1 a 4.4.6 sono riportati i grafici carico-cedimento.

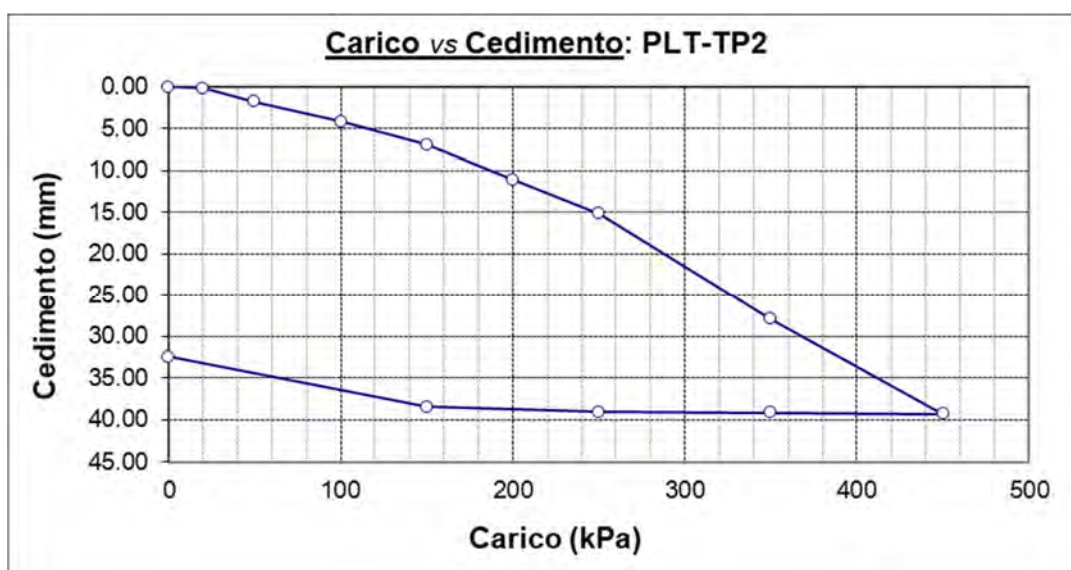
Prova	q <sub>max</sub> applicato	Ced. massimo misurato	Ced. recuperato (elastico)	Ced. residuo	
	(kPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)
PLT - TP1	450	38.27	31.05	7.22	19
PLT - TP2	450	39.30	32.41	6.89	18
PLT - TP3	450	3.49	1.45	2.04	58
PLT - TP4	350	31.21	25.21	6.00	19
PLT - TP5	450	7.34	4.31	3.03	41
PLT - TP6	450	41.29	34.64	6.65	16

**Tabella 4.4.II – Prove di carico su piastra – Cedimenti massimi e residui**




  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 22 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

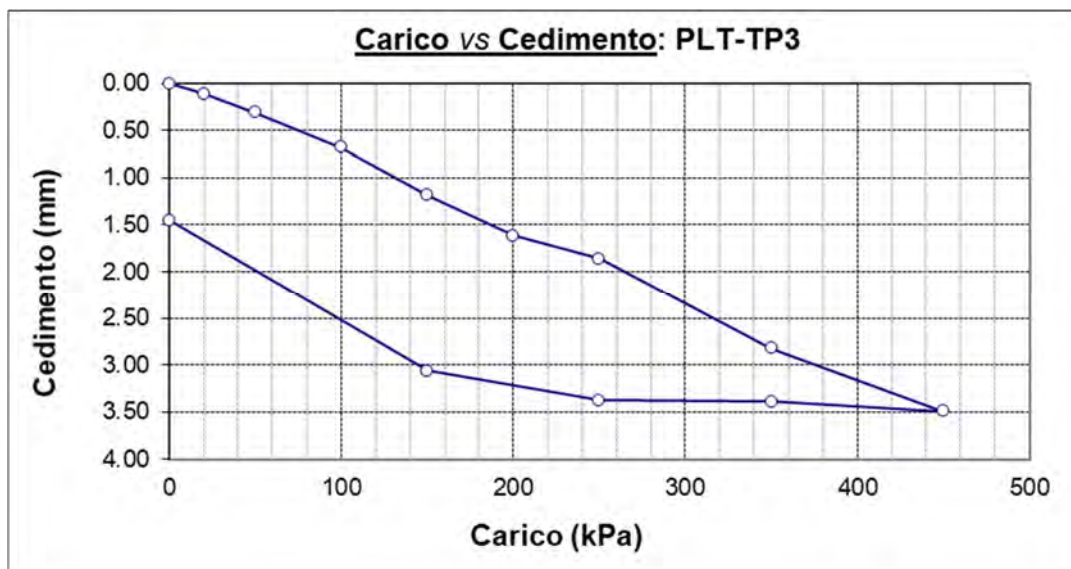


**Figura 4.4.1 – Grafico carico-cedimento – PLT-TP1**

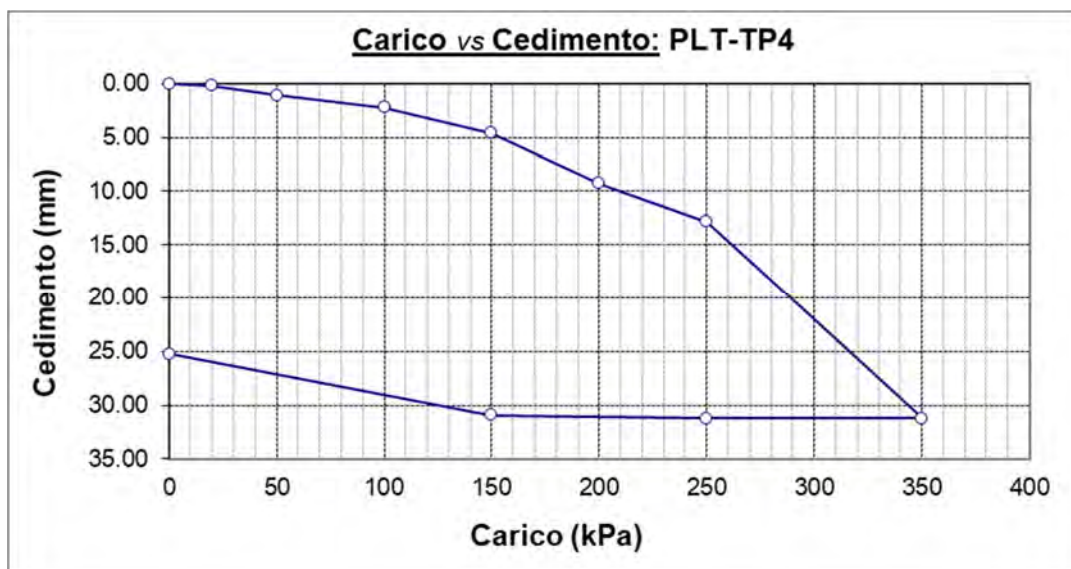


**Figura 4.4.2 – Grafico carico-cedimento – PLT-TP2**




  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 23 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

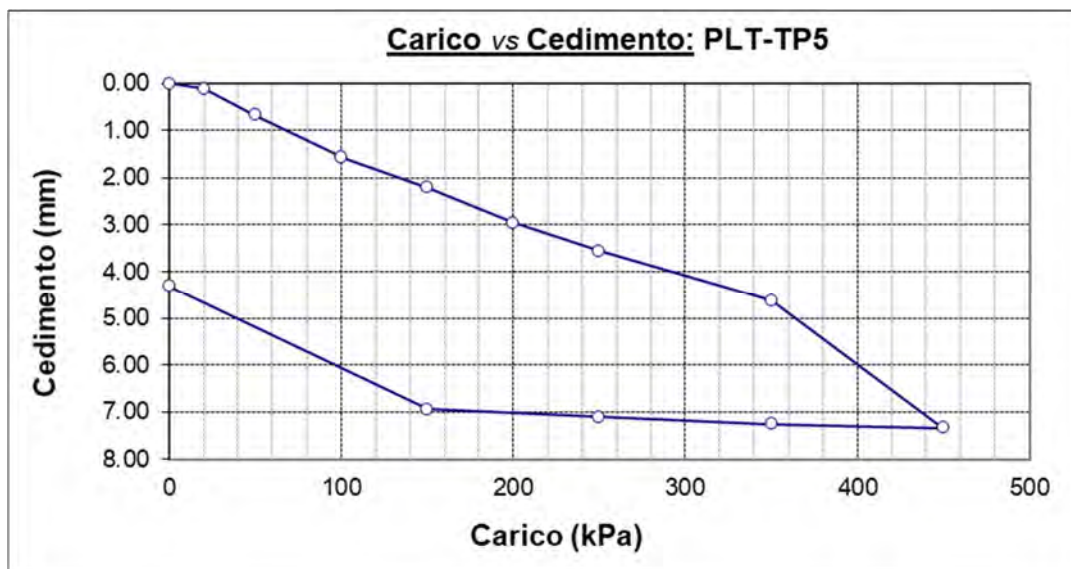


**Figura 4.4.3 – Grafico carico-cedimento – PLT-TP3**

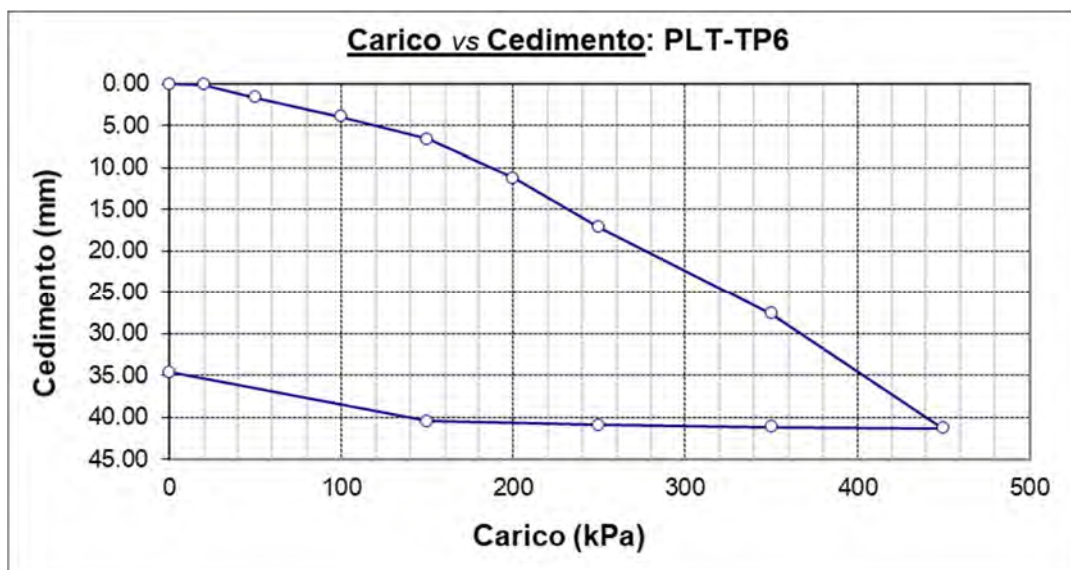


**Figura 4.4.4 – Grafico carico-cedimento – PLT-TP4**

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 24 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.4.5** – Grafico carico-cedimento – PLT-TP5



**Figura 4.4.6** – Grafico carico-cedimento – PLT-TP6

L'elaborazione dei valori ottenuti dalle prove PLT tramite correlazioni empiriche è descritta nel capitolo 5.3.



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 25 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.5 Prove penetrometriche statiche e con piezocono (CPT e CPTu)


Durante la campagna d'indagine sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche statiche. In 3 di esse (CPTu1, CPTu2 e CPTu6) sono state eseguite nei livelli coesivi n. 4 prove di dissipazione delle sovrappressioni.

Le prove penetrometriche statiche sono state realizzate fino alla profondità massima di 20.00 m dal piano campagna.

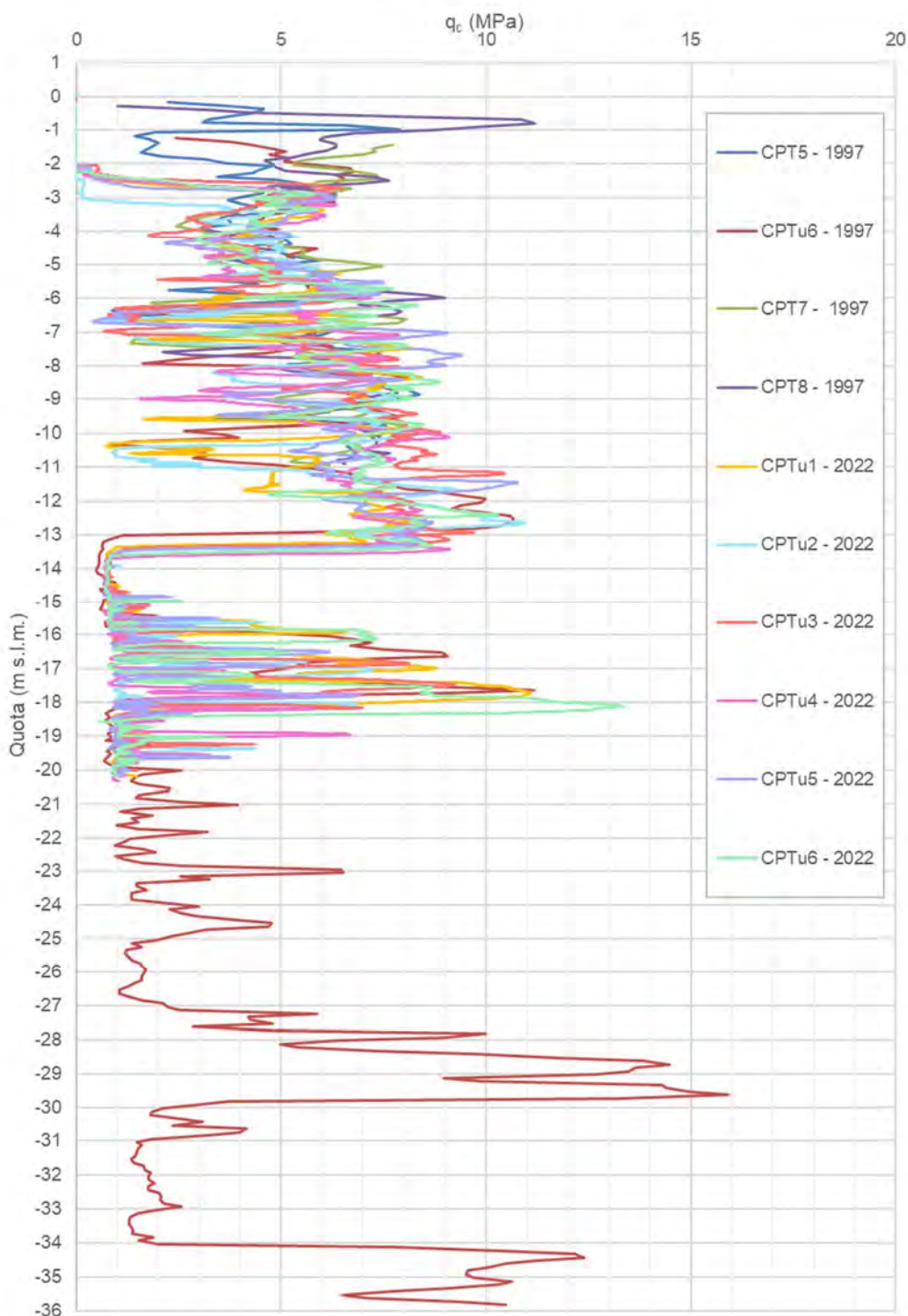
A queste si aggiunge la valutazione delle prove effettuate durante l'indagine del 1997, consistente in n. 3 prove penetrometriche statiche (CPT) e n. 1 prova penetrometrica statica con misurazione delle pressioni interstiziali (CPTu).

Nelle figure da 4.5.1 a 4.5.5 sono riportati rispettivamente i valori della resistenza di punta ( $q_c$ ), della resistenza laterale ( $f_s$ ), del rapporto delle resistenze ( $F_R$ ), della resistenza alla punta corretta ( $q_t$ ) e della sovrappressione ( $u_2$ ) in funzione della quota.


L'elaborazione dei valori ottenuti dalle prove CPT/CPTu tramite correlazioni da letteratura è descritta nel capitolo 5.2.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 26 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

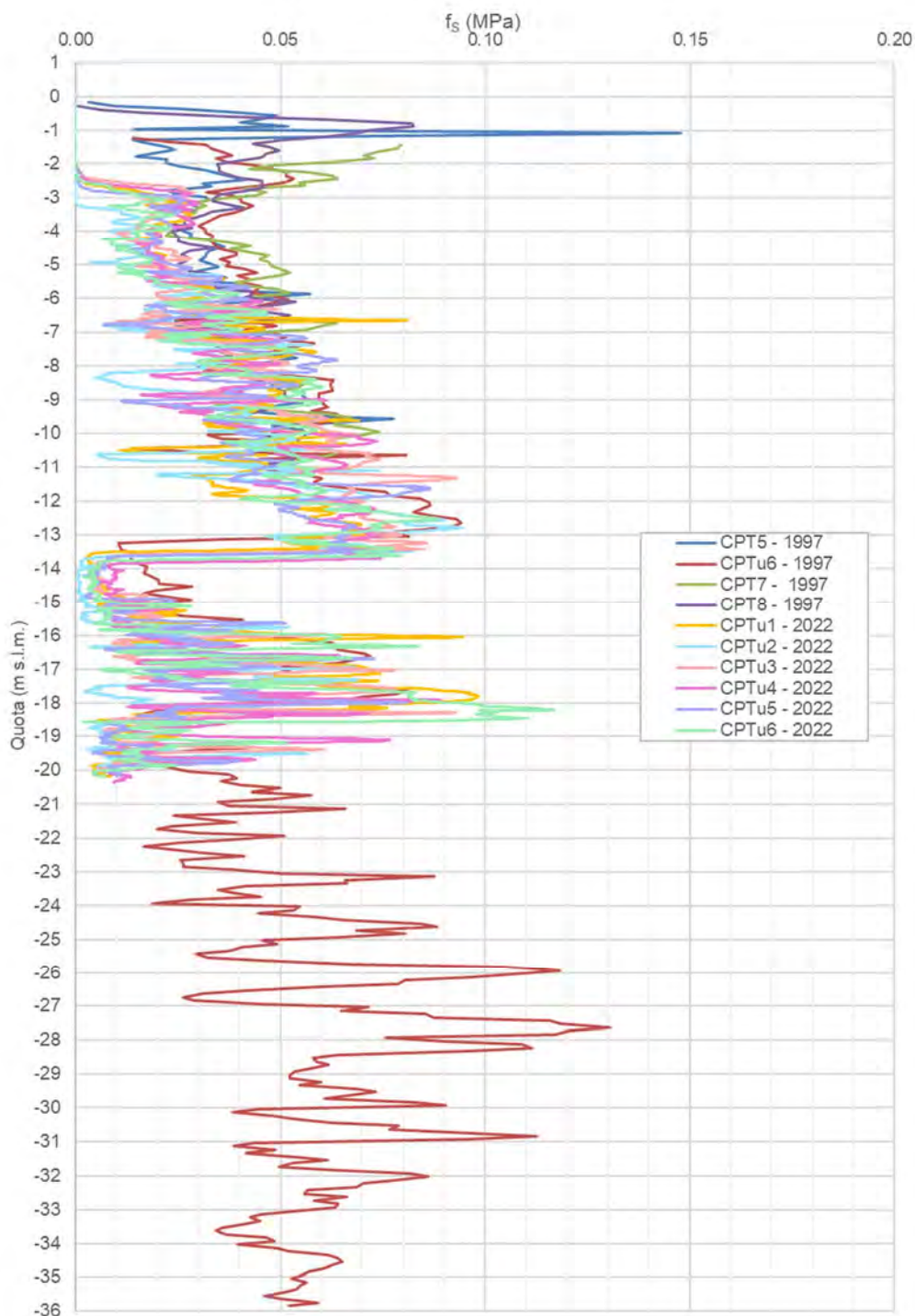
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Resistenza alla punta,  $q_c$  da CPT e CPTu




**Figura 4.5.1** – Prove penetrometriche statiche CPT e CPTu – Resistenza alla punta  $q_c$

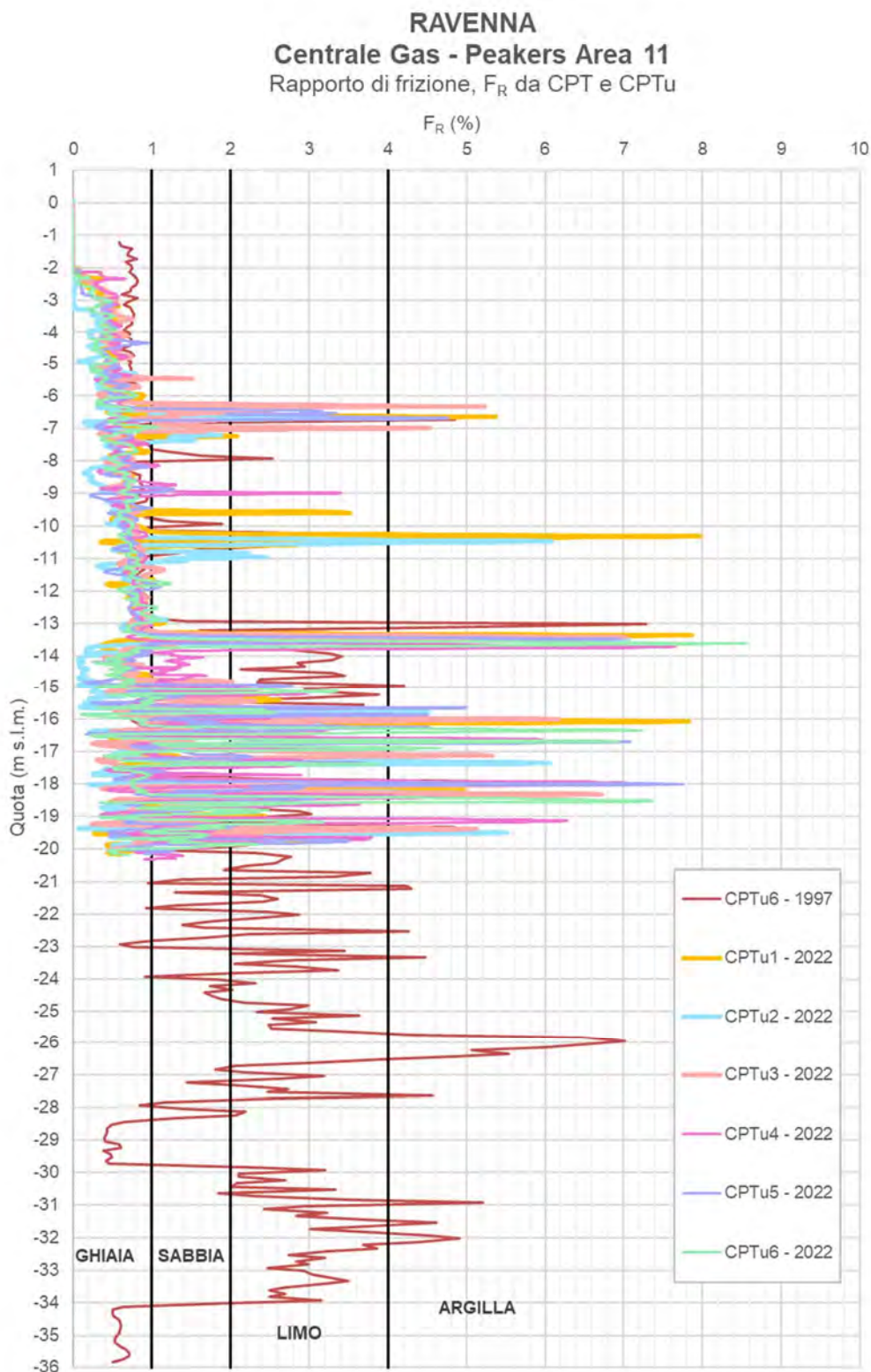
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 27 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Resistenza laterale,  $f_s$  da CPT e CPTu




**Figura 4.5.2** – Prove penetrometriche statiche CPT e CPTu – Resistenza laterale  $f_s$

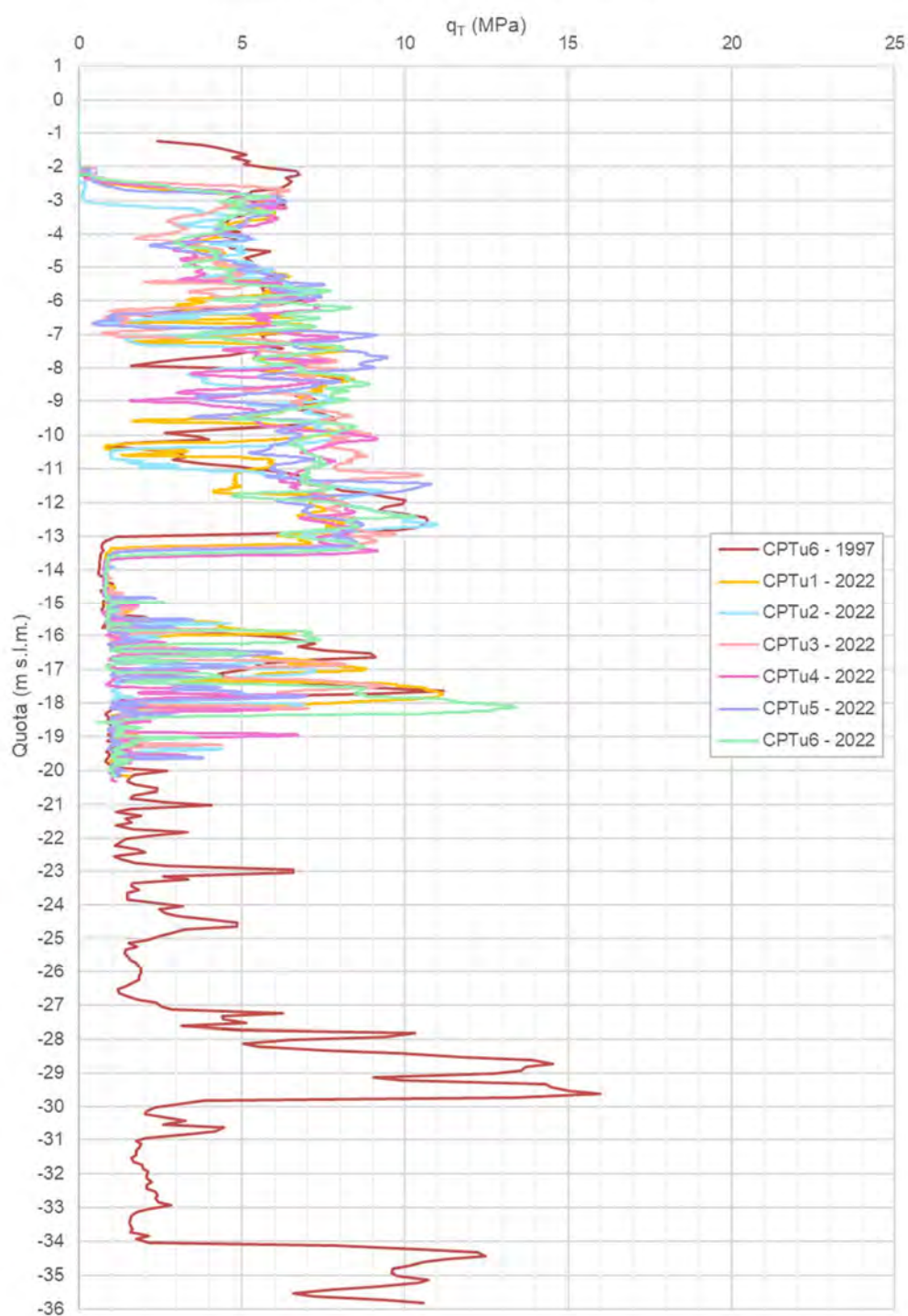
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 28 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.5.3** – Prove penetrometriche statiche CPT e CPTu – Rapporto di frizione  $F_R$

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 29 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

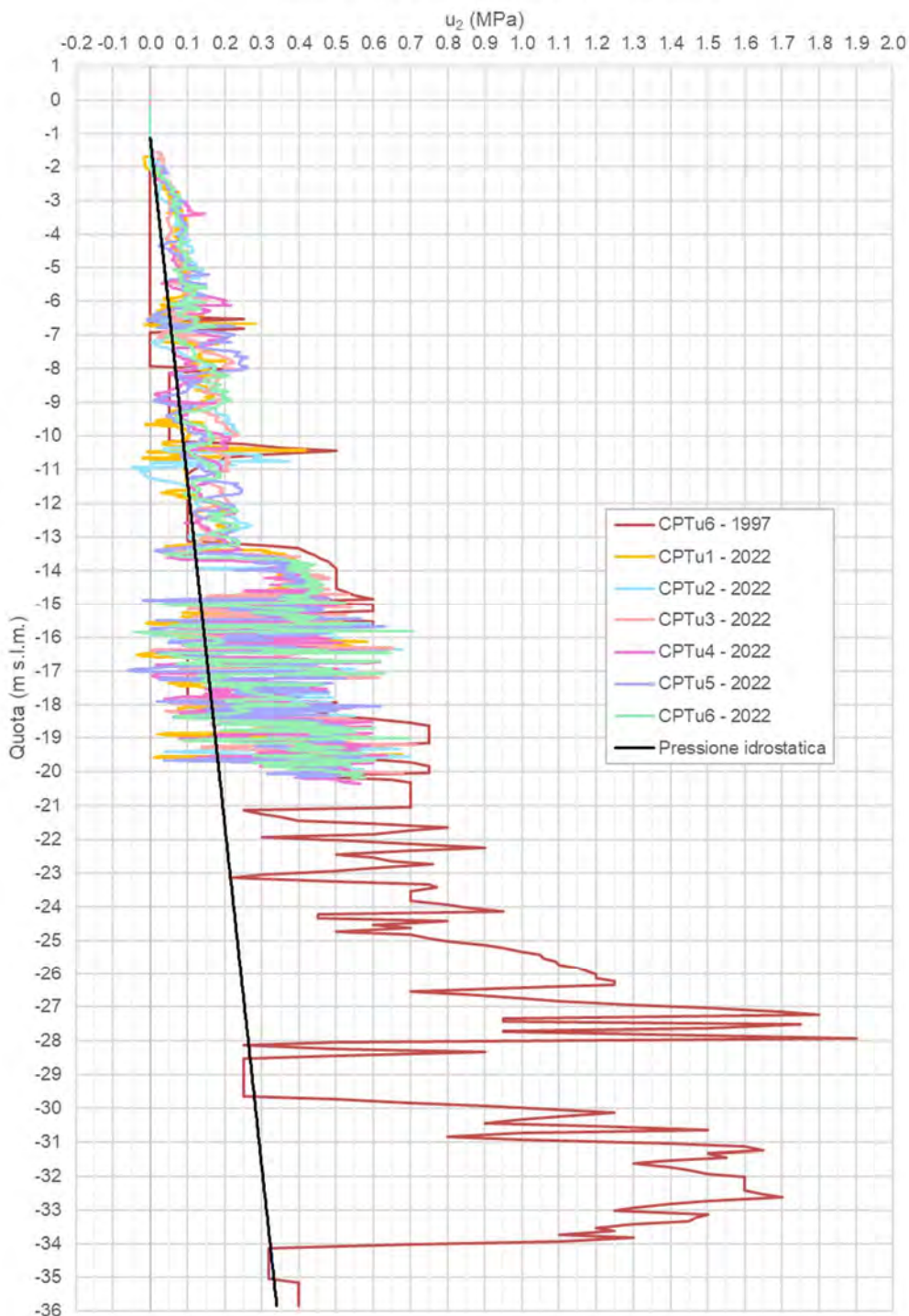
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Resistenza alla punta corretta,  $q_T$  da CPTu




**Figura 4.5.4** – Prove penetrometriche statiche CPTu – Resistenza alla punta corretta  $q_T$

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 30 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Pressione interstiziale misurata,  $u_2$  da CPTu




**Figura 4.5.5** – Prove penetrometriche statiche CPTu – Pressione interstiziale  $u_2$

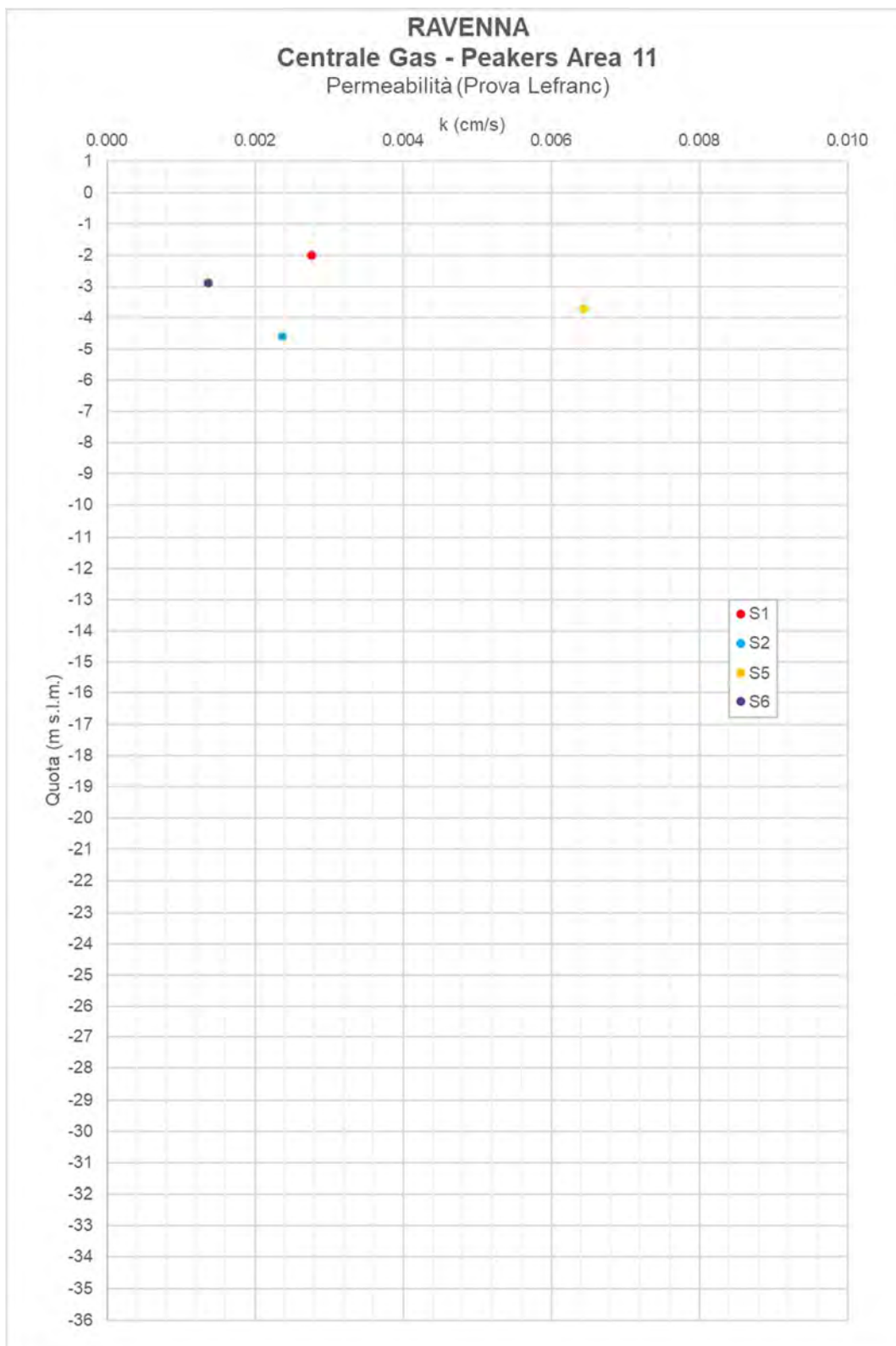
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 31 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.6 Prove di permeabilità

All'interno dei sondaggi S1, S2, S5, S6 sono state realizzate n. 4 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile.


In figura 4.6.1 sono raffigurati i risultati delle prove Lefranc.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 32 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.6.1 – Permeabilità (Prova Lefranc)**



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 33 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.7 Prove di laboratorio

Entro le verticali di sondaggio sono stati prelevati a diverse profondità campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, rappresentativi degli strati incontrati. In tabella 4.1.1 è riportato il numero di provini per ogni sondaggio.


In questa sezione, dedicata alle prove di laboratorio, è riportata una sintesi dei risultati sia dalla campagna geognostica del 2022 che del 1997.

Le prove eseguite in laboratorio sui complessivi 53 campioni sono state le seguenti:

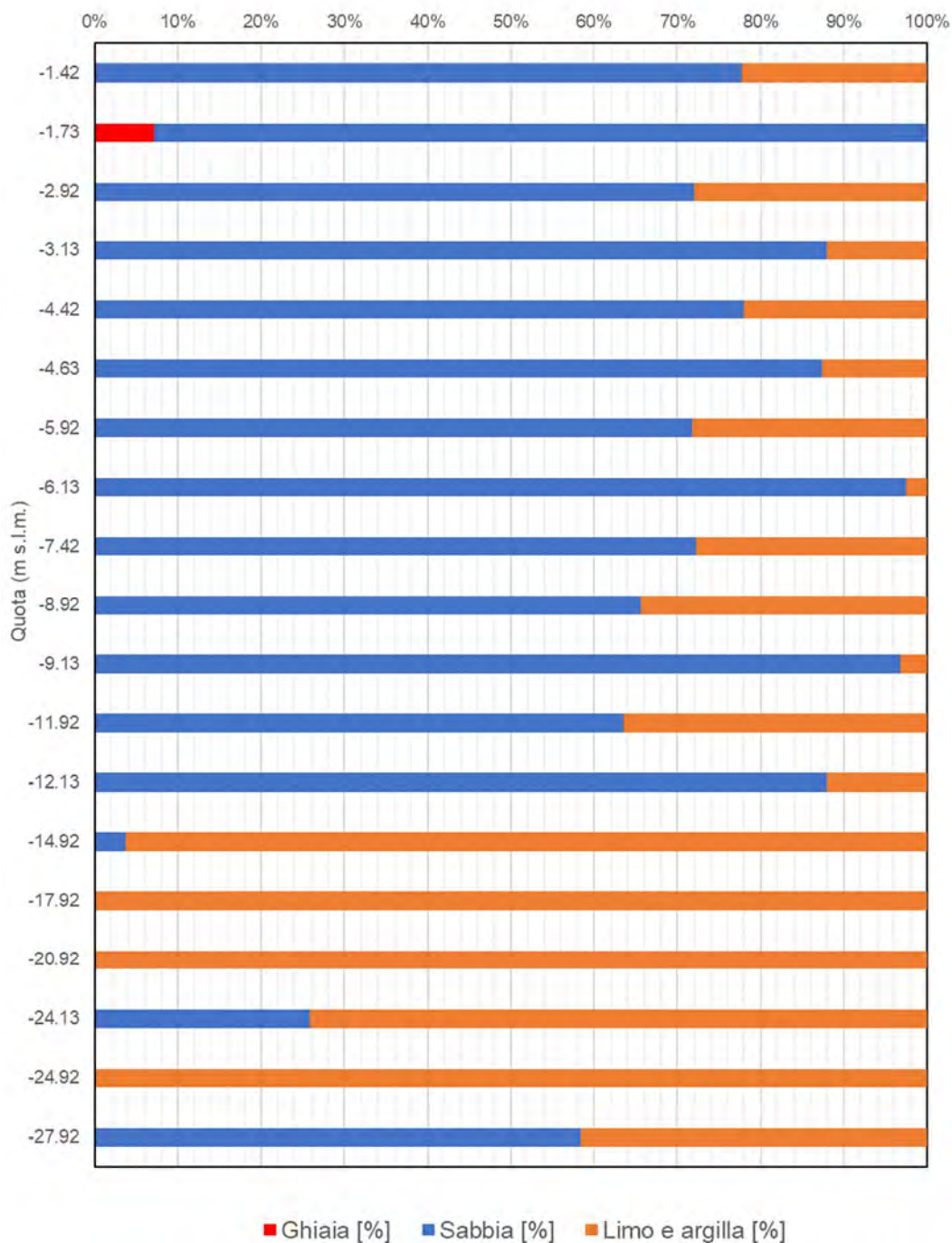
- analisi granulometriche per vagliatura su n. 39 campioni prelevati a diverse profondità;
- determinazione dei limiti di Atterberg su n. 29 campioni prelevati a diverse profondità;
- determinazione del peso naturale di volume su n. 23 campioni;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua su n. 29 campioni;
- determinazione del contenuto di materiale organico su n. 6 campioni;
- prova di taglio diretto su n. 13 campioni;
- prova triassiale di tipo UU su n. 8 campioni;
- prova di consolidazione edometrica su n. 11 campioni;
- prove chimiche in termini di contenuto di solfati  $SO_4^{2-}$  e acidità su n. 6 campioni di terreno.

##### 4.7.1 Analisi granulometrica


Nelle figure 4.7.1.1 e 4.7.1.2 sono raffigurati i risultati delle prove granulometriche dei campioni prelevati durante le campagne geognostiche del 1997 e 2022.

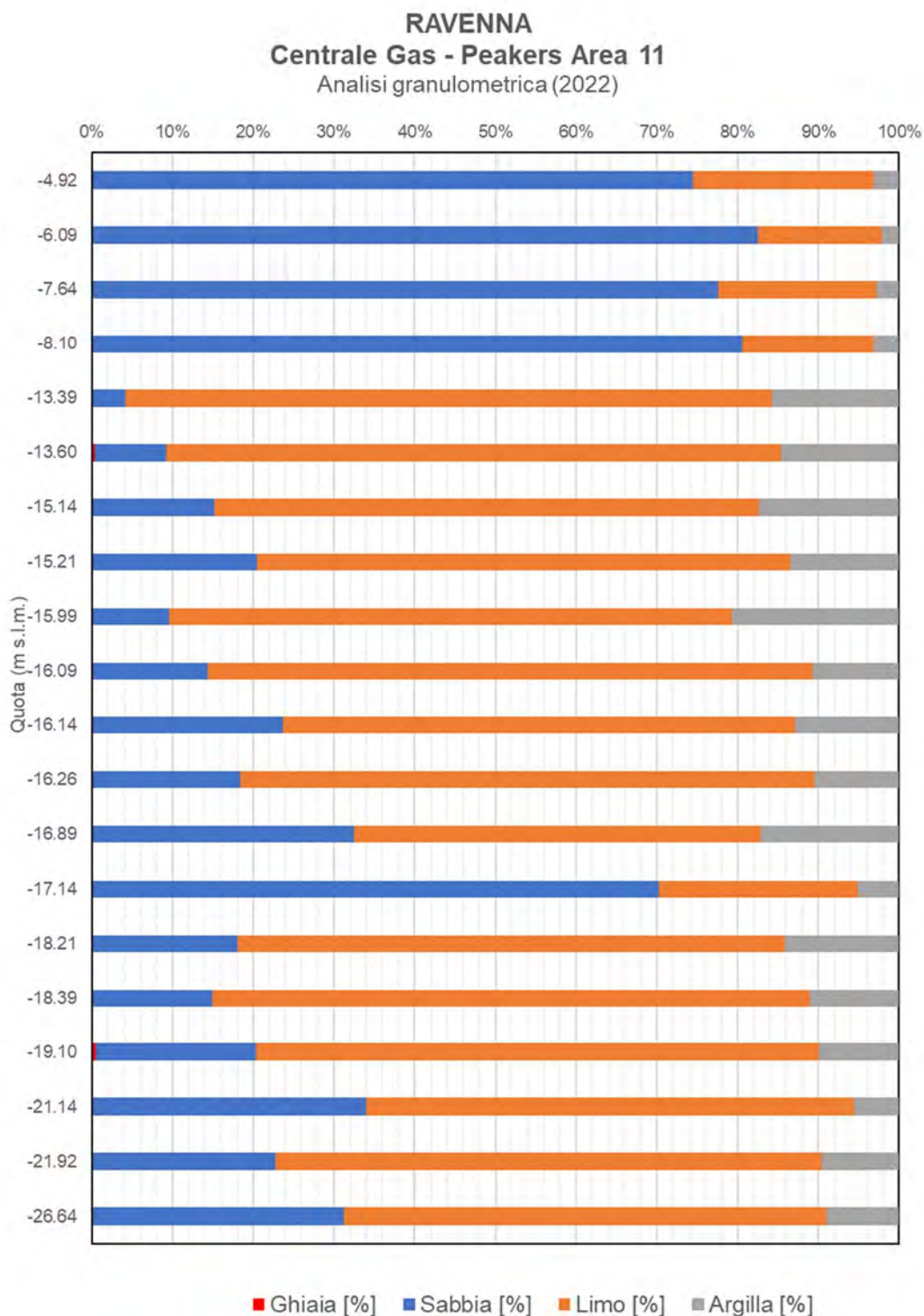
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 34 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Analisi granulometrica (1997)




**Figura 4.7.1.1** – Distribuzione granulometrica in funzione della quota (Campagna geognostica 1997)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 35 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.7.1.2** – Distribuzione granulometrica in funzione della quota (Campagna geognostica 2022)

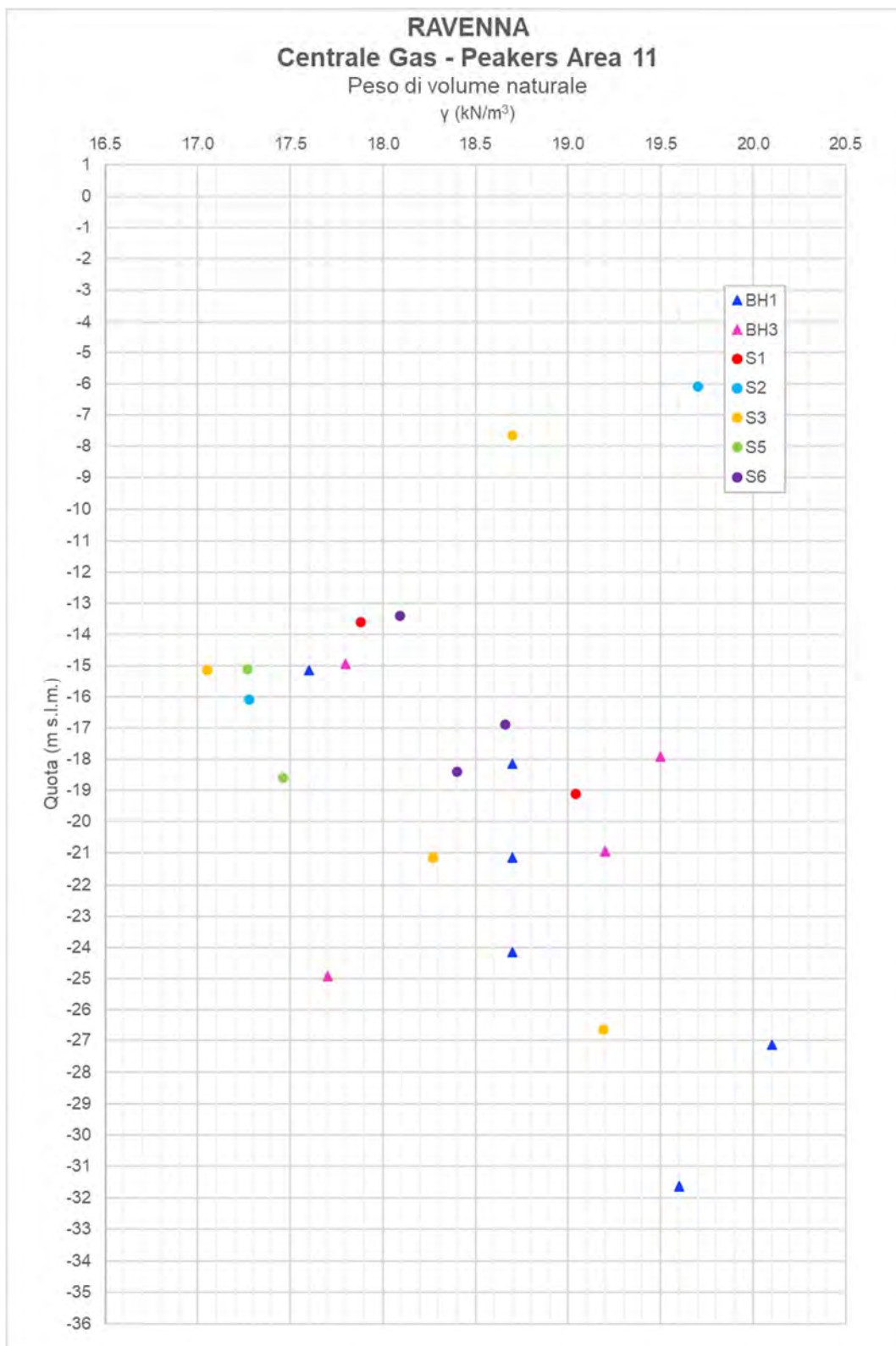
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 36 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.7.2 Peso di volume naturale


Le figure 4.7.2.1 e 4.7.2.2 mostrano il valore del peso di volume naturale alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

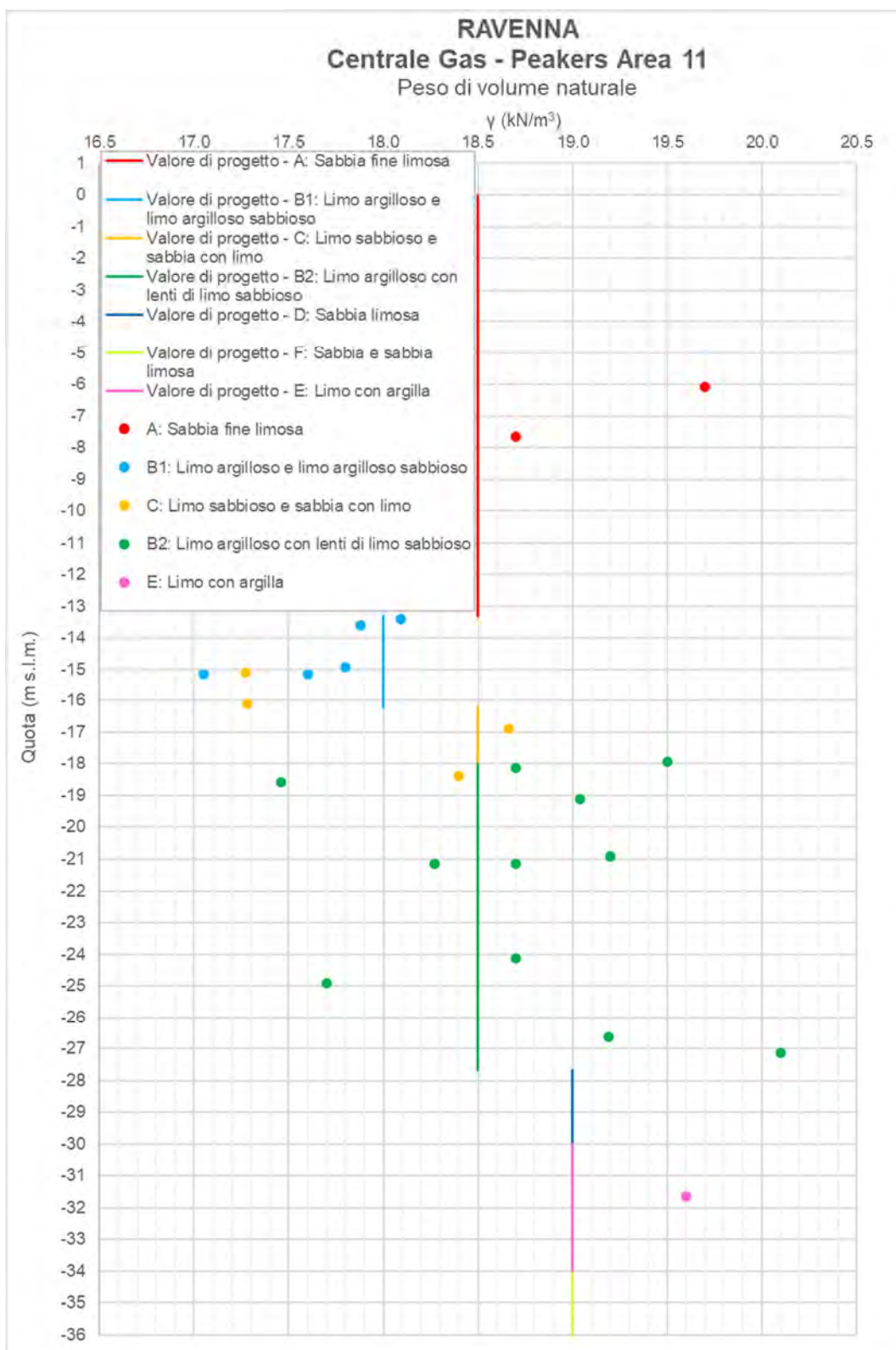
Inoltre, in figura 4.7.2.2 sono mostrati anche i valori di progetto.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 37 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.7.2.1 – Peso di volume naturale (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 38 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.7.2.2 – Peso di volume naturale (per materiale)**


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 39 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

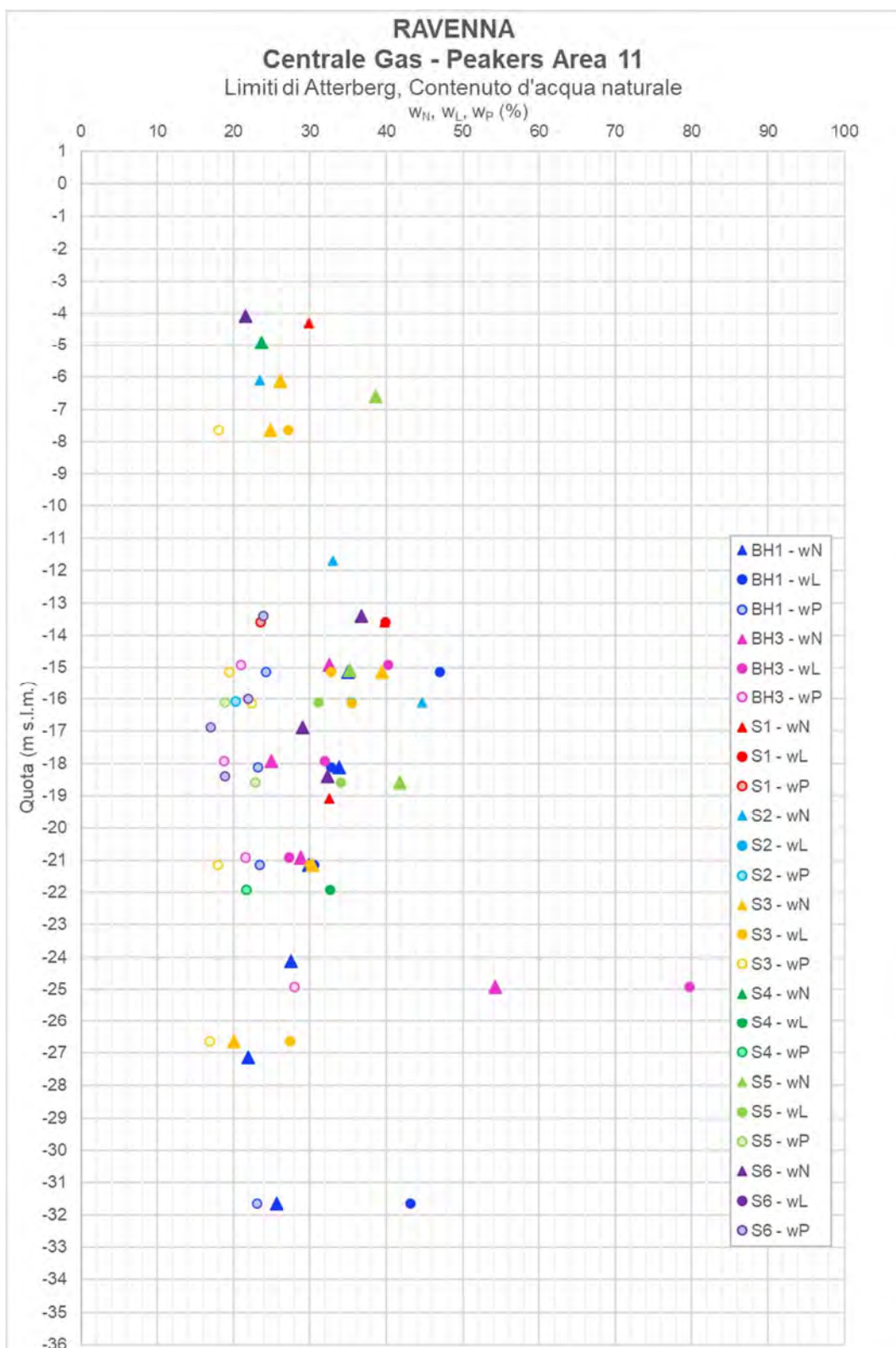
#### 4.7.3 Limiti di Atterberg

Su 29 campioni di terreno prelevati sono stati determinati i limiti di Atterberg: limite liquido  $w_L$  e il limite plastico  $w_P$  (Figura 4.7.3.1). Dai valori ottenuti si è poi dedotto l'indice di plasticità  $I_P$ .

In figura 4.7.3.1 è rappresentato anche il contenuto d'acqua naturale  $w_N$ .


L'indice di plasticità è rappresentato nei grafici delle figure 4.7.3.2 e 4.7.3.3, in funzione della quota corrispondente e divisi per sondaggio e tipologia di materiale.

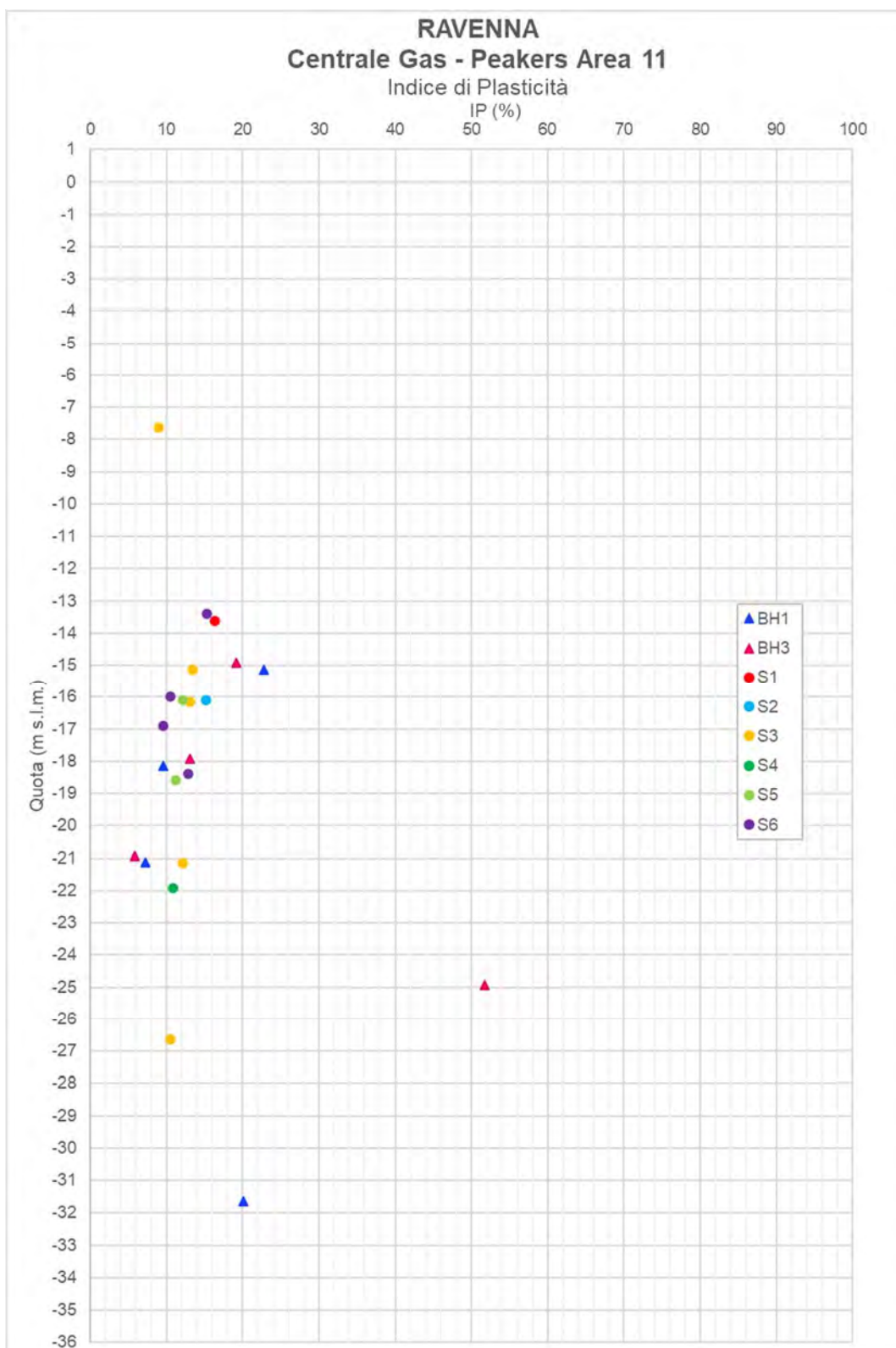
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 40 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.7.3.1 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale**

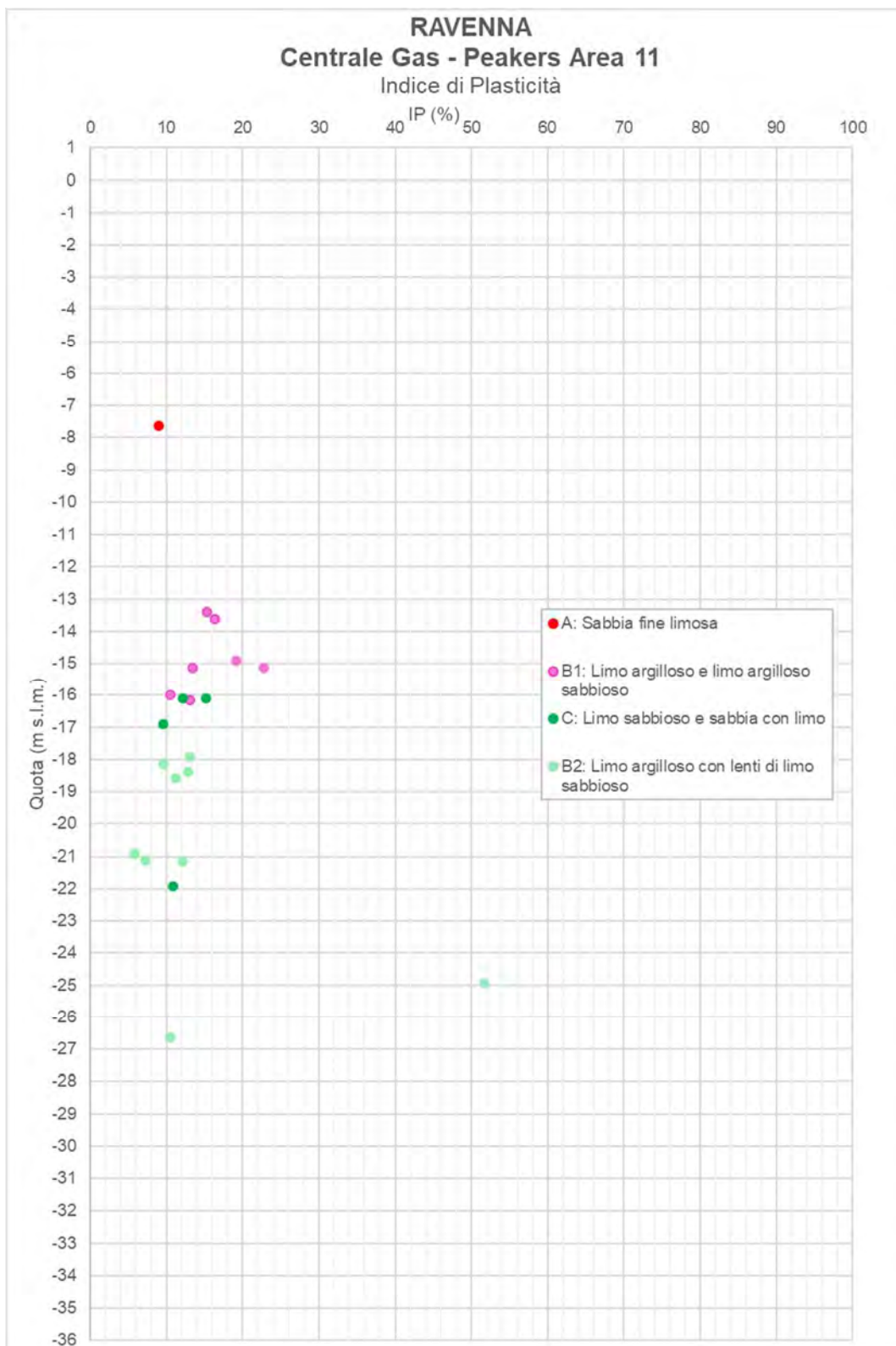


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 41 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.7.3.2 – Indice di plasticità (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 42 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.7.3.3 – Indice di plasticità (per materiale)**


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 43 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

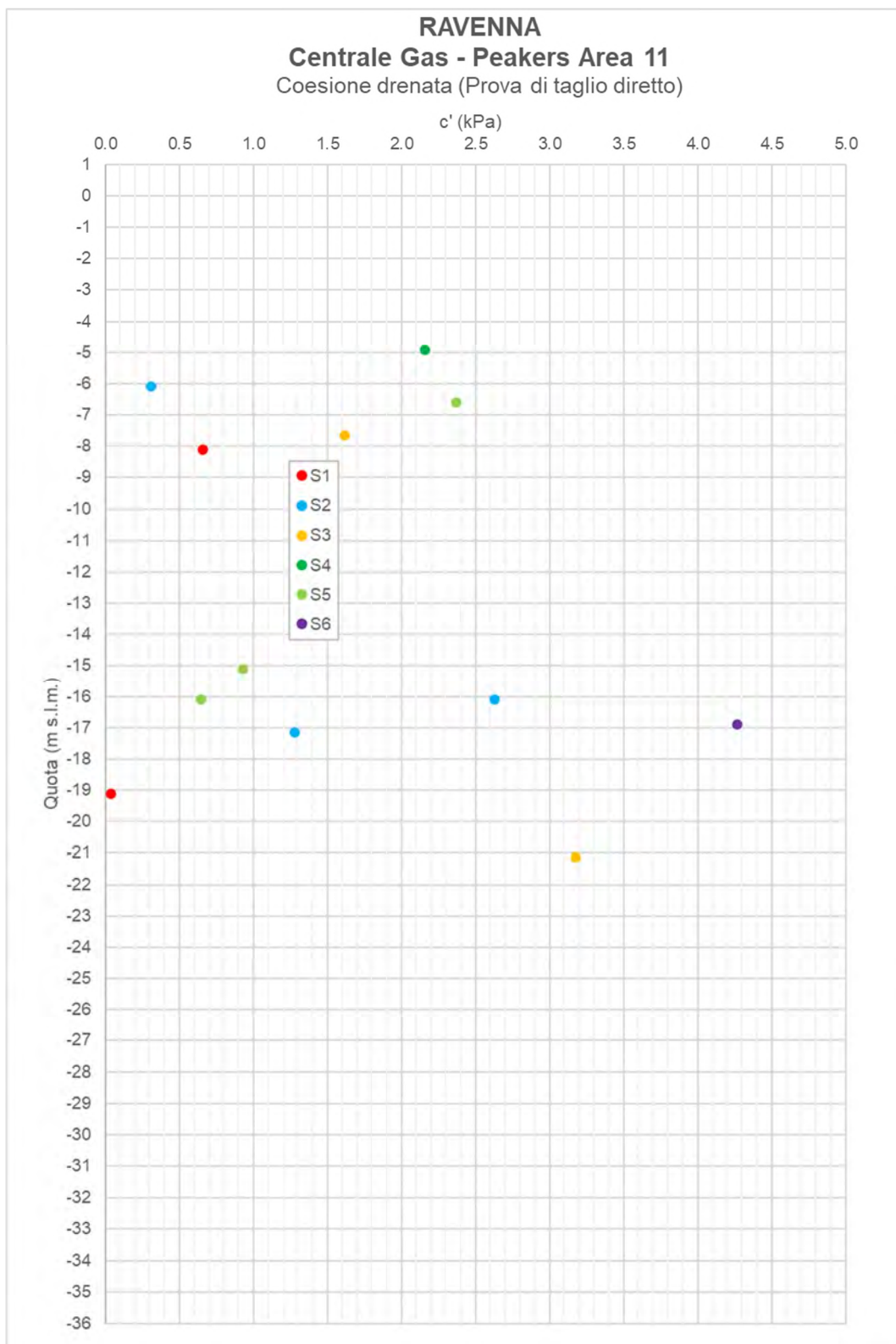
#### 4.7.4 Prove di taglio diretto

Le prove di taglio diretto con scatola di Casagrande sono state effettuate su n. 13 campioni provenienti dai sondaggi S1 (SH2, C2), S2 (SH1, SH2, C3), S3 (SH1, SH3), S4 (C1), S5 (CR1, CR2, SH1) S6 (SH2, SH3). L'interpretazione delle prove ha consentito di determinare i valori di  $c'$  (coesione efficace) e  $\phi'$  (angolo di attrito interno).


Le figure 4.7.4.1 e 4.7.4.2 mostrano il valore  $c'$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

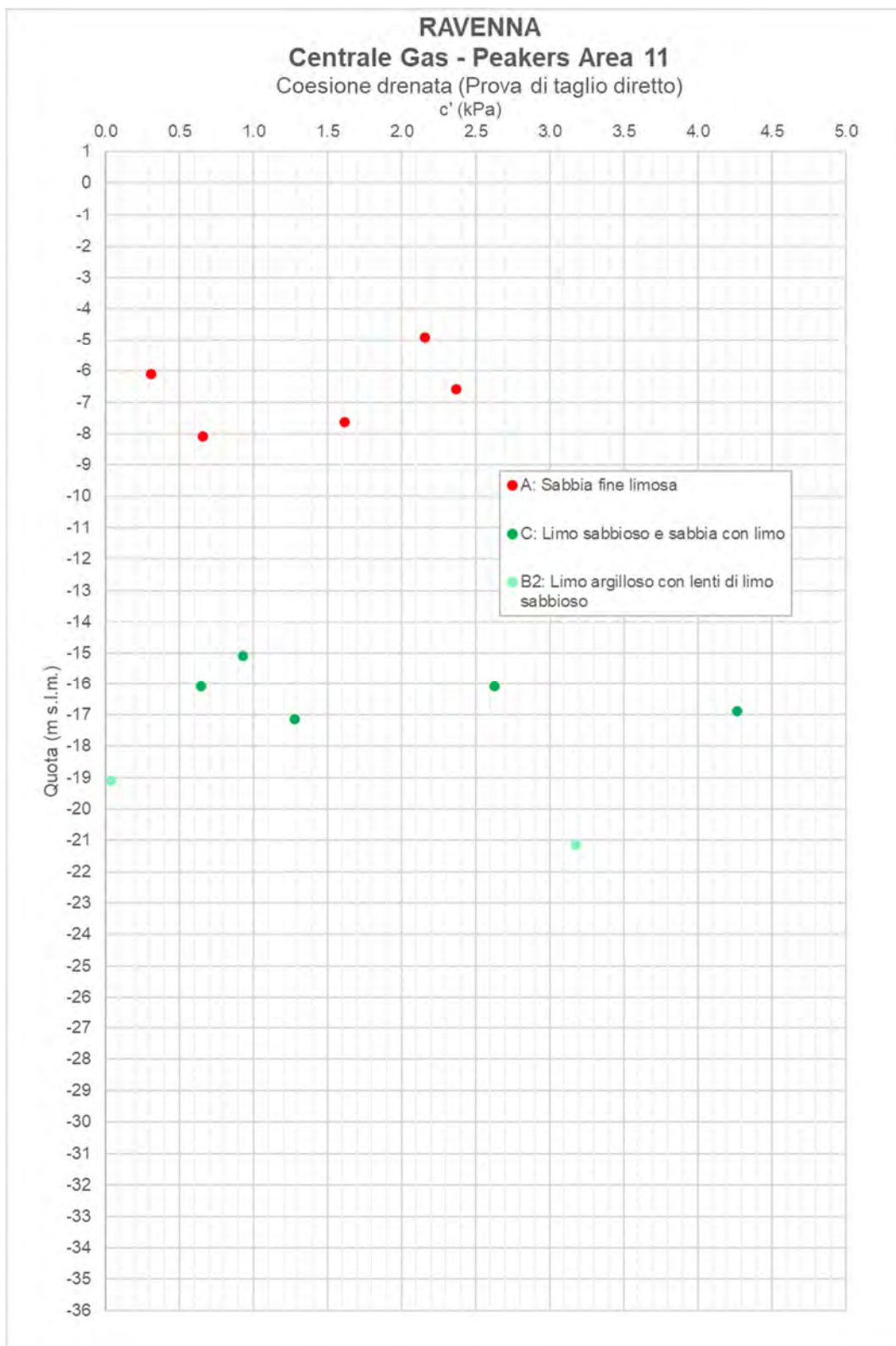
Le figure 4.7.4.3 e 4.7.4.4 mostrano il valore  $\phi'$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 44 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




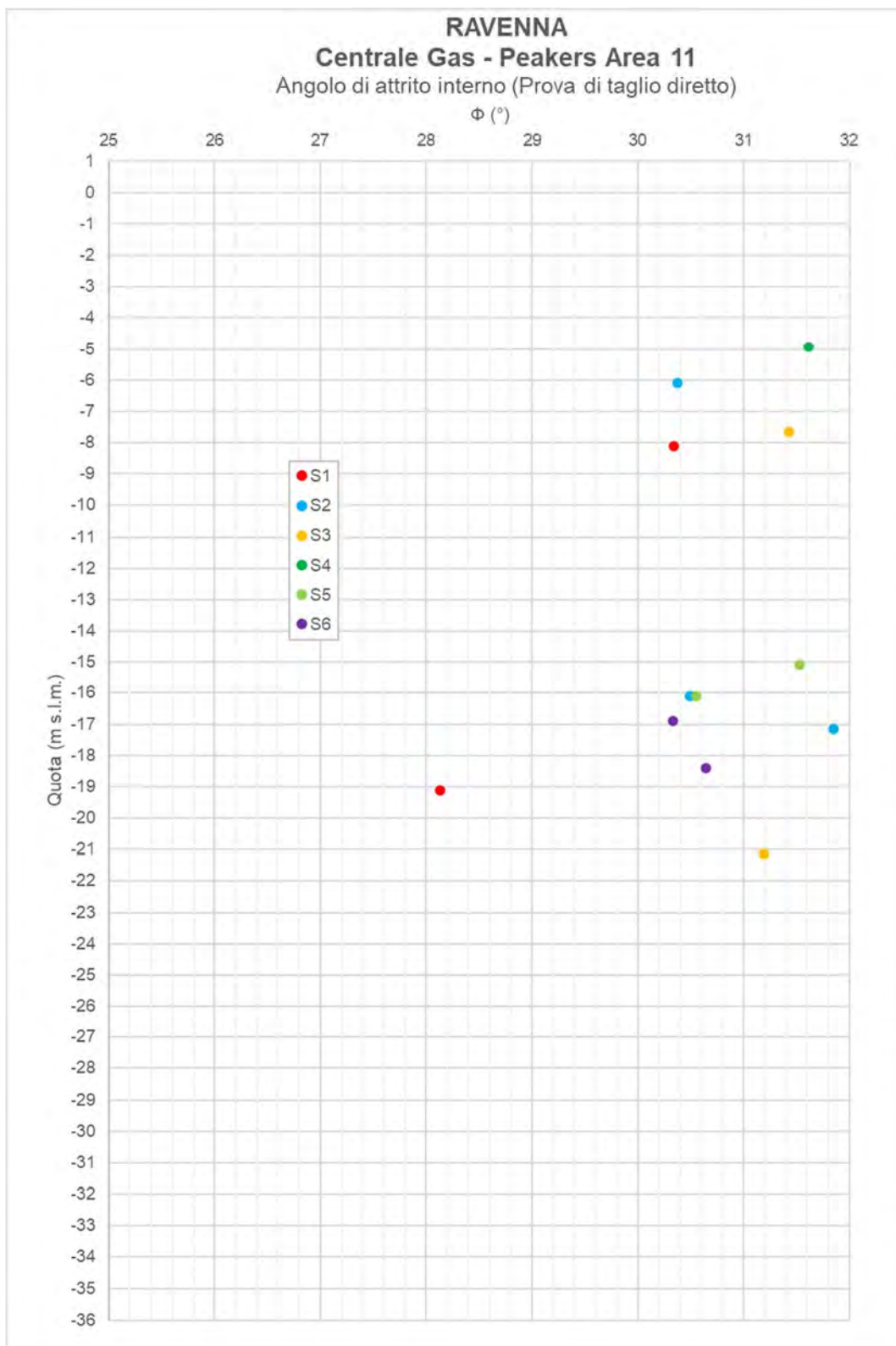
**Figura 4.7.4.1 – Coesione drenata dalla prova di taglio diretto (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 45 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




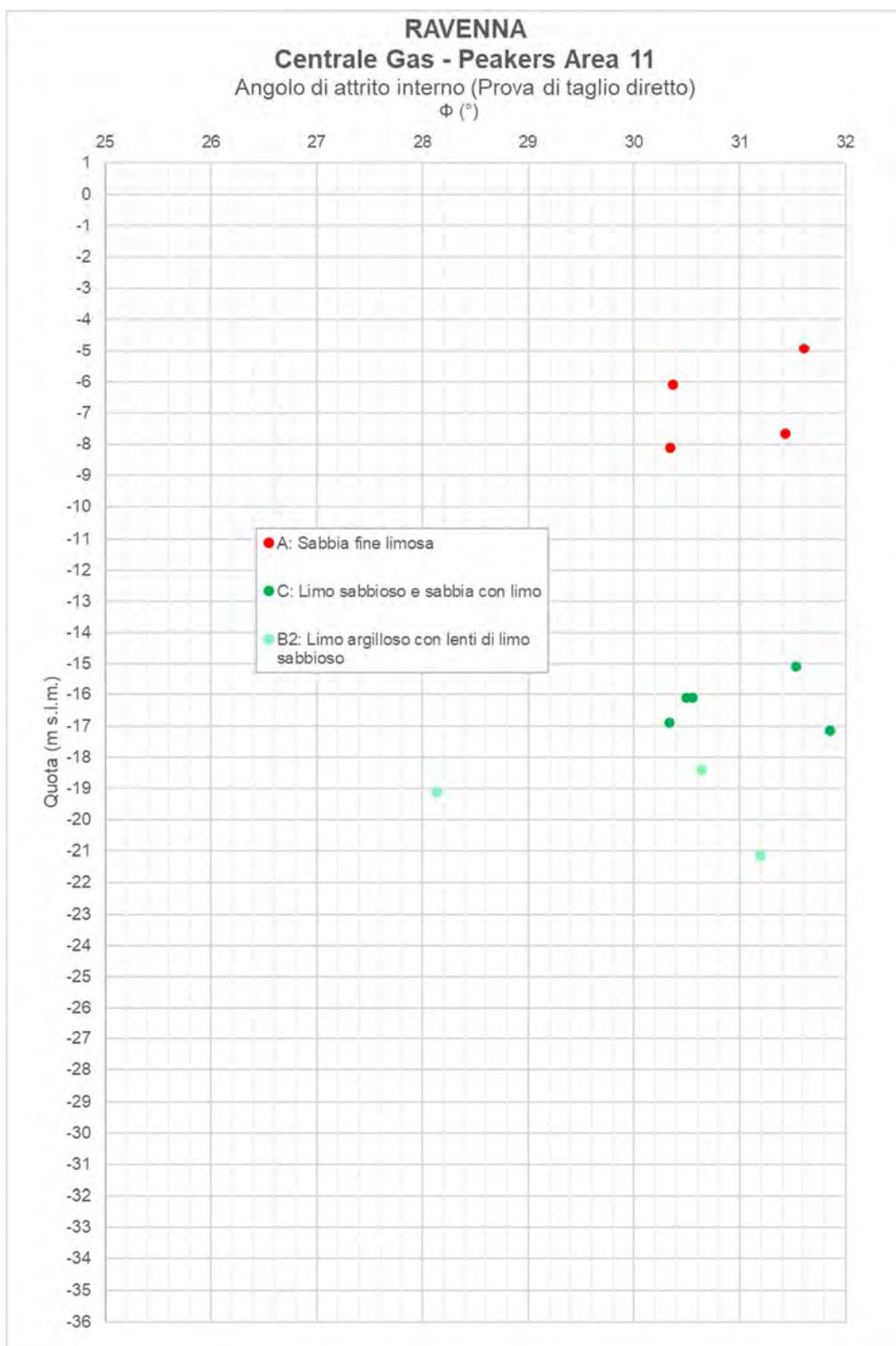
**Figura 4.7.4.2 – Coesione drenata dalla prova di taglio diretto (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 46 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.7.4.3 – Angolo di attrito interno dalla prova di taglio diretto (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 47 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.7.4.4** – Angolo di attrito interno dalla prova di taglio diretto (per materiale)


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 48 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

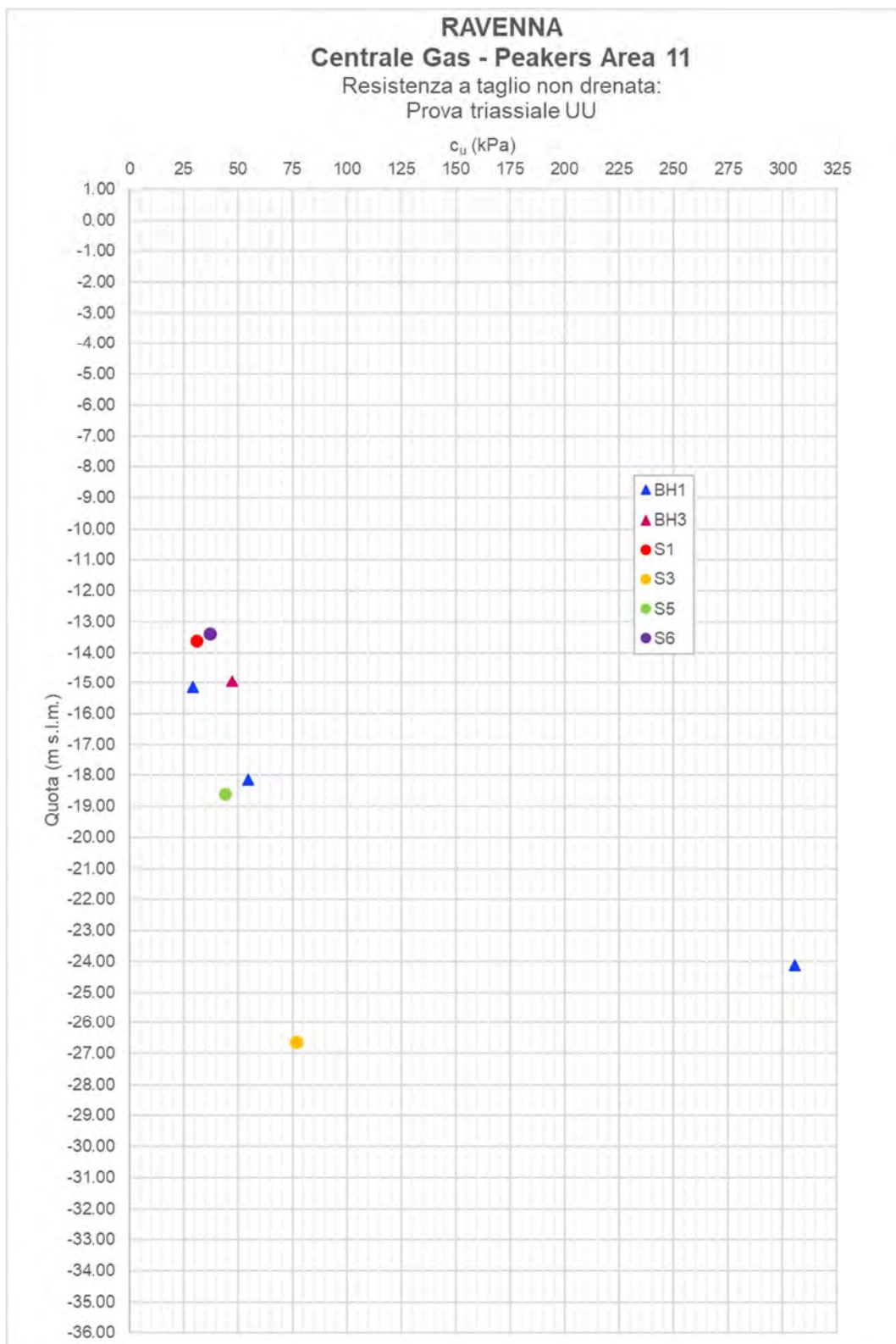
#### 4.7.5 Prove triassiali UU

Sono state realizzate n. 4 prove triassiali UU nella campagna geognostica 2022 e n. 4 prove nella campagna geognostica 1997, da cui è stato possibile determinare i valori della resistenza a taglio non drenata  $c_u$ .


Le figure 4.7.5.1 e 4.7.5.2 mostrano il valore  $c_u$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

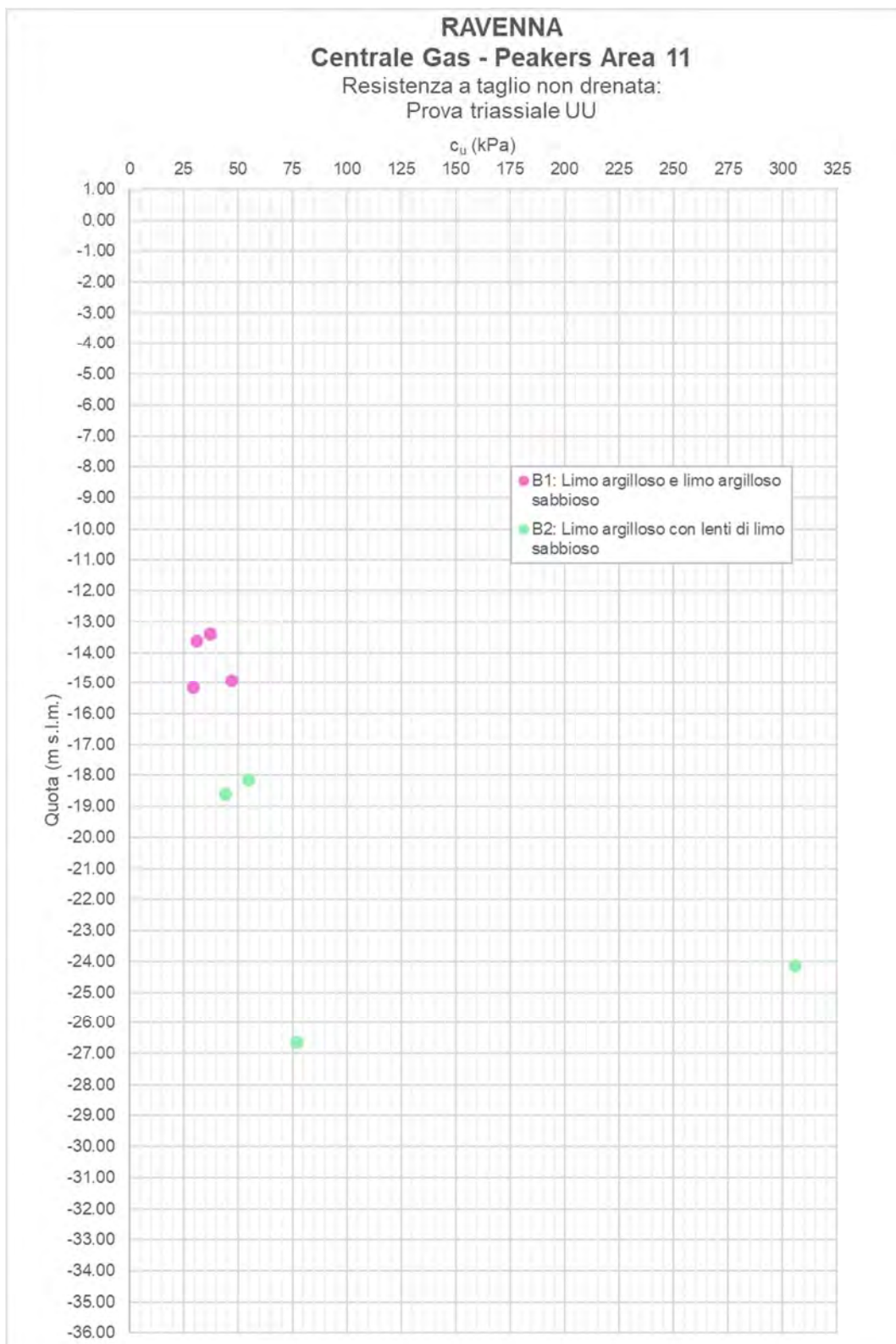


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 49 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.7.5.1 – Resistenza a taglio non drenata da prova triassiale UU (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 50 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.7.5.2** – Resistenza a taglio non drenata da prova triassiale UU (per materiale)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 51 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.7.6 Prove edometriche

L'interpretazione delle prove edometriche ha consentito la determinazione del modulo edometrico  $M$ , del grado di sovraconsolidazione  $OCR$  e del coefficiente di consolidazione  $c_v$ .


Le figure 4.7.6.1 e 4.7.6.2 mostrano il valore  $M$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

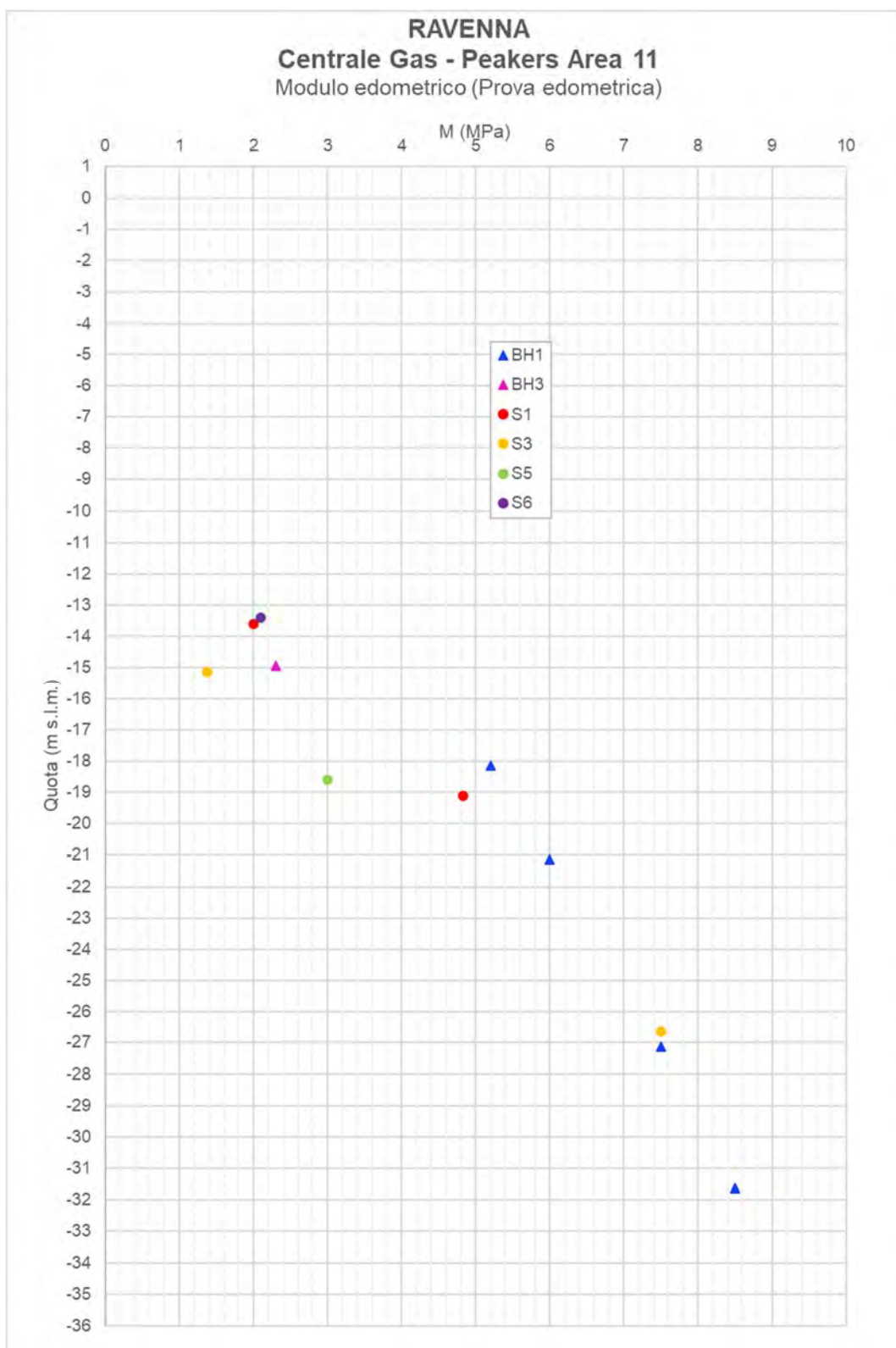
Le figure 4.7.6.3 e 4.7.6.4 mostrano il valore  $OCR$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

In tabella 4.7.6.I sono presenti i valori dei coefficienti di consolidazione verticale.


Quota (m s.l.m.)	$C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )
-13.602	0.000169
-18.592	0.0006899
-19.102	0.002612

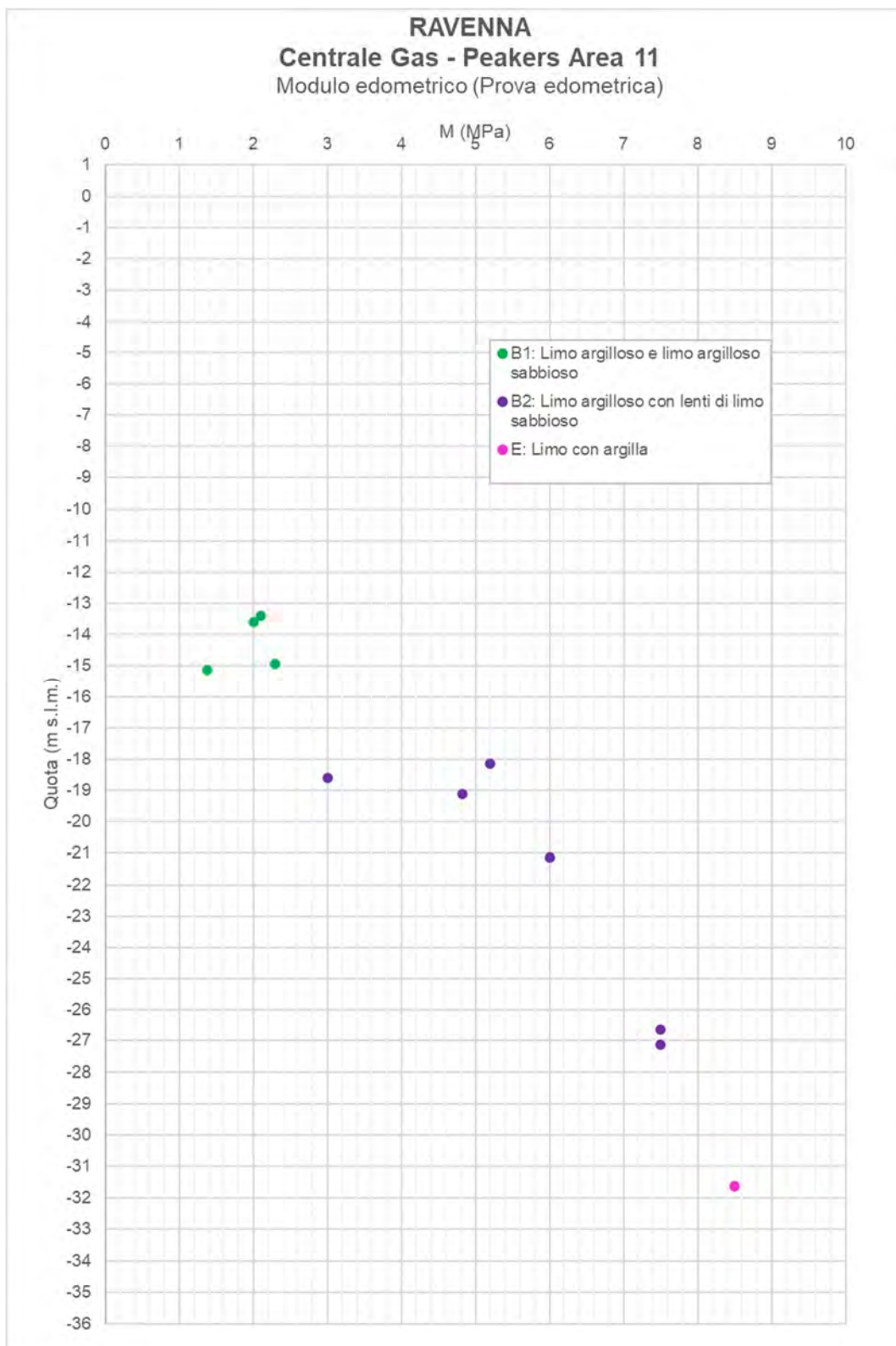
**Tabella 4.7.6.I** – Coefficiente di consolidazione verticale

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 52 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




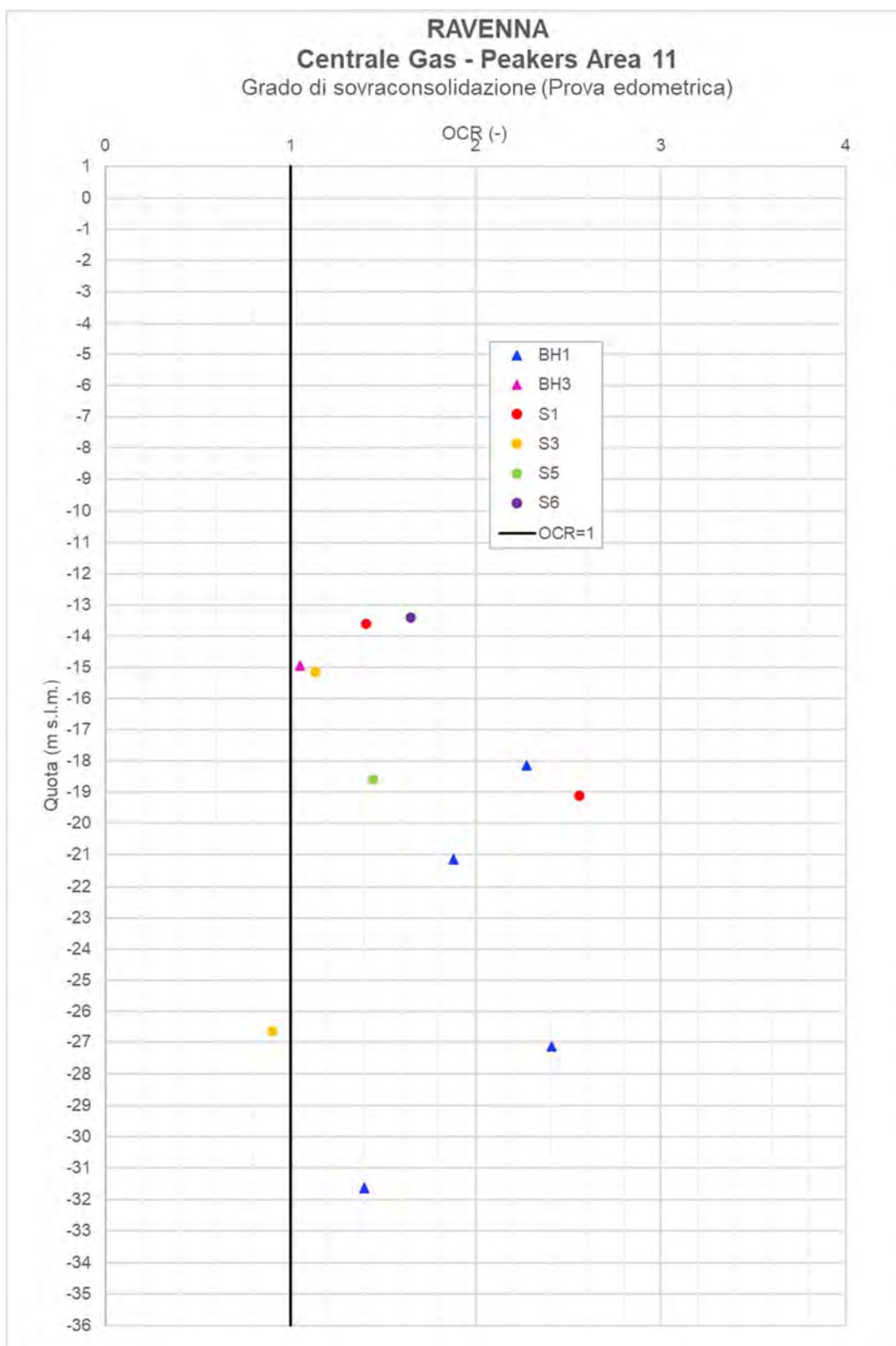
**Figura 4.7.6.1 – Modulo edometrico da prova edometrica (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 53 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




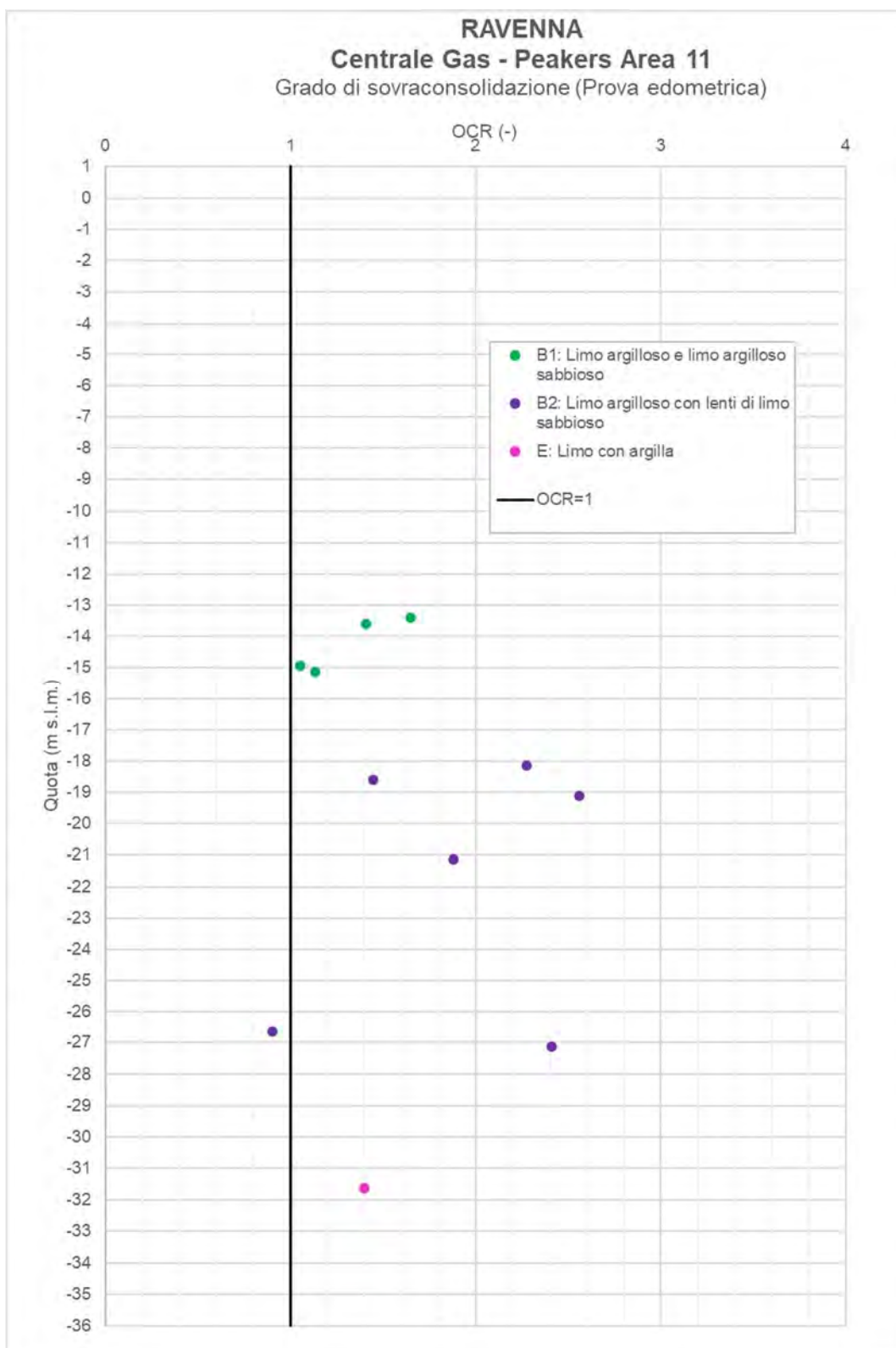
**Figura 4.7.6.2 – Modulo edometrico da prova edometrica (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 54 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 4.7.6.3 – Grado di sovraconsolidazione da prova edometrica (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 55 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.7.6.4 – Grado di sovraconsolidazione da prova edometrica (per materiale)**

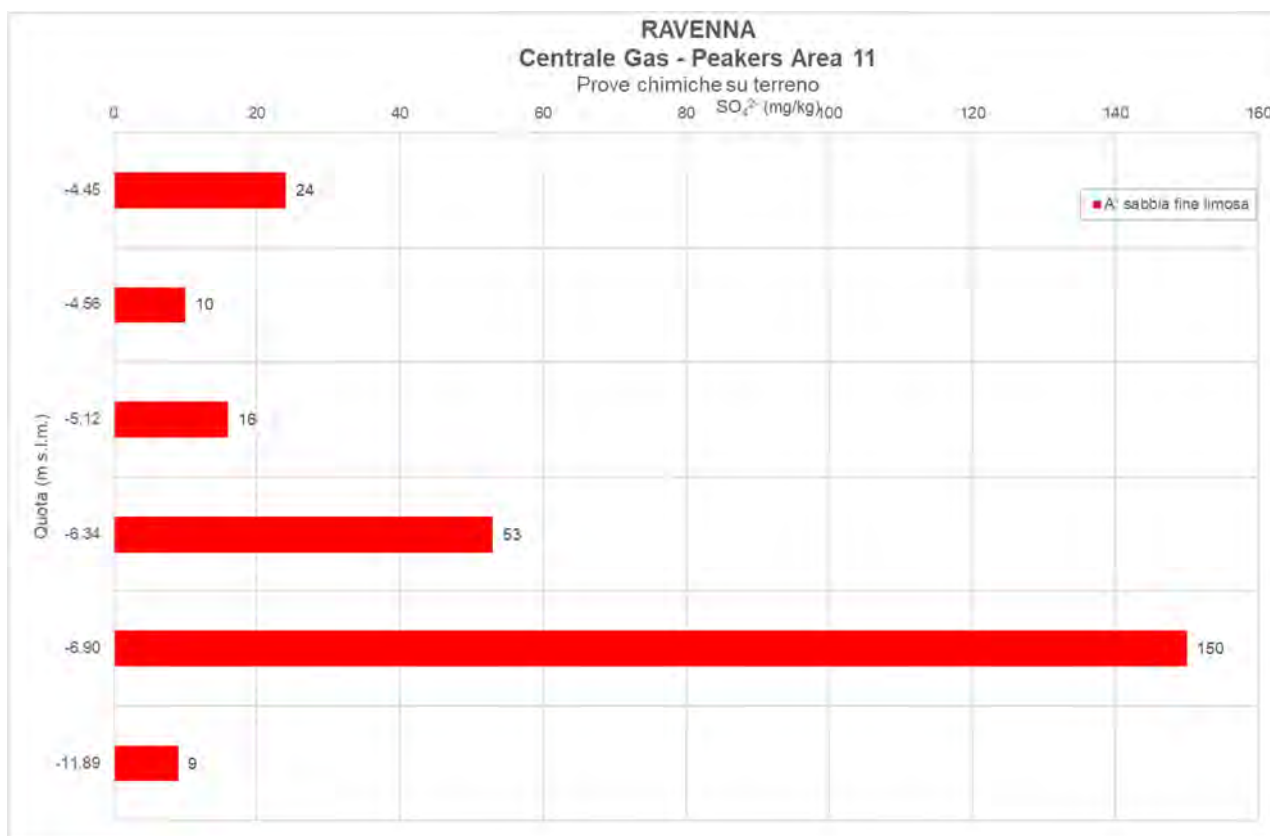
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 56 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.7.7 Prove chimiche sui campioni di terreno

Su cinque campioni di terreno prelevati nei sondaggi a diverse profondità da p.c. sono state eseguite analisi chimiche in termini di contenuto di solfati  $SO_4^{2-}$  e di acidità del terreno. I risultati delle analisi sono riassunti nella tabella 4.7.7.1 e nelle figure 4.7.7.1 e 4.7.7.2.


Sondaggio	Campione	Quota p.c. (m s.l.m.)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m)	Solfati $SO_4^{2-}$ (mg/kg)	acidità (ml/kg)
S1	C1	-0.102	-4.45	4.20 – 4.50	24	4
S2	C1	-0.092	-11.89	11.60 – 12.00	<10	2
S3	C1	-0.142	-6.34	6.00 – 6.40	53	4
S4	C1	0.078	-5.12	5.00 – 5.40	16	4
S5	CR1	-0.202	-6.90	6.50 – 6.90	150	10
S6	C1	-0.212	-4.56	4.20 – 4.50	10	6

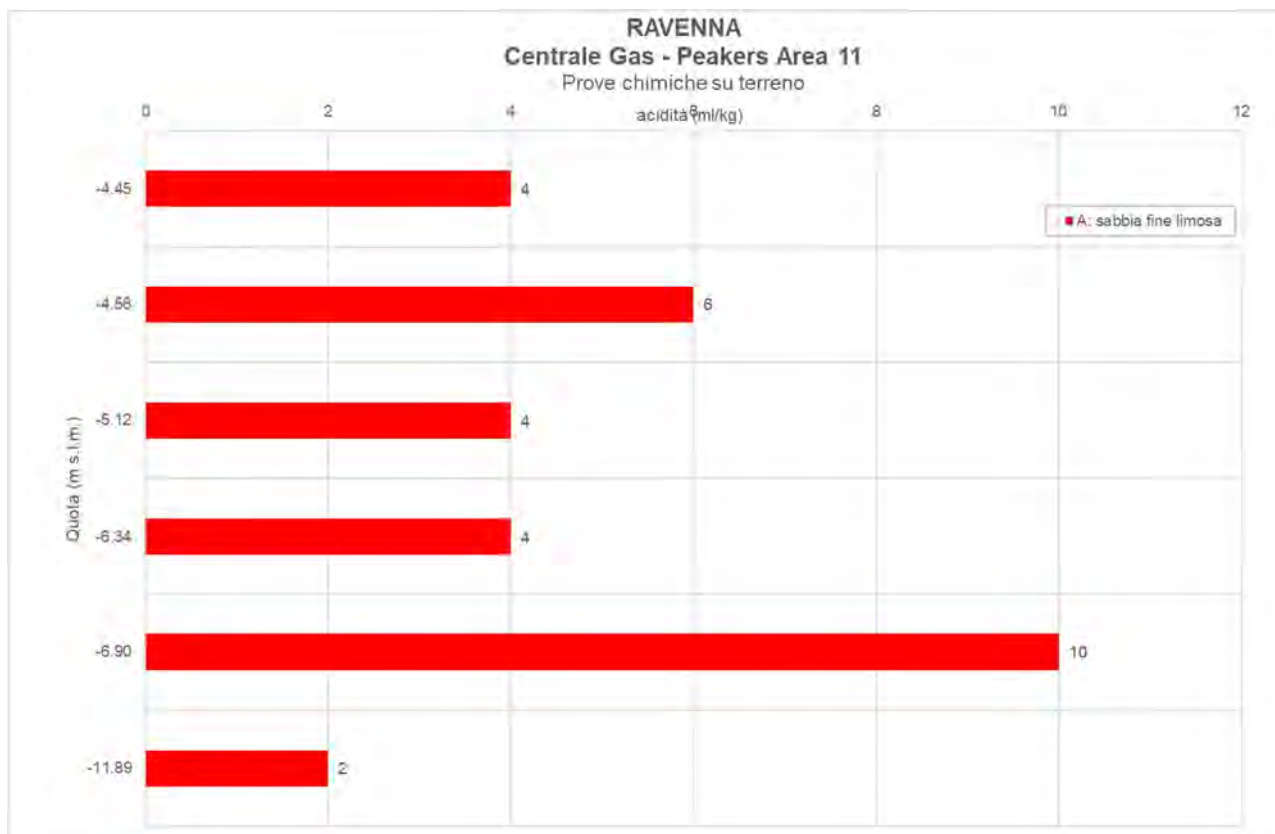
**Tabella 4.7.7.1** – Risultati analisi chimiche eseguite su campioni di terreno



**Figura 4.7.7.1** – Prove chimiche: contenuti di solfati nel terreno



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 57 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 4.7.7.2** – Prove chimiche: acidità del terreno


#### 4.7.8 Prove chimiche sui campioni di acqua

Su tre campioni di acqua prelevati nei sondaggi sono state eseguite analisi chimiche per valutare il contenuto di solfati  $SO_4^{2-}$ , di anidride carbonica aggressiva  $CO_2$ , di solfati  $NH_4^+$ , di magnesio  $Mg^{2+}$  e il livello di pH. I risultati delle analisi sono riassunti nella tabella 4.7.8.I.

Sondaggio	Solfati $SO_4^{2-}$ (mg/l)	pH (-)	$CO_2$ aggressiva (mg/l)	$NH_4^+$ (mg/l)	$Mg^{2+}$ (mg/l)
S1	28	7.7	<3	16	530
S2	30	7.7	48	15	370
S5	18	7.7	3	15	470

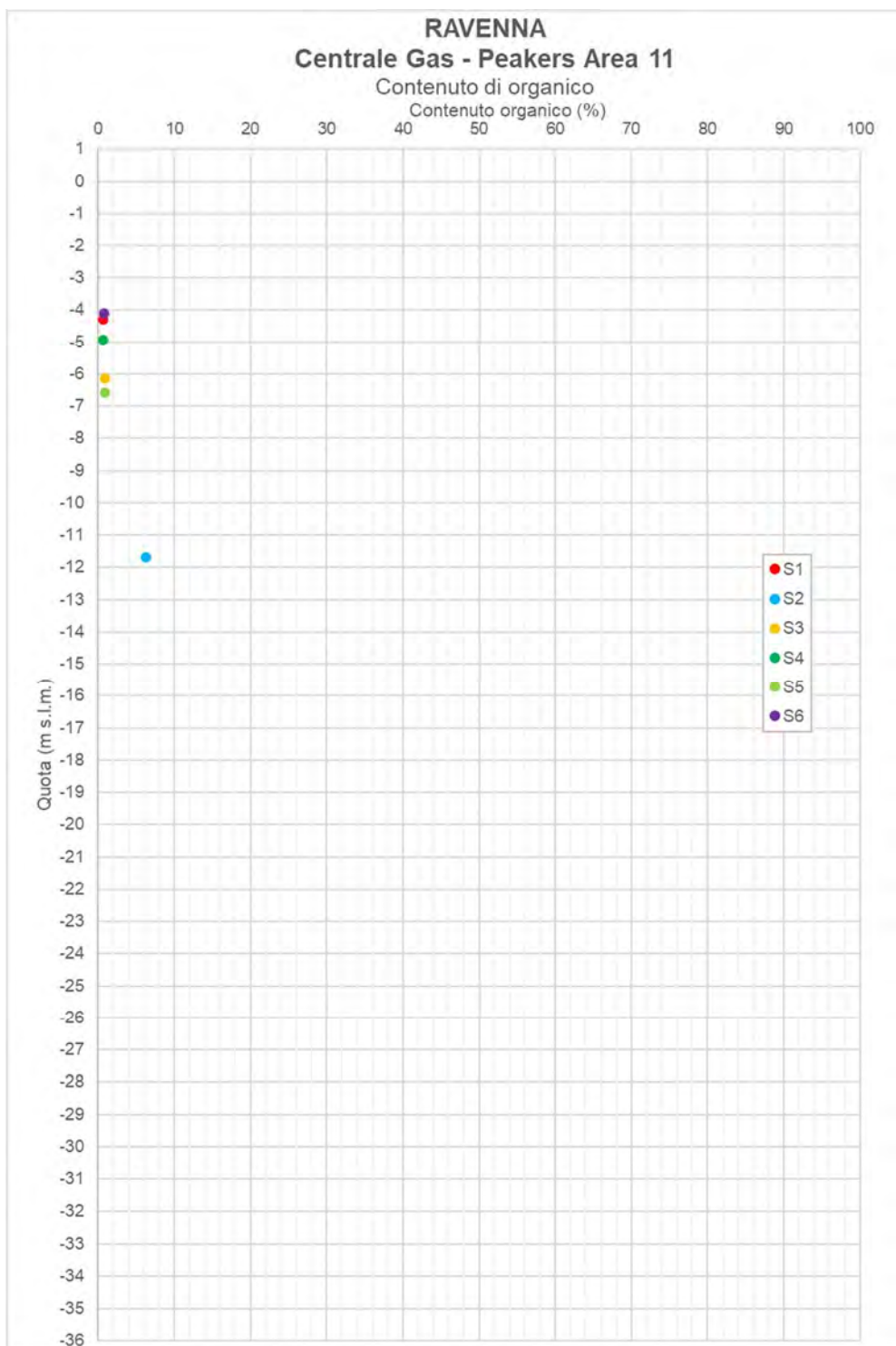
**Tabella 4.7.8.I** – Risultati analisi chimiche eseguite su campioni di acqua

Per l'indicazione della classe di esposizione all'aggressività chimica del calcestruzzo conformemente alle normative vigenti, si rimanda al capitolo 8.


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 58 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 4.7.9 Contenuto organico

Su 6 campioni di terreno prelevati nei sondaggi a diverse profondità da p.c. è stato determinato il contenuto organico, rappresentato in figura 4.7.9.1.



**Figura 4.7.9.1 – Contenuto organico**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 59 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00


#### 4.8 Prove di resistività elettrica (metodo Wenner)

Durante la campagna d'indagine 2022 sono state eseguite 10 prove di resistività elettrica col metodo Wenner. I risultati delle prove sono presenti nel documento di riferimento [1].

L'ubicazione delle prove è riportata in figura 4.8.1.



**Figura 4.8.1** – Ubicazione prove di resistività elettrica

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 60 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00


#### 4.9 Prove di resistività termica

Durante la campagna d'indagine 2022 sono state eseguite 5 prove di resistività termica. I risultati delle prove sono presenti nel documento di riferimento [11].

L'ubicazione delle prove è riportata in figura 4.8.1.



Figura 4.9.1 – Ubicazione prove di resistività termica

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 61 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 5 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE

Per ottenere i parametri geotecnici caratteristici dei differenti strati incontrati, i dati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche (SPT) e statiche (CPT/CPTu) sono stati elaborati mediante una serie di correlazioni da letteratura, di seguito descritte. Per entrambe le prove si riportano le relazioni utilizzate e i grafici riassuntivi distinti per terreni coesivi e incoerenti.

Nei capitoli 5.3 e 5.4 sono state interpretate anche le prove di carico su piastra e di dissipazione.

### 5.1 Interpretazione delle prove SPT

L'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche è stata condotta sulla base del numero di colpi necessari per far avanzare il penetrometro di 30 cm. I valori  $N_{SPT}$  sono stati diagrammati nel Capitolo 4.2.

Nel seguito sono riportate le correlazioni di letterature utilizzate per l'interpretazione dei valori misurati.

#### 5.1.1 Terreni granulari

Per i terreni incoerenti i parametri geotecnici d'interesse sono stati calcolati attraverso le seguenti relazioni.

#### DENSITÀ RELATIVA

La densità relativa  $D_R$  sulla base dei valori di  $N_{SPT}$  è stata eseguita utilizzando la correlazione proposta da Schultze & Menzenbach (1961), qui di seguito riportata:


$$D_R(\%) = e^{0.478 \cdot (\ln N_{SPT,eq}) - 0.262 \cdot \sigma'_v + 2.84} \quad \text{se } D_R = e^{0.478 \cdot (\ln N_{SPT,eq}) - 0.262 \cdot \sigma'_v + 2.84} < 100$$

$$D_R(\%) = 100 \quad \text{se } D_R = e^{0.478 \cdot (\ln N_{SPT,eq}) - 0.262 \cdot \sigma'_v + 2.84} > 100$$

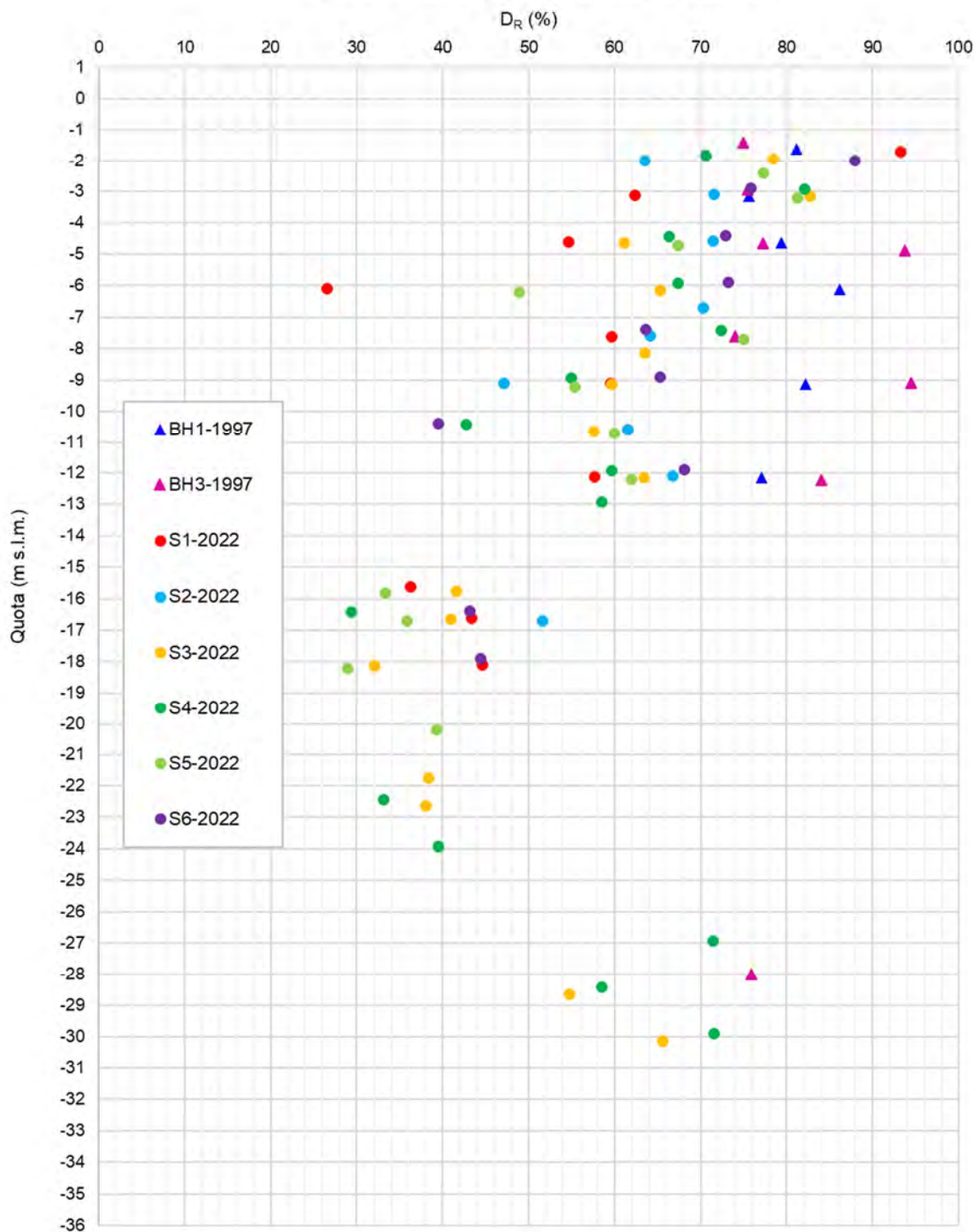
Dove:

- $N_{SPT,eq}$  è il numero di colpi equivalenti/30 cm;
- $\sigma'_v$  è la pressione verticale efficace in sito (kg/cm<sup>2</sup>).


Le figure 5.1.1.1 e 5.1.1.2 mostrano il valore di  $D_R$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 62 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

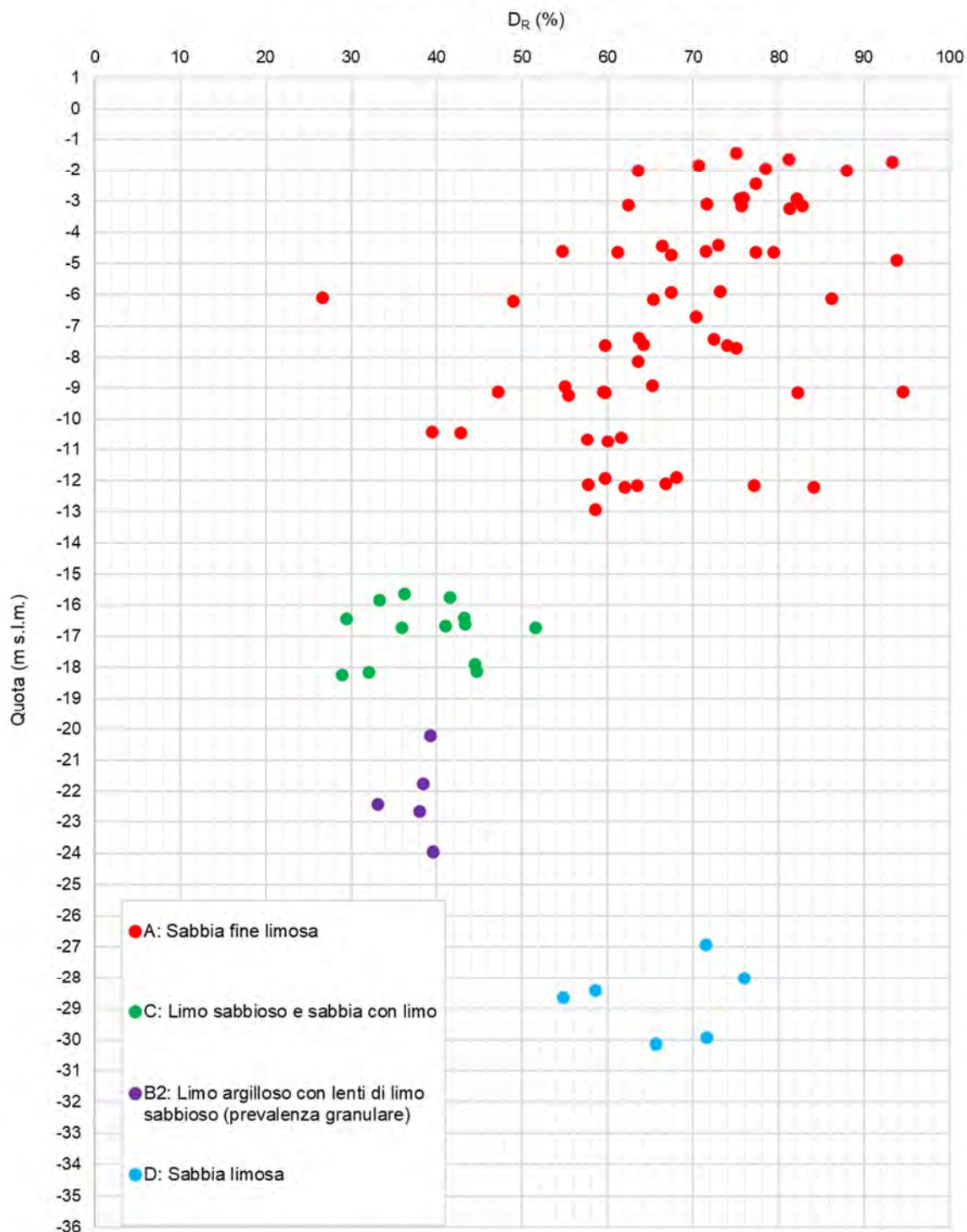
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Densità relativa (Schultze & Menzenbach, 1961)




**Figura 5.1.1.1 – Strati granulari – Densità relativa da SPT (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 63 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Densità relativa (Schultze & Menzenbach, 1961)



**Figura 5.1.1.2 – Strati granulari – Densità relativa da SPT (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 64 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### ANGOLO DI ATTRITO INTERNO

Per l'angolo di attrito interno dei terreni granulari, è stata adottata la correlazione di Shioi e Fukuni (1982):

$$\varphi(^{\circ}) = 0.3 \cdot (N_1)_{60} + 27 \quad \text{se } \varphi = 0.3 \cdot (N_1)_{60} + 27 < 46^{\circ}$$


$$\varphi(^{\circ}) = 45 \quad \text{se } \varphi = 0.3 \cdot (N_1)_{60} + 27 > 46^{\circ}$$

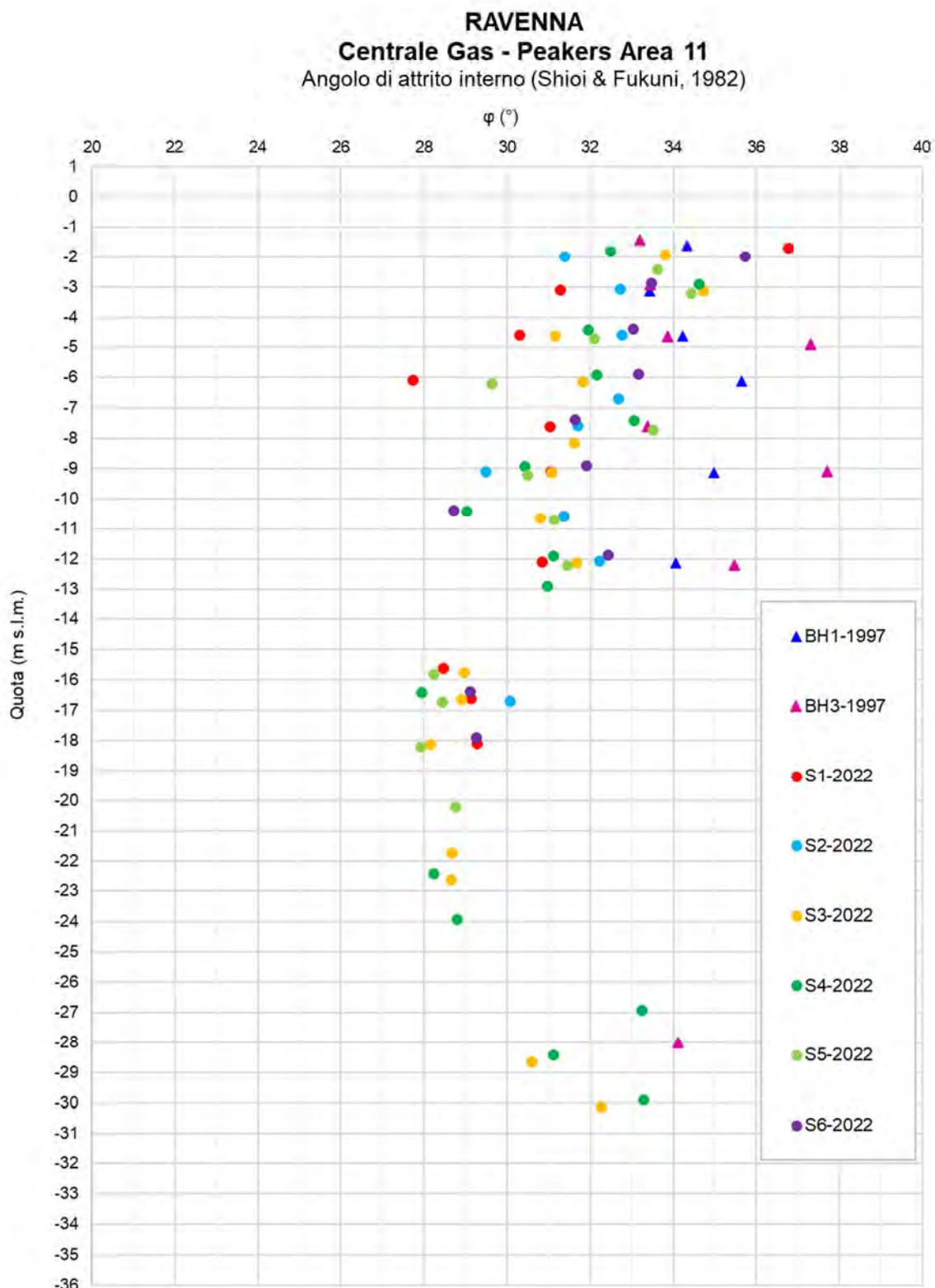
Dove:

- $(N_1)_{60}$  è il numero di colpi/30 cm.


Le figure 5.1.1.3 e 5.1.1.4 mostrano il valore di  $\varphi$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.



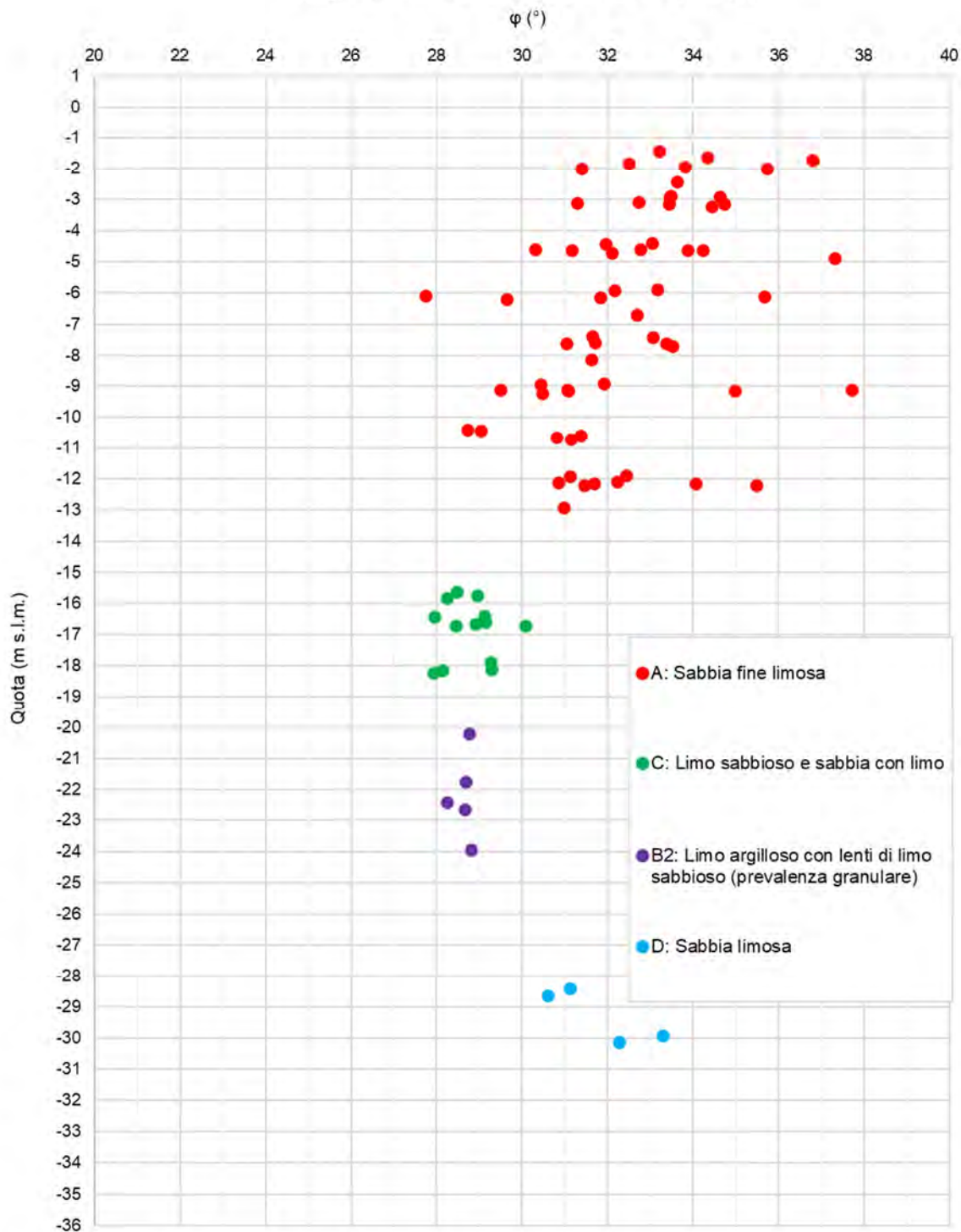
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 65 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 5.1.1.3** – Strati granulari – Angolo di attrito interno da SPT (per sondaggio)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 66 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Angolo di attrito interno (Shioi & Fukuni, 1982)



**Figura 5.1.1.4 – Strati granulari – Angolo di attrito interno da SPT (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 67 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### MODULO DI YOUNG


Per il modulo di Young dei terreni granulari, è stata utilizzata la correlazione di Denver (1982):

$$E (MPa) = 7 \cdot (N_1)_{60}^{0.5}$$

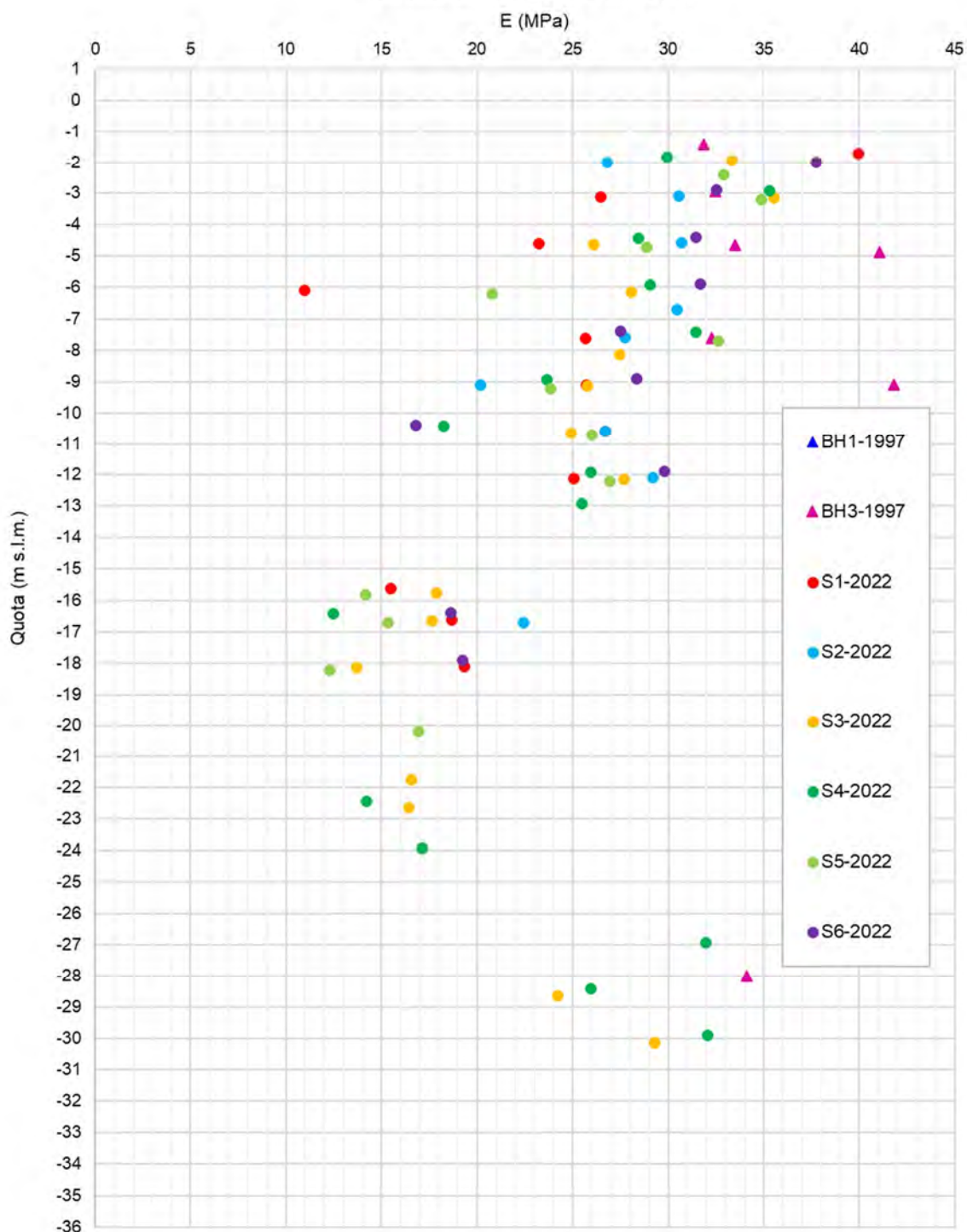
Dove:

- $(N_1)_{60}$  è il numero corretto di colpi/30 cm.


Le figure 5.1.1.5 e 5.1.1.6 mostrano il valore E alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 68 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

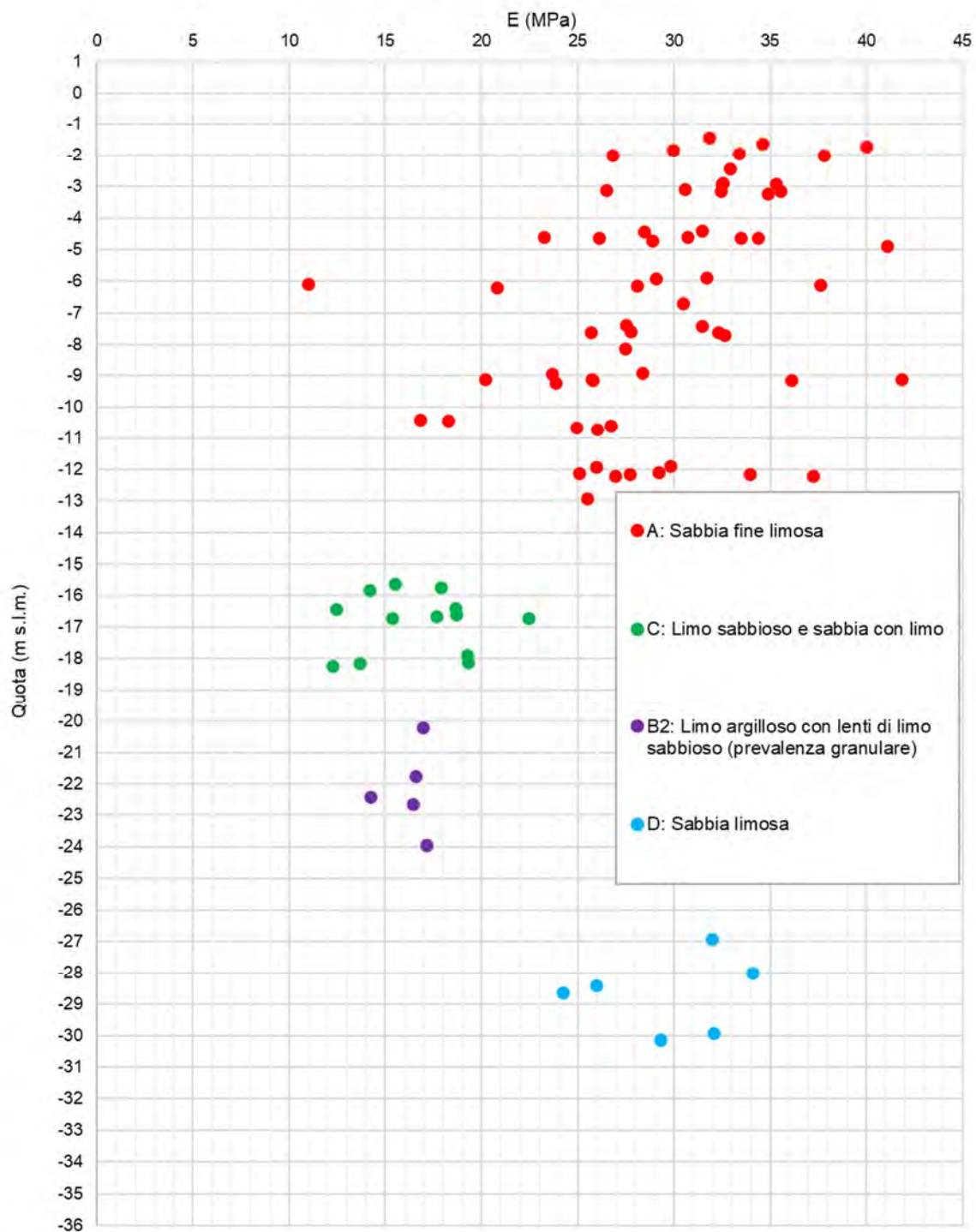
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Modulo di Young (Denver, 1982)




**Figura 5.1.1.5 – Strati granulari – Modulo di Young da SPT (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 69 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo di Young (Denver, 1982)



**Figura 5.1.1.6 – Strati granulari – Modulo di Young da SPT (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 70 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### 5.1.2 Terreni coesivi

Per i terreni coesivi i parametri geotecnici d'interesse sono stati calcolati attraverso le seguenti relazioni.

#### RESISTENZA A TAGLIO NON DRENATA

Per la resistenza al taglio non drenata è stata adottata la correlazione di Stroud (1974):

$$c_u(kPa) = f_1 \cdot N_{SPT}$$

In cui:

- $c_u$  = resistenza a taglio non drenata (kPa);
- $N_{SPT}$  = numero colpi/30 cm;
- $f_1$  = è un coefficiente funzione dell'indice di plasticità (kPa) rappresentato in Figura 5.1.2.1.

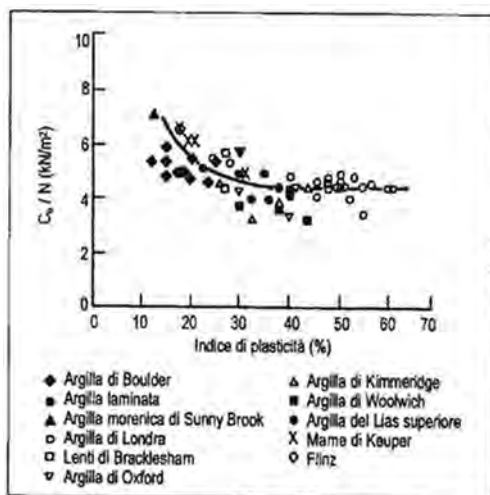



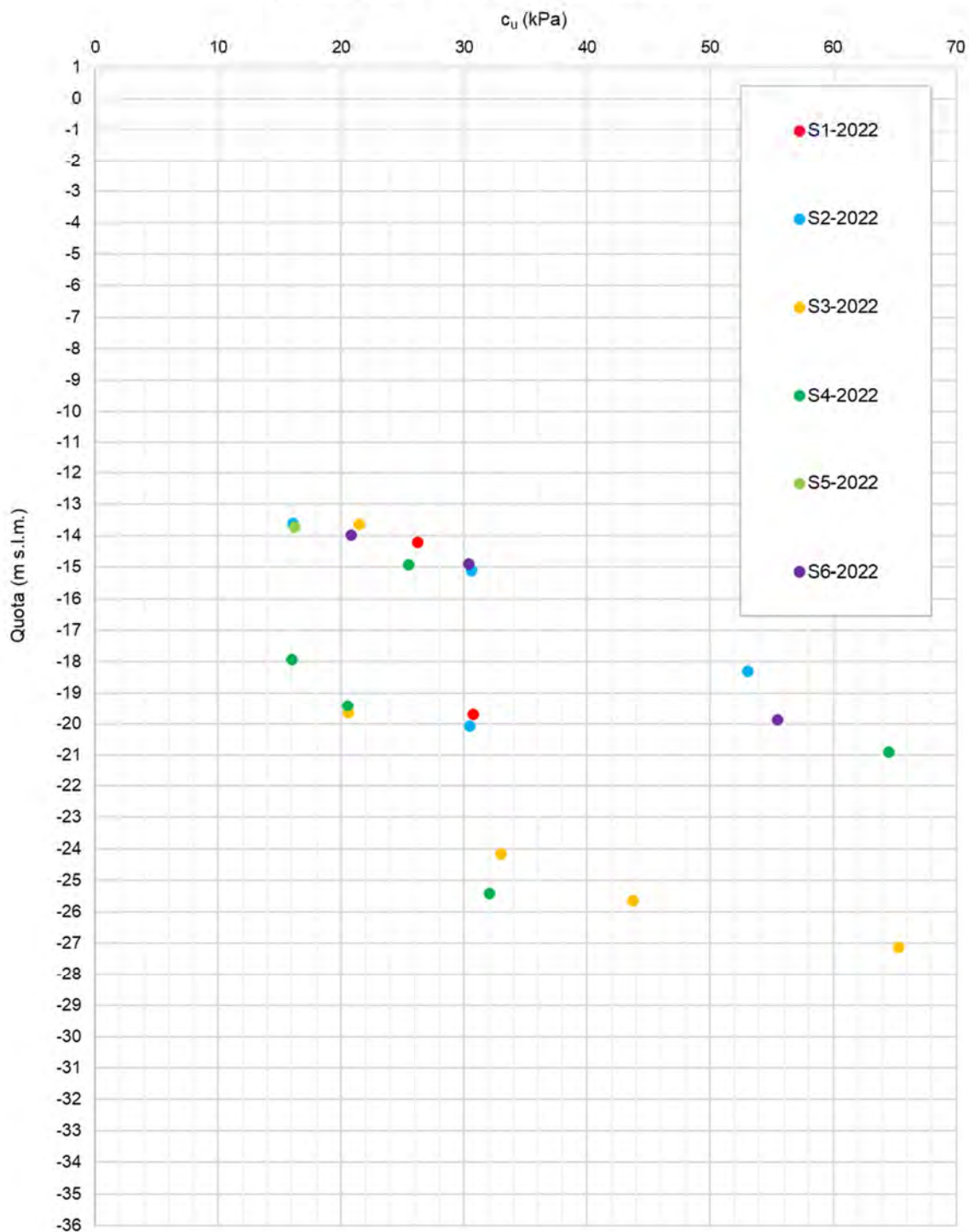
Figura 9.24. Correlazione fra il valore di N ed il valore della resistenza al taglio non drenata  $c_u$  per argille non sensitive (Stroud, 1974)

Figura 5.1.2.1 – Abaco del coefficiente  $f_1$


Le figure 5.1.2.2 e 5.1.2.3 mostrano il valore  $c_u$  alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale:

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 71 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

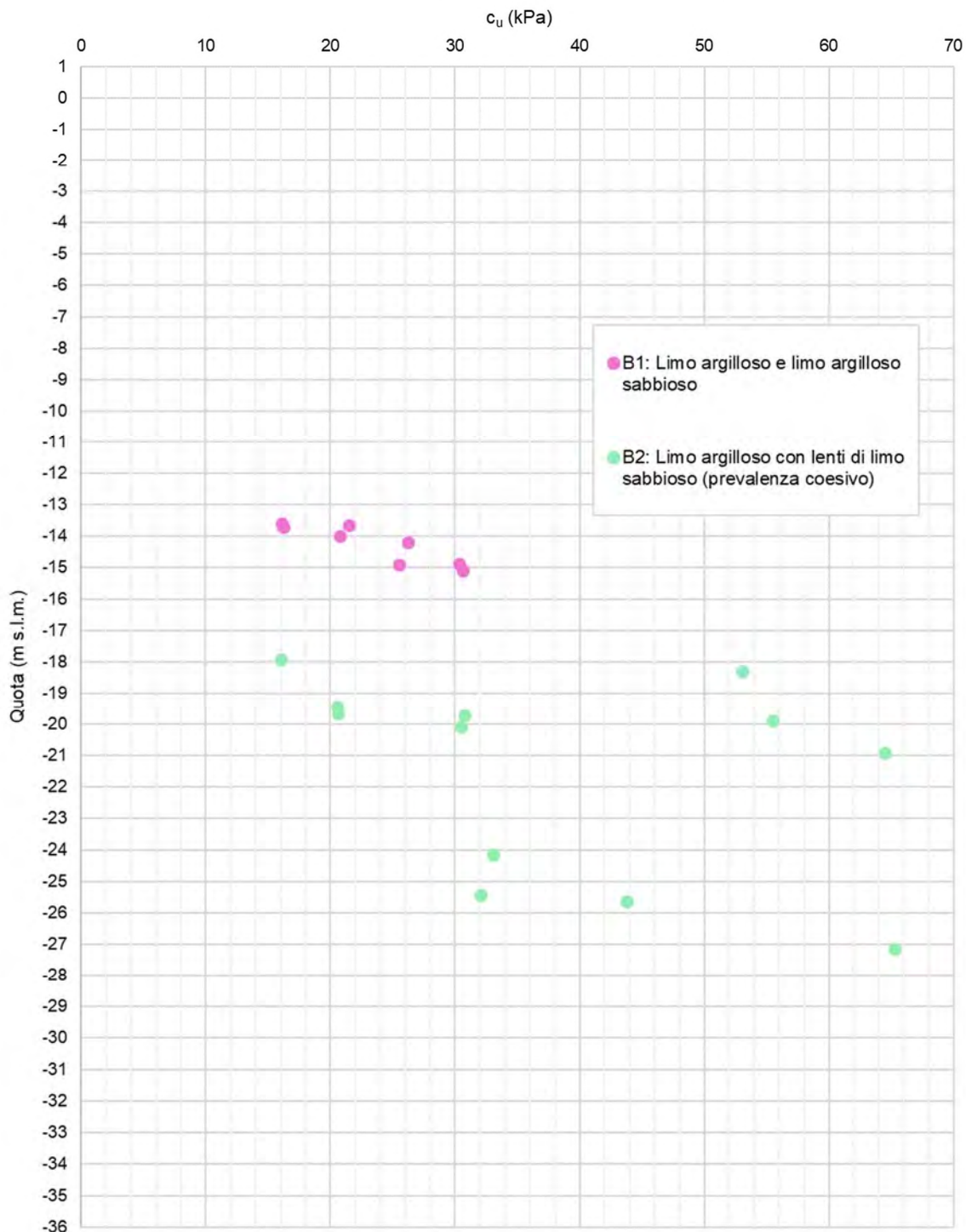
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Resistenza a taglio non drenata (Stroud, 1974)



**Figura 5.1.2.2 – Strati coesivi – Resistenza a taglio non drenata da SPT (per sondaggio)**


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 72 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Resistenza a taglio non drenata (Stroud, 1974)



**Figura 5.1.2.3 – Strati coesivi – Resistenza a taglio non drenata da SPT (per materiale)**



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 73 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### MODULO EDOMETRICO

Per il modulo edometrico è stata adottata la correlazione di Stroud & Butler (1975):

$$M(\text{MPa}) = f_2 \cdot N_{SPT}$$

In cui:

- $N_{SPT}$  = numero di colpi/30 cm;
- $f_2$  = è un coefficiente funzione dell'indice di plasticità (kPa) rappresentato in Figura 5.1.2.4.

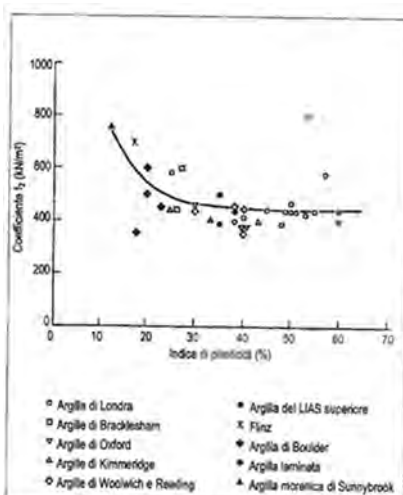



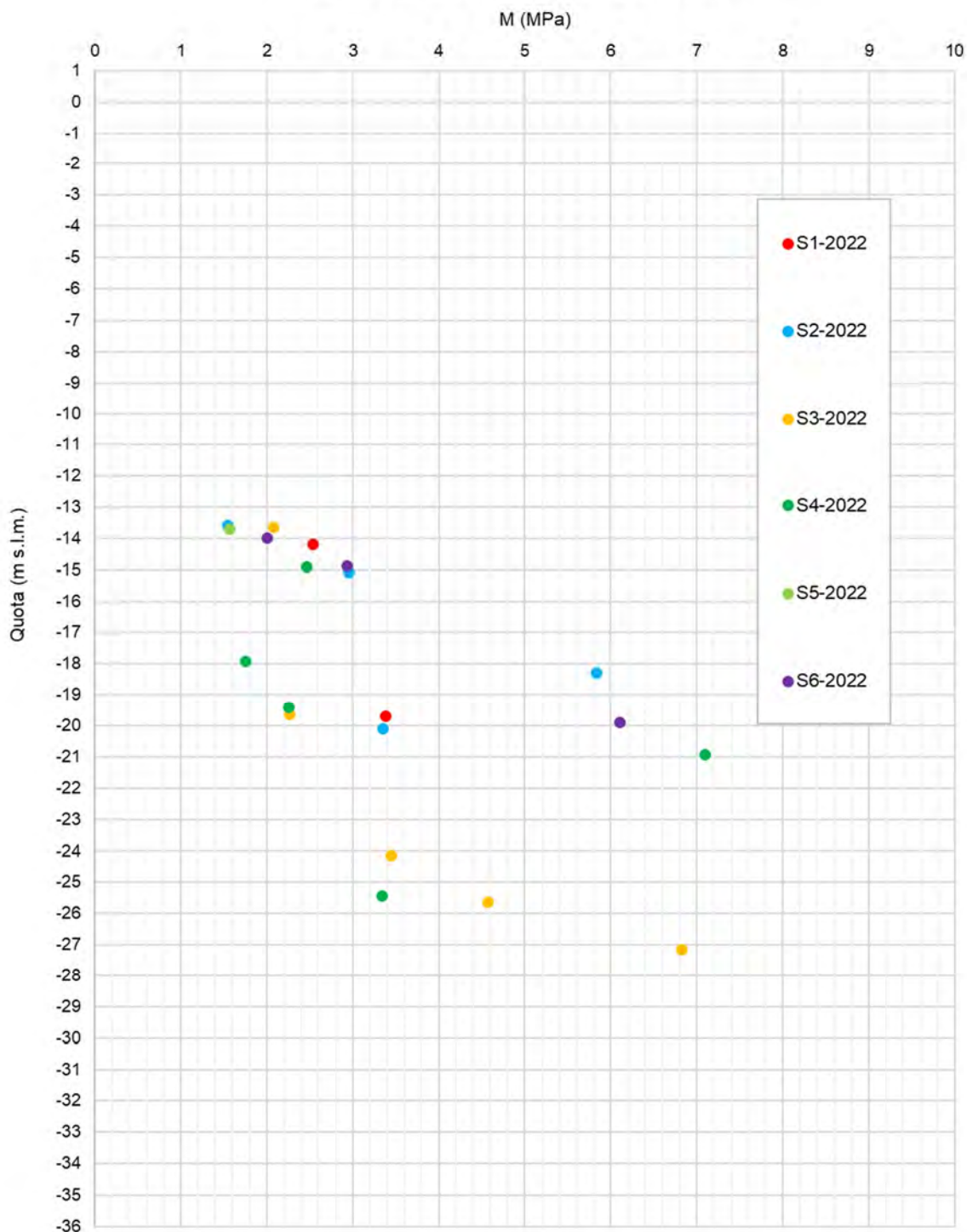
Figura 9.25. Correlazione fra il coefficiente  $f_2$  (=N/m<sup>2</sup>) e l'indice di plasticità (Stroud e Butler, 1975)

**Figura 5.1.2.4 – Abaco del coefficiente  $f_2$**


Le figure 5.1.2.5 e 5.1.2.6 mostrano il valore M alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale:

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 74 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

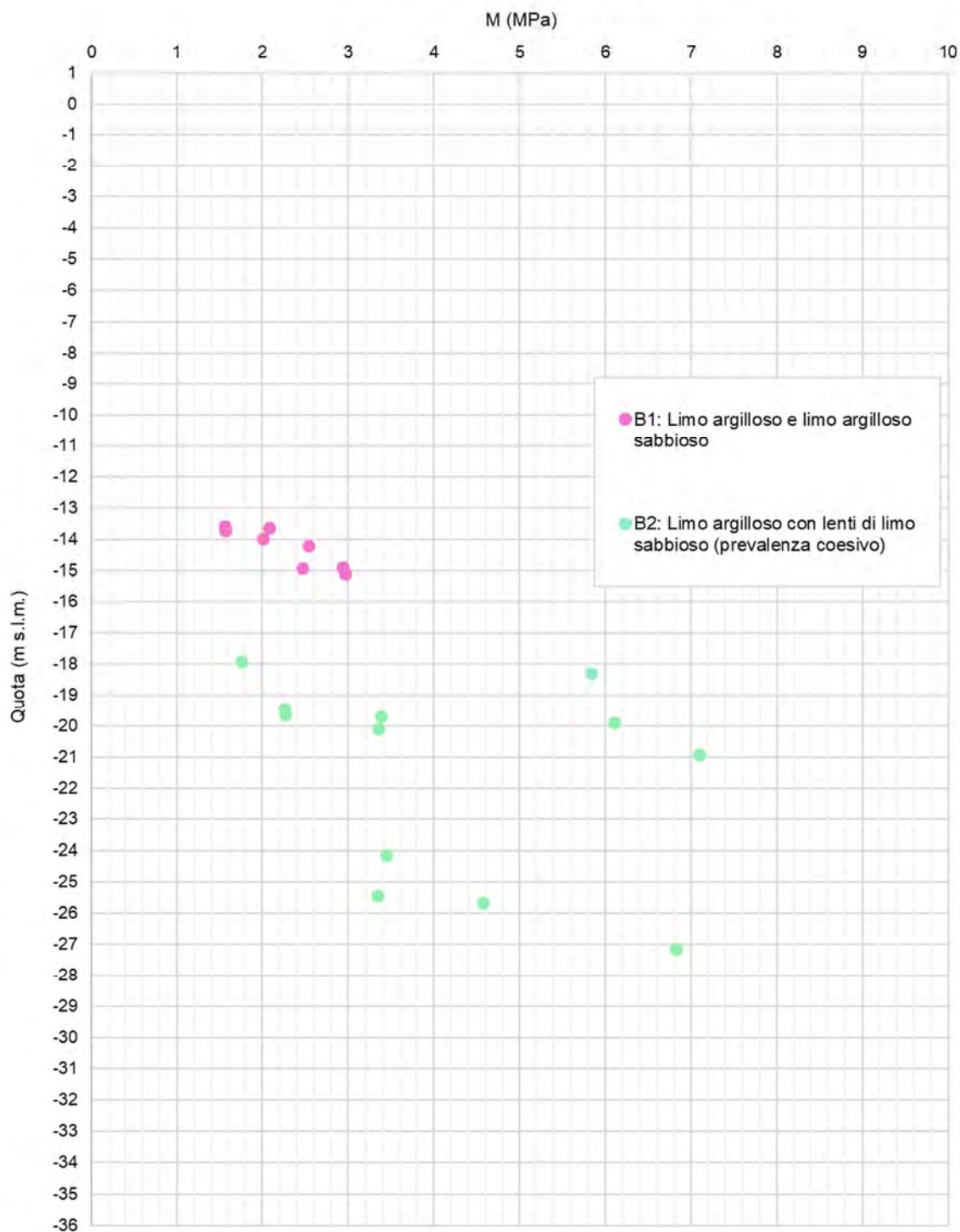
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo edometrico (Stroud & Butler, 1975)




**Figura 5.1.2.5 – Strati coesivi – Modulo edometrico da SPT (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 75 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo edometrico (Stroud & Butler, 1975)



**Figura 5.1.2.6 – Strati coesivi – Modulo edometrico da SPT (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 76 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### MODULO DI YOUNG


Il modulo di Young è stato calcolato tramite la teoria elastica:

$$E(MPa) = \frac{M \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

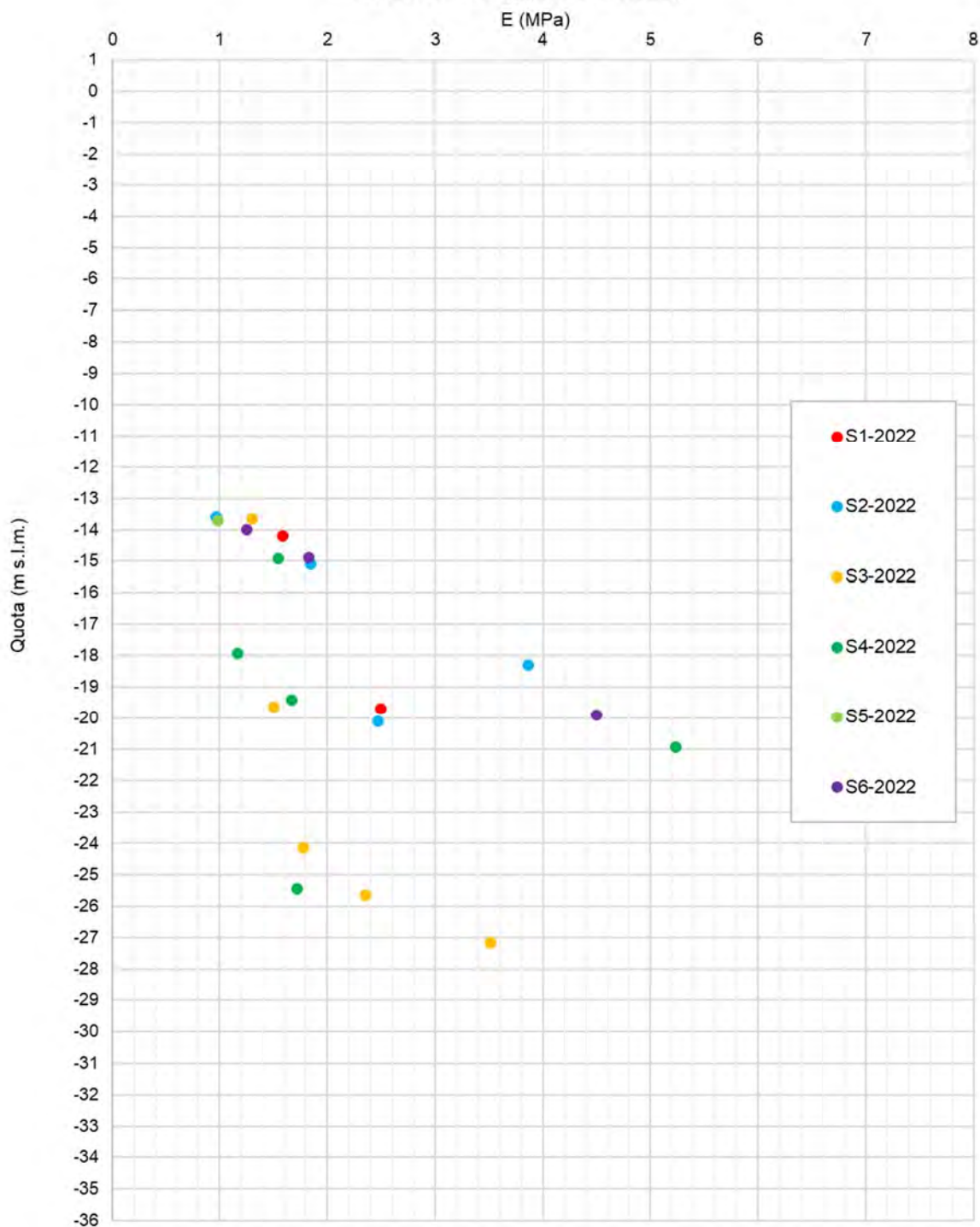
In cui:

- $M$  = modulo edometrico (MPa);
- $\nu$  = coefficiente di Poisson.


Le figure 5.1.2.7 e 5.1.2.8 mostrano il valore E alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 77 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

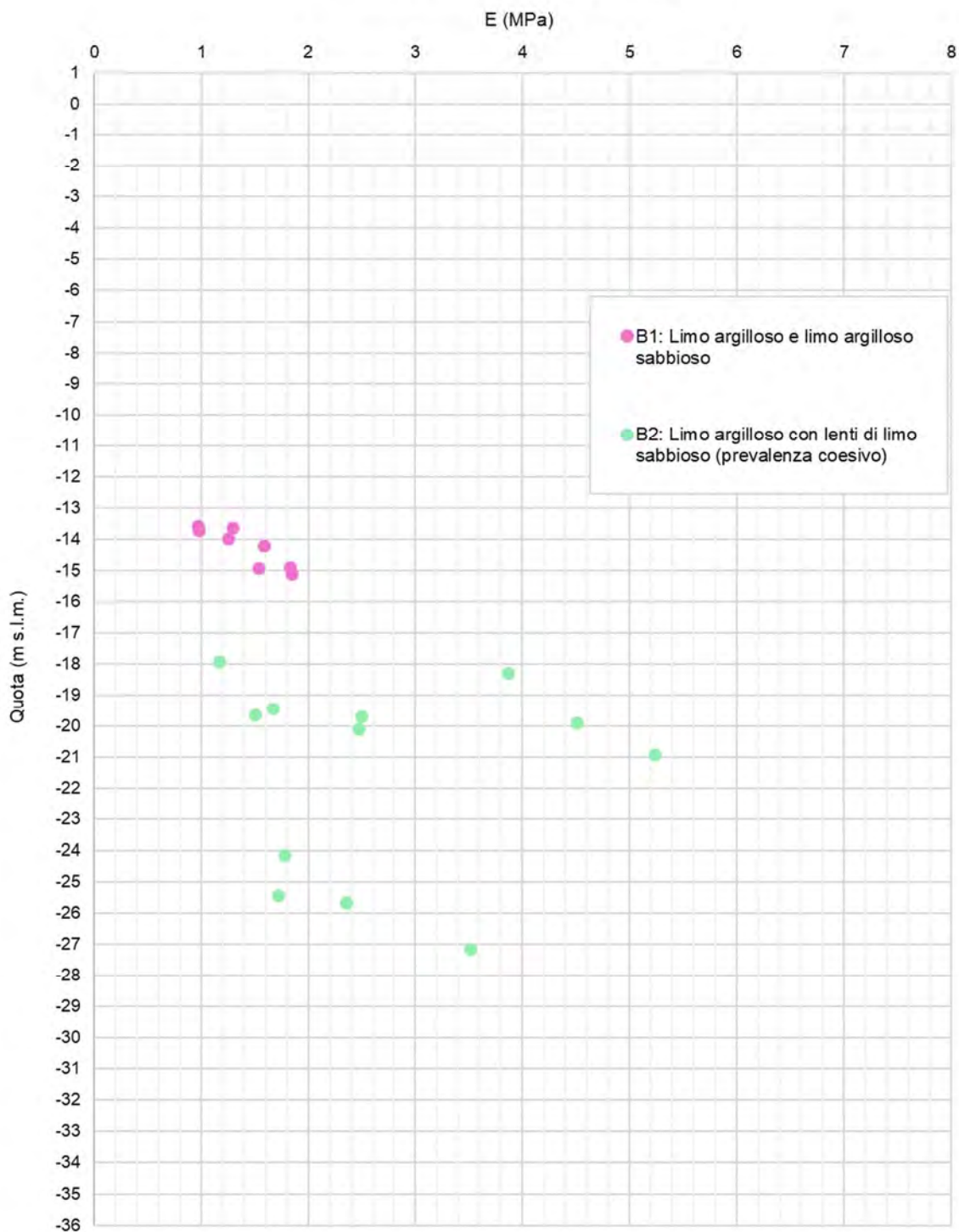
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Modulo di Young (Teoria elastica)




**Figura 5.1.2.7 – Strati coesivi – Modulo di Young da SPT (per sondaggio)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 78 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo di Young (Teoria elastica)



**Figura 5.1.2.8 – Strati coesivi – Modulo di Young da SPT (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 79 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE


Per il grado di sovraconsolidazione è stata adottata la seguente correlazione:

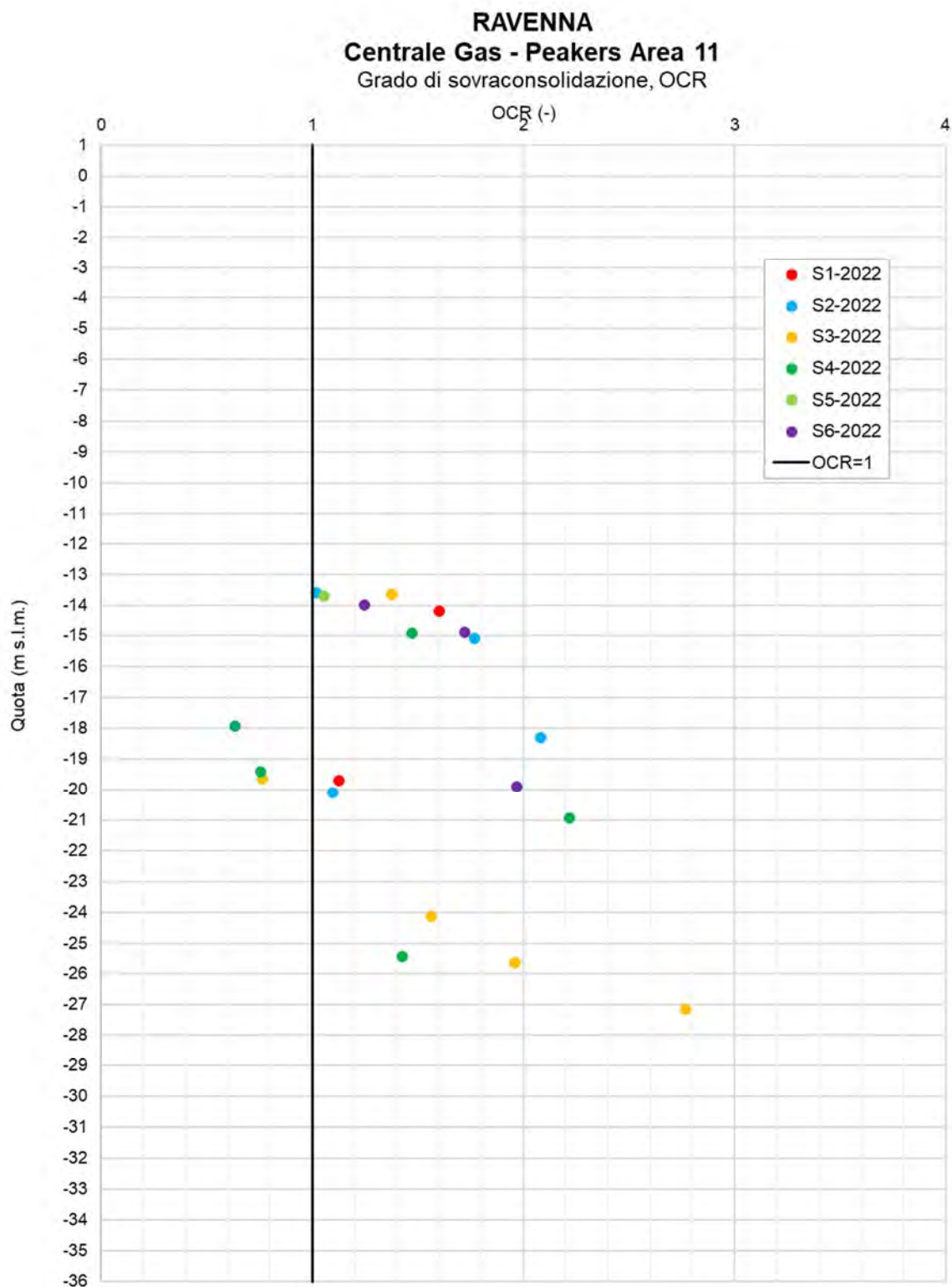
$$OCR = \frac{0.47 \cdot N_{SPT} \cdot p_a}{\sigma'}$$

Dove:

- $N_{SPT}$  = numero colpi/30 cm;
- $p_a$  = pressione atmosferica (kPa);
- $\sigma'$  = pressione verticale efficace esistente in sito (kPa).


Le figure 5.1.2.9 e 5.1.2.10 mostrano il valore OCR alle diverse quote per sondaggio e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 80 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

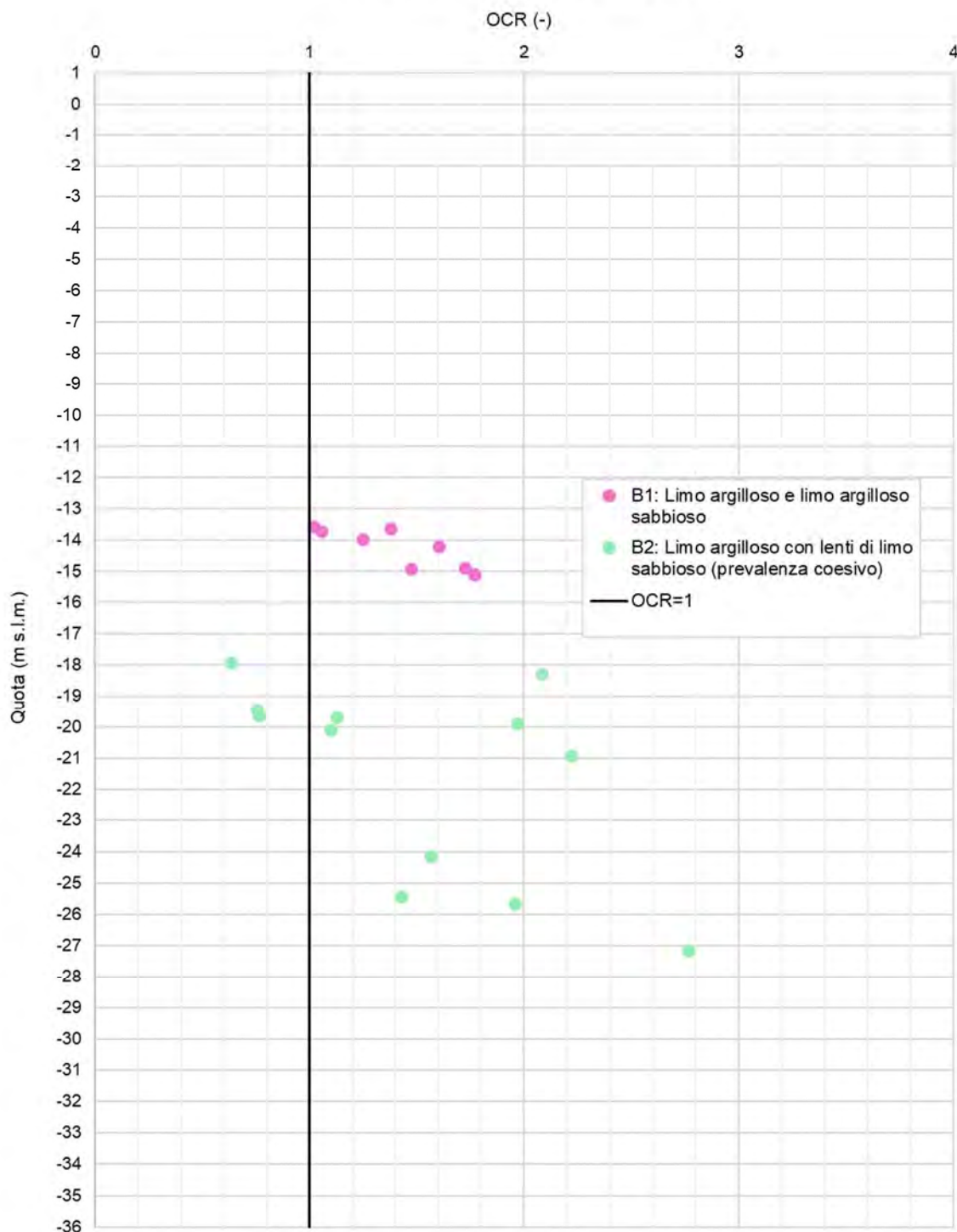


**Figura 5.1.2.9 – Strati coesivi – Grado di sovraconsolidazione da SPT (per sondaggio)**




	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 81 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Grado di sovraconsolidazione, OCR



**Figura 5.1.2.10 – Strati coesivi – Grado di sovraconsolidazione da SPT (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 82 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 5.2 Interpretazione delle prove CPT/CPTu

I risultati delle prove CPT e CPTu sono stati elaborati attraverso le relazioni di seguito riportate, ottenendo i parametri che caratterizzano gli strati di suolo incontrati.

### 5.2.1 Terreni granulari

Per i terreni granulari i parametri geotecnici d'interesse sono stati calcolati attraverso le seguenti relazioni.

#### DENSITÀ RELATIVA

Sulla base dei dati delle prove CPT/CPTu, la densità relativa  $D_R$  è stata ricavata utilizzando la correlazione proposta da Jamiolkowski (1988), qui di seguito riportata:


$$D_R(\%) = 68 \left[ \left( \log_{10} \left( \frac{q_c}{(p_a \sigma'_v)^{0.5}} \right) \right) - 1 \right] \quad \text{se } D_R = 68 \left[ \left( \log_{10} \left( \frac{q_c}{(p_a \sigma'_v)^{0.5}} \right) \right) - 1 \right] < 100$$

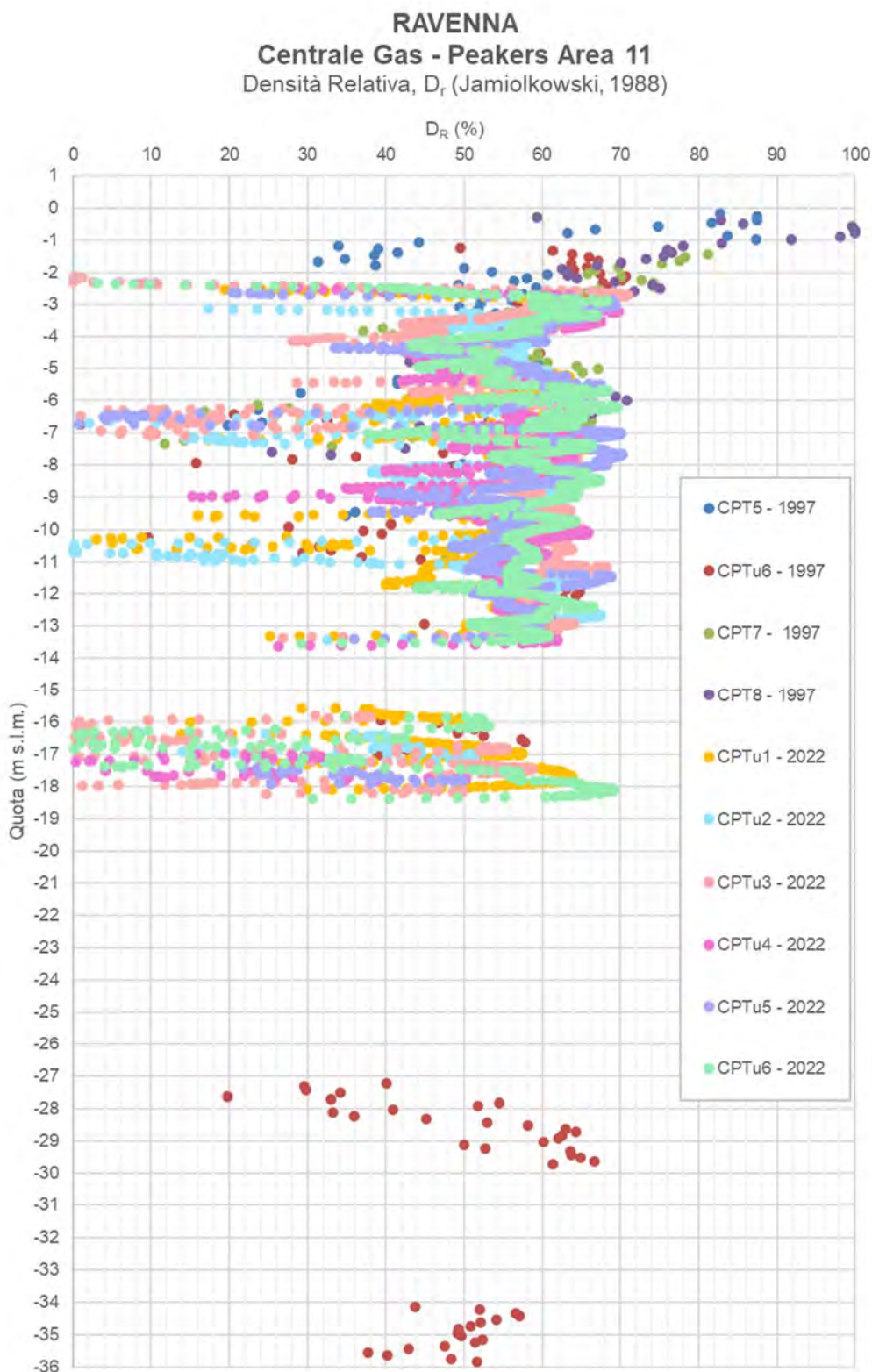
$$D_R(\%) = 100 \quad \text{se } D_R = 68 \left[ \left( \log_{10} \left( \frac{q_c}{(p_a \sigma'_v)^{0.5}} \right) \right) - 1 \right] > 100$$

Dove:


- $q_c$  è la resistenza alla punta (kPa);
- $p_a$  è la pressione atmosferica (100 kPa);
- $\sigma'_v$  è lo sforzo efficace verticale (kPa).

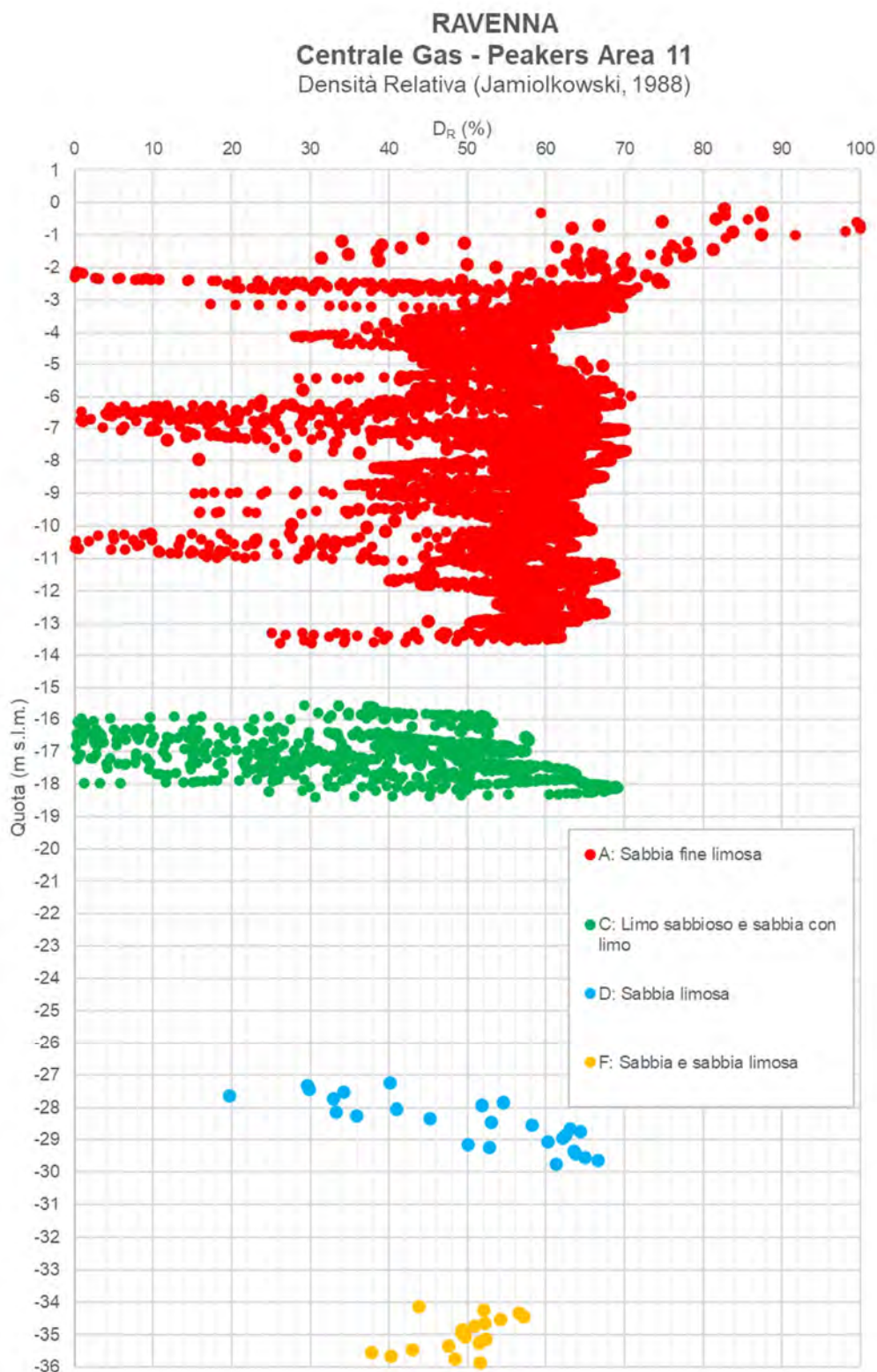
Le figure 5.2.1.1 e 5.2.1.2 mostrano il valore di  $D_R$  alle diverse quote per prova e tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 83 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 5.2.1.1 – Strati granulari – Densità relativa da CPT/CPTu (per prova)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 84 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.2.1.2 – Strati granulari – Densità relativa da CPT/CPTu (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 85 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### ANGOLO DI ATTRITO INTERNO


Per l'angolo di attrito interno dei terreni granulari, è stata adottata la correlazione di Caquot:

$$\phi (^{\circ}) = 9.8 + 4.96 \cdot \ln \left( \frac{q_T}{\sigma'_v} \right)$$

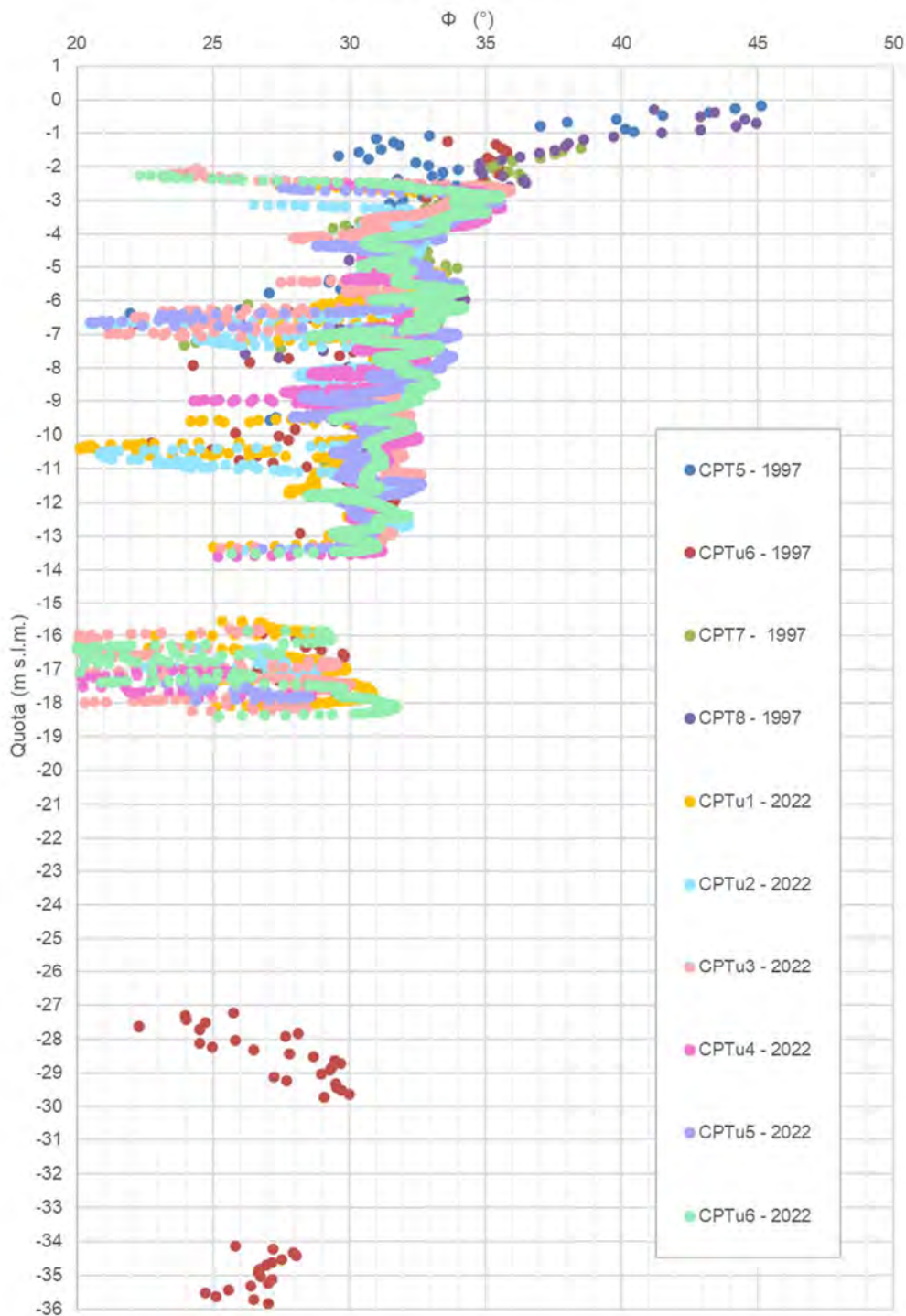
Dove:

- $q_T$  è la resistenza alla punta corretta (MPa);
- $\sigma'_v$  è lo sforzo efficace verticale (MPa).


Le figure 5.2.1.3 e 5.2.1.4 mostrano il valore di  $\phi$  alle diverse quote per prova e tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 86 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Angolo d'attrito,  $\Phi$  (Caquot)




**Figura 5.2.1.3 – Strati granulari – Angolo di attrito interno da CPT/CPTu (per prova)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 87 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.2.1.4** – Strati granulari – Angolo di attrito interno da CPT/CPTu (per materiale)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 88 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### MODULO DI YOUNG

Il modulo di Young  $E$  è stato ricavato attraverso la seguente relazione di Denver (1982):


$$E \text{ (MPa)} = 8 q_T^{0.5}$$

dove:

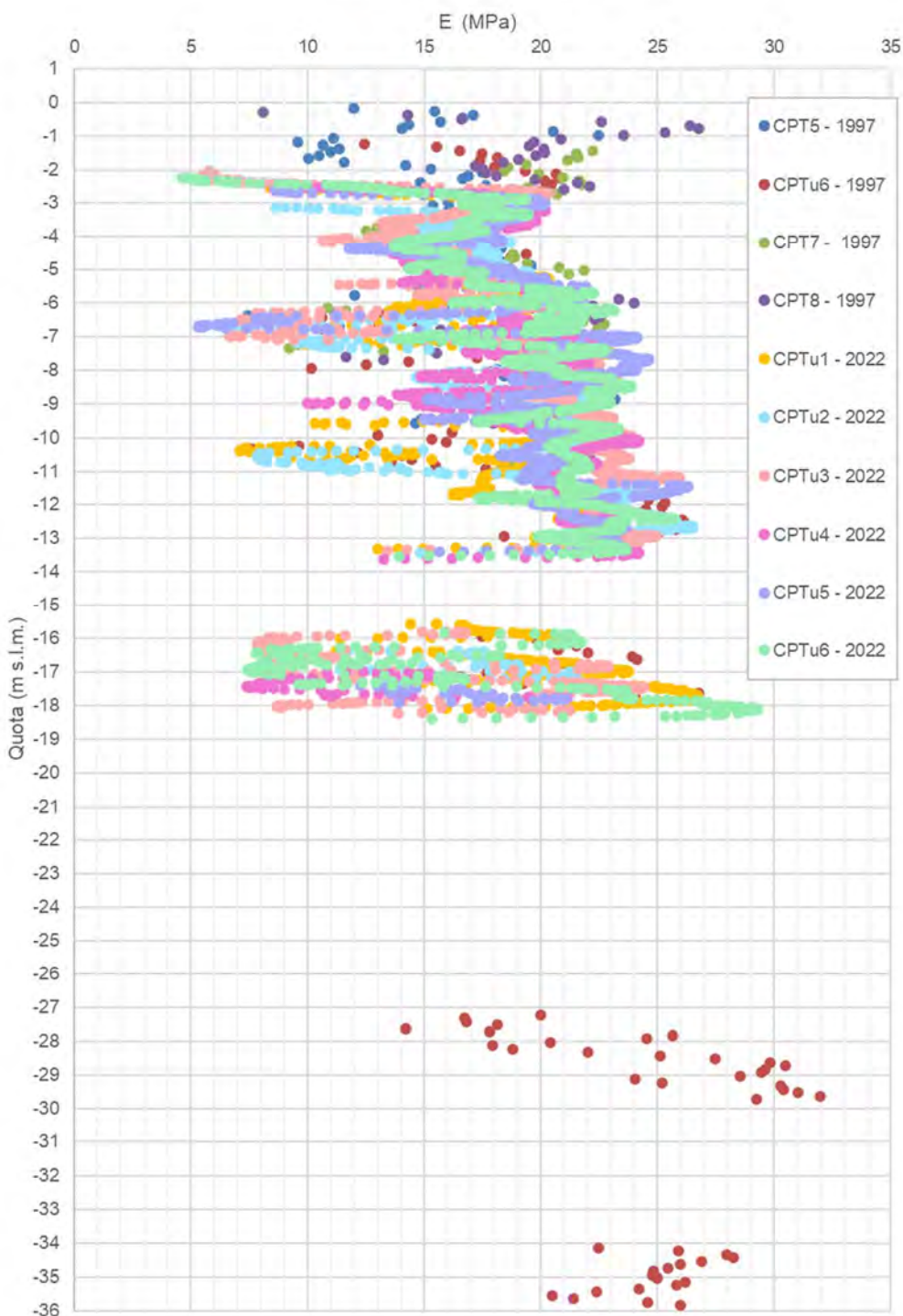
- $q_T$  è la resistenza alla punta corretta (MPa).

Le figure 5.2.1.5 e 5.2.1.6 mostrano il valore di  $E$  alle diverse quote per prova e tipologia di materiale.




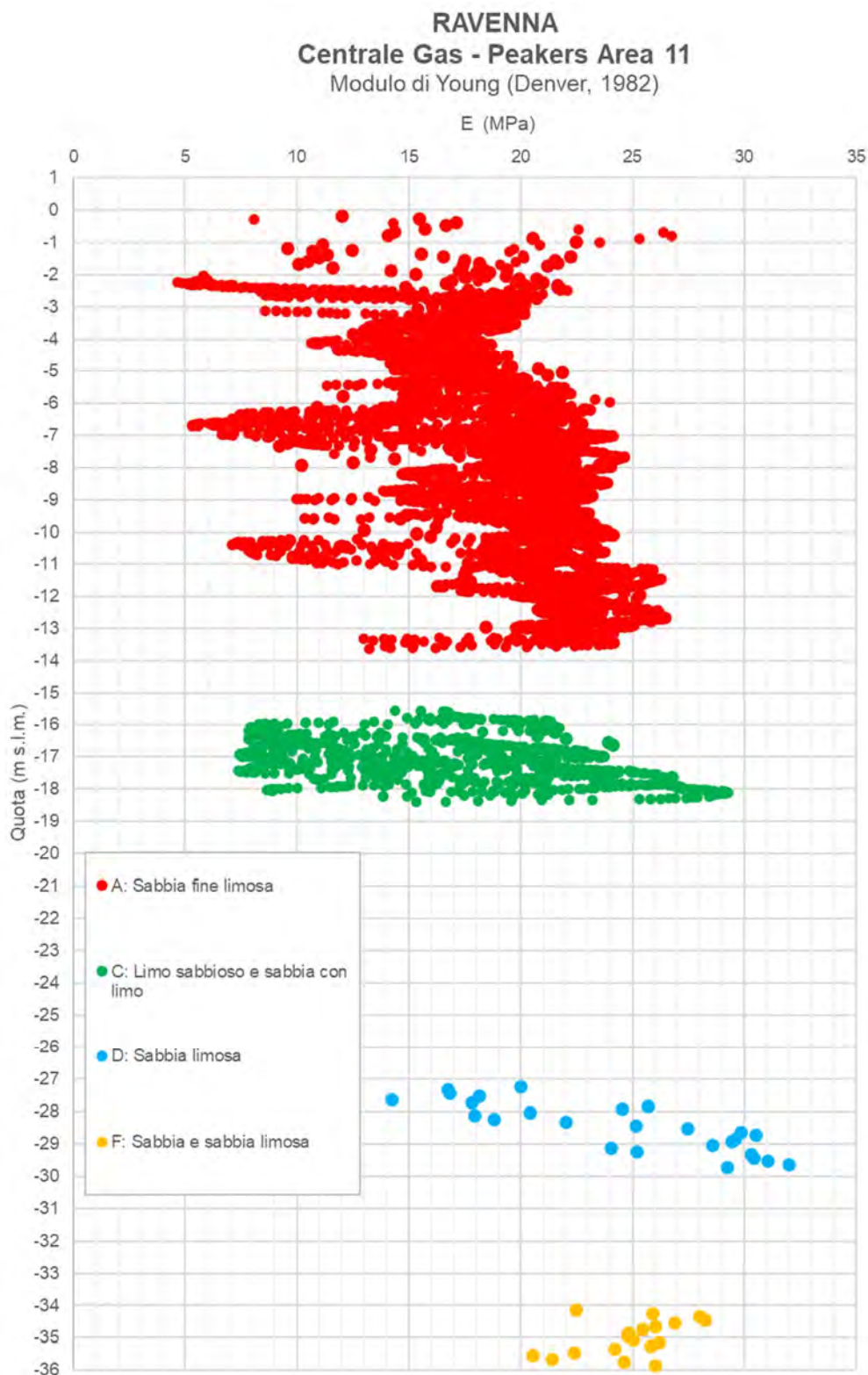
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 89 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo di Young, E (Denver, 1982)




**Figura 5.2.1.5** – Strati granulari – Modulo di Young da CPT/CPTu (per prova)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 90 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.2.1.6 – Strati granulari – Modulo di Young da CPT/CPTu (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 91 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### 5.2.2 Terreni coesivi

Per i terreni coesivi i parametri geotecnici d'interesse sono stati calcolati attraverso le seguenti relazioni.

#### RESISTENZA A TAGLIO NON DRENATA


Per la resistenza al taglio non drenata è stata adottata la correlazione di Baligh & Campanella (1981):

$$c_u(kPa) = \frac{(q_T - \sigma'_v)}{18}$$

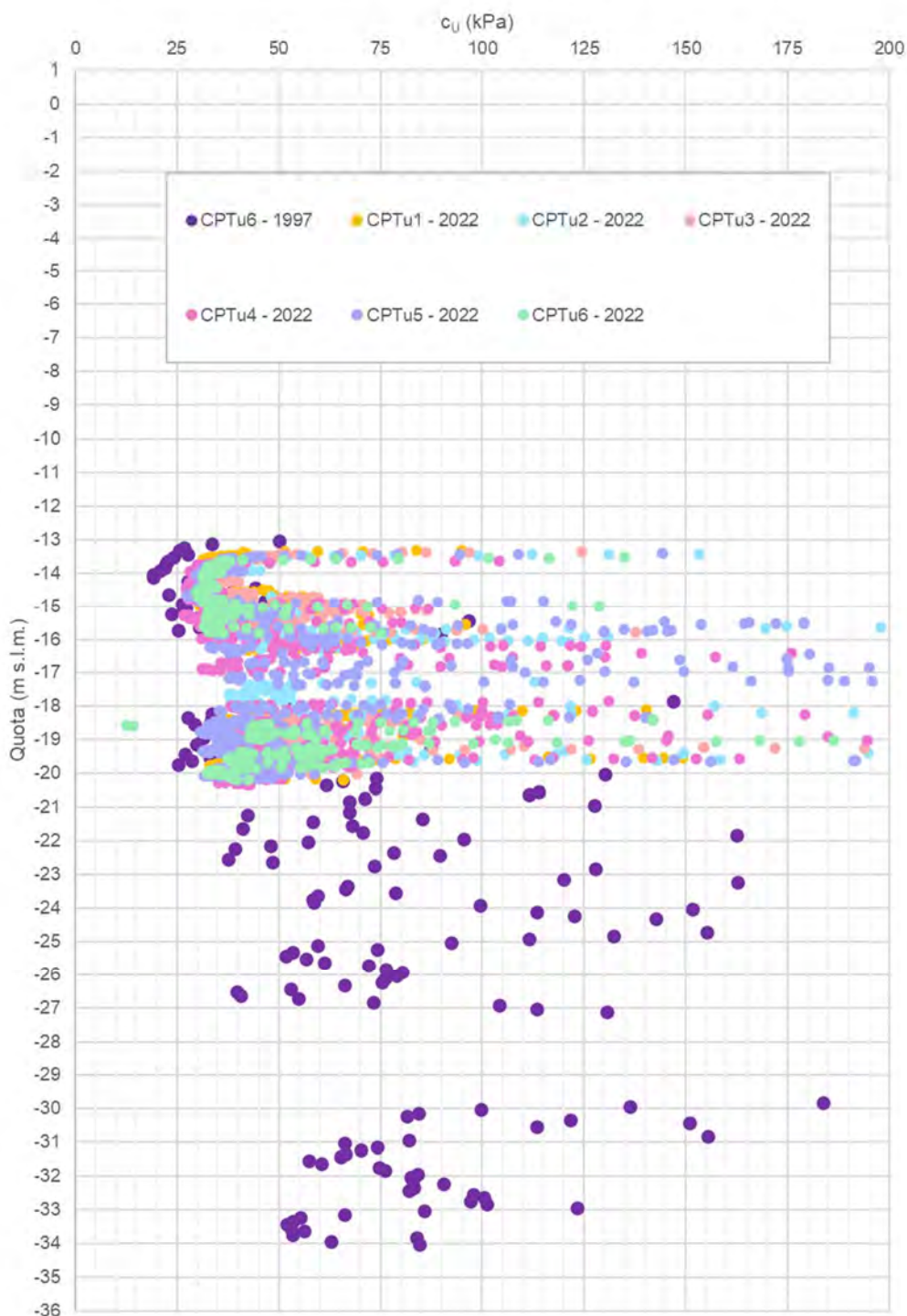
Dove:

- $q_T$  è la resistenza alla punta corretta (kPa);
- $\sigma'_v$  è lo sforzo efficace verticale (kPa).


Le figure 5.2.2.1 e 5.2.2.2 mostrano il valore di  $c_u$  alle diverse quote per prova e per tipologia di materiale.

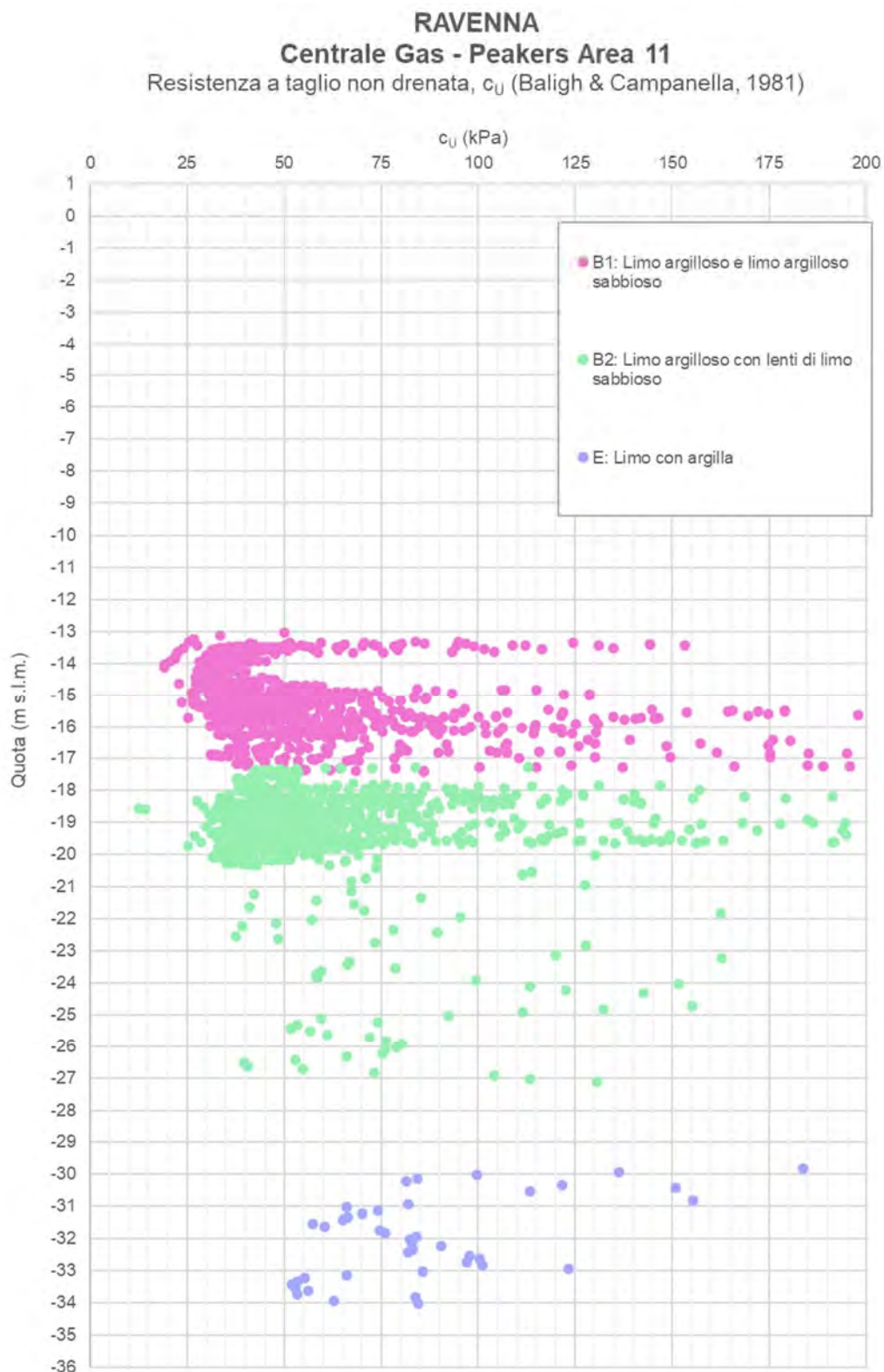
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 92 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Resistenza a taglio non drenata,  $c_u$  (Baligh & Campanella, 1981)




**Figura 5.2.2.1** – Strati coesivi – Resistenza a taglio non drenata da CPT/CPTu (per prova)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 93 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.2.2.2** – Strati coesivi – Resistenza a taglio non drenata da CPT/CPTu (per materiale)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 94 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### MODULO EDOMETRICO


Per il modulo edometrico è stata adottata la correlazione di Gielly et al. (1969):

$$M(MPa) = 6 \cdot q_T$$

Dove:


- $q_T$  è la resistenza alla punta corretta (MPa).

Le figure 5.2.2.3 e 5.2.2.4 mostrano il valore di M alle diverse quote per prova e per tipologia di materiale.

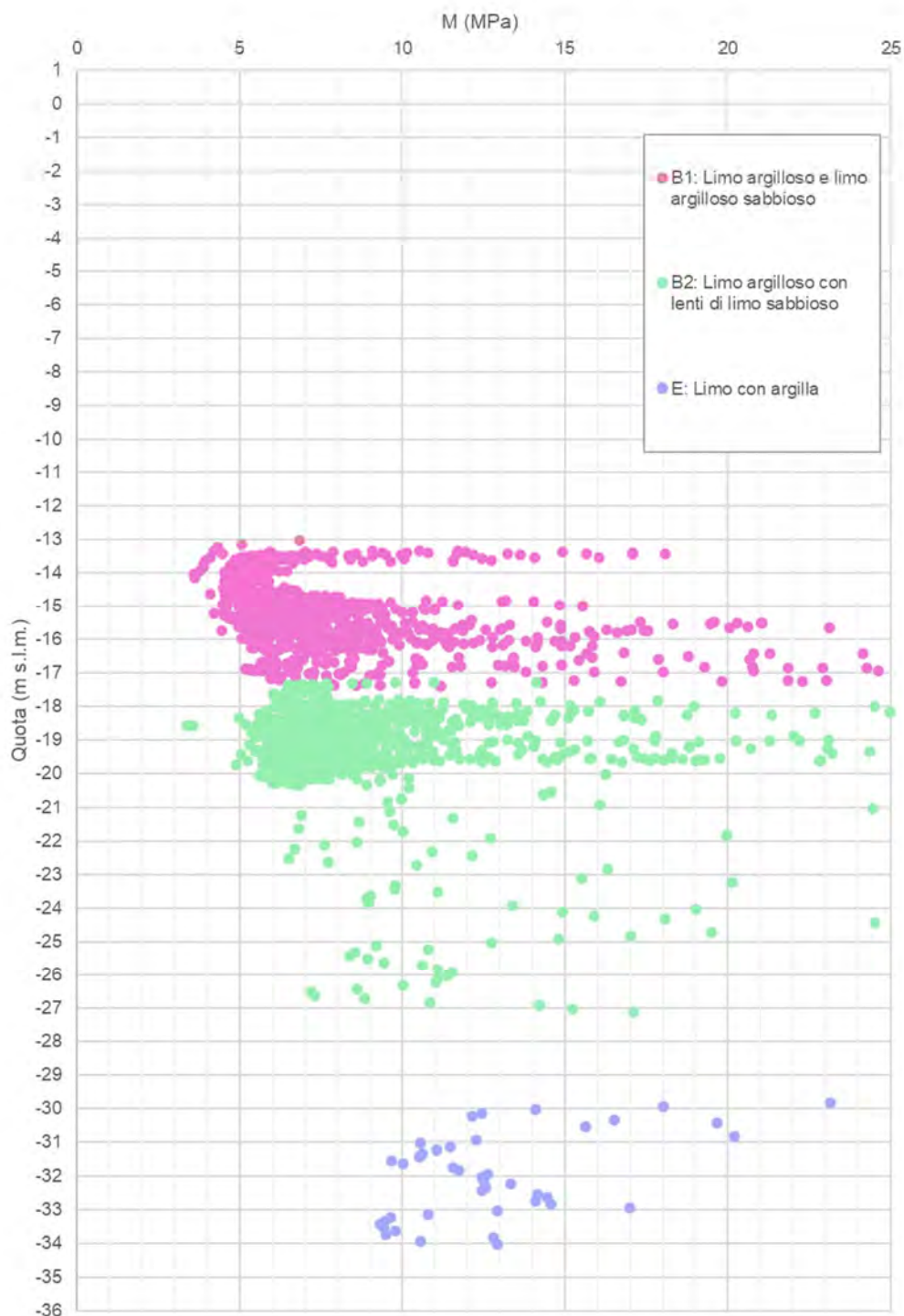
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 95 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.2.2.3** – Strati coesivi – Modulo edometrico da CPT/CPTu (per prova)


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 96 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo edometrico, M (Gielly et al., 1969)



**Figura 5.2.2.4 – Strati coesivi – Modulo edometrico da CPT/CPTu (per materiale)**



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 97 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### MODULO DI YOUNG


Il modulo di Young è stato calcolato tramite la teoria elastica:

$$E(MPa) = \frac{M \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

In cui:

- $M$  = modulo edometrico (MPa);
- $\nu$  = coefficiente di Poisson.


Le figure 5.2.2.5 e 5.2.2.6 mostrano il valore E alle diverse quote per prova e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 98 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

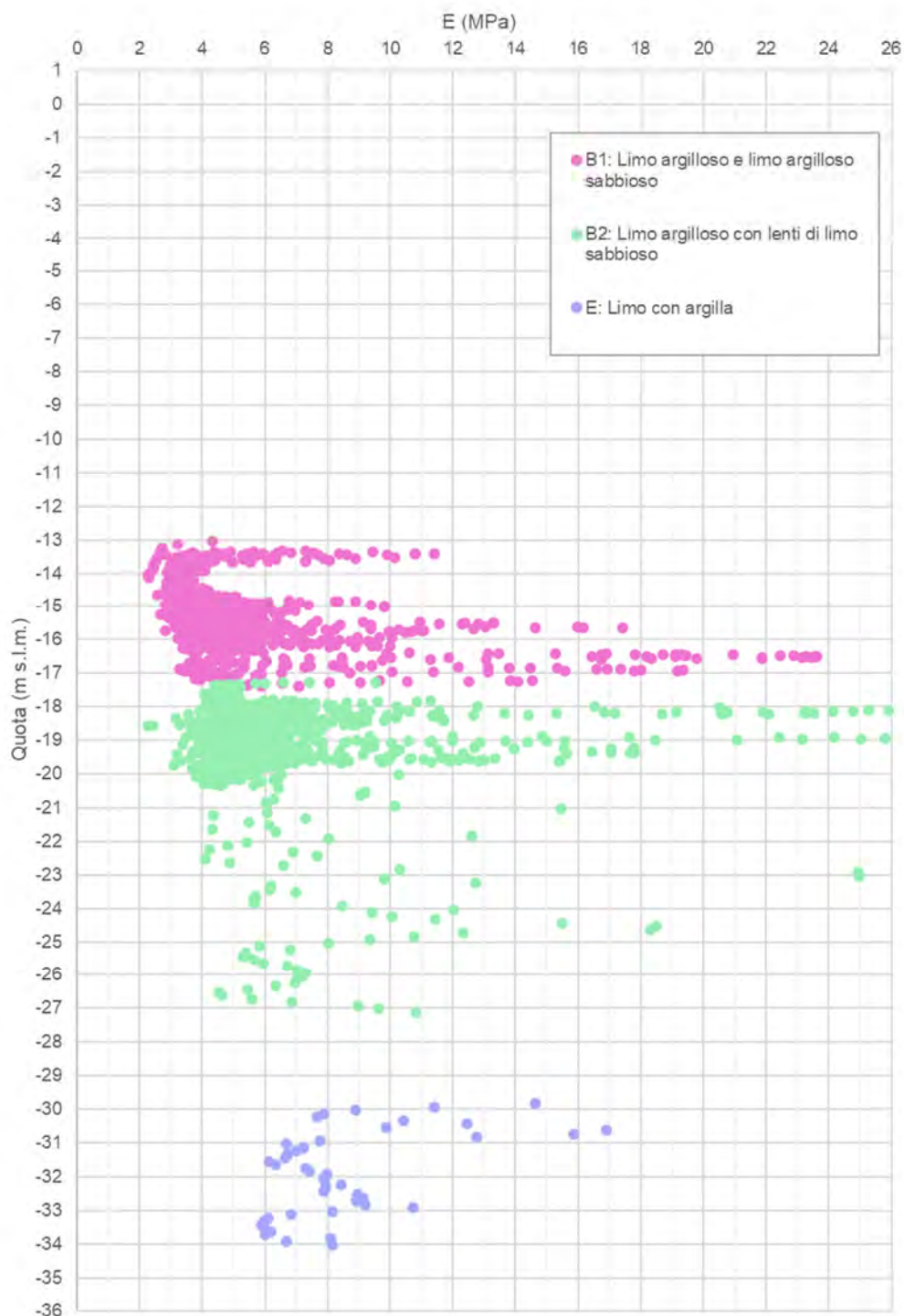
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Modulo di Young, E (Teoria elastica)




**Figura 5.2.2.5 – Strati coesivi – Modulo di Young da CPT/CPTu (per prova)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 99 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo di Young, E (Teoria elastica)



**Figura 5.2.2.6 – Strati coesivi – Modulo di Young da CPT/CPTu (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 100 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE


Per il grado di sovraconsolidazione è stata adottata la seguente correlazione:

$$OCR = \frac{0.29 \cdot q_T}{\sigma'_v}$$

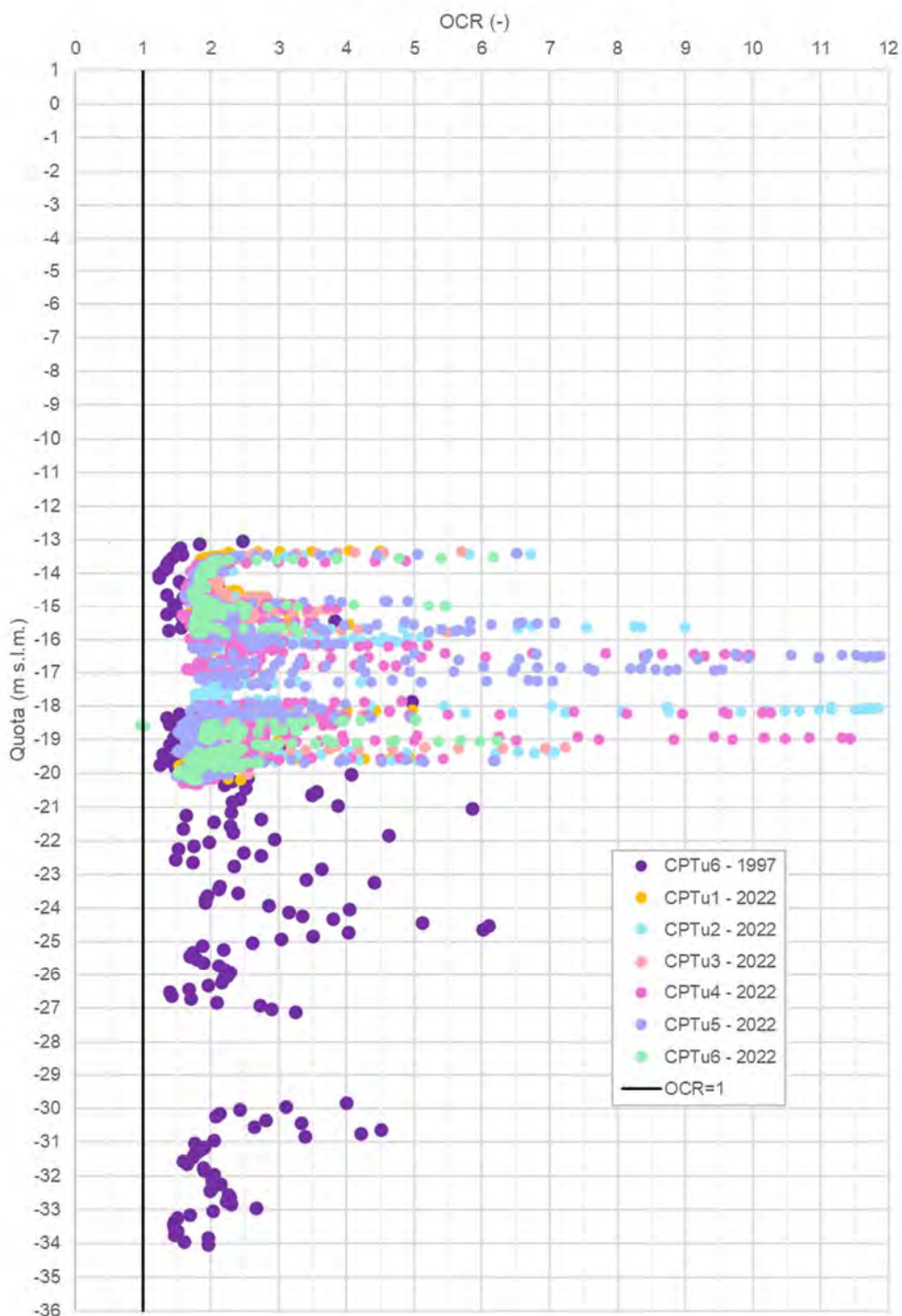
Dove:

- $q_T$  è la resistenza alla punta corretta (kPa);
- $\sigma'_v$  è lo sforzo efficace verticale (kPa).


Le figure 5.2.2.7 e 5.2.2.8 mostrano il valore OCR alle diverse quote per prova e per tipologia di materiale.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 101 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

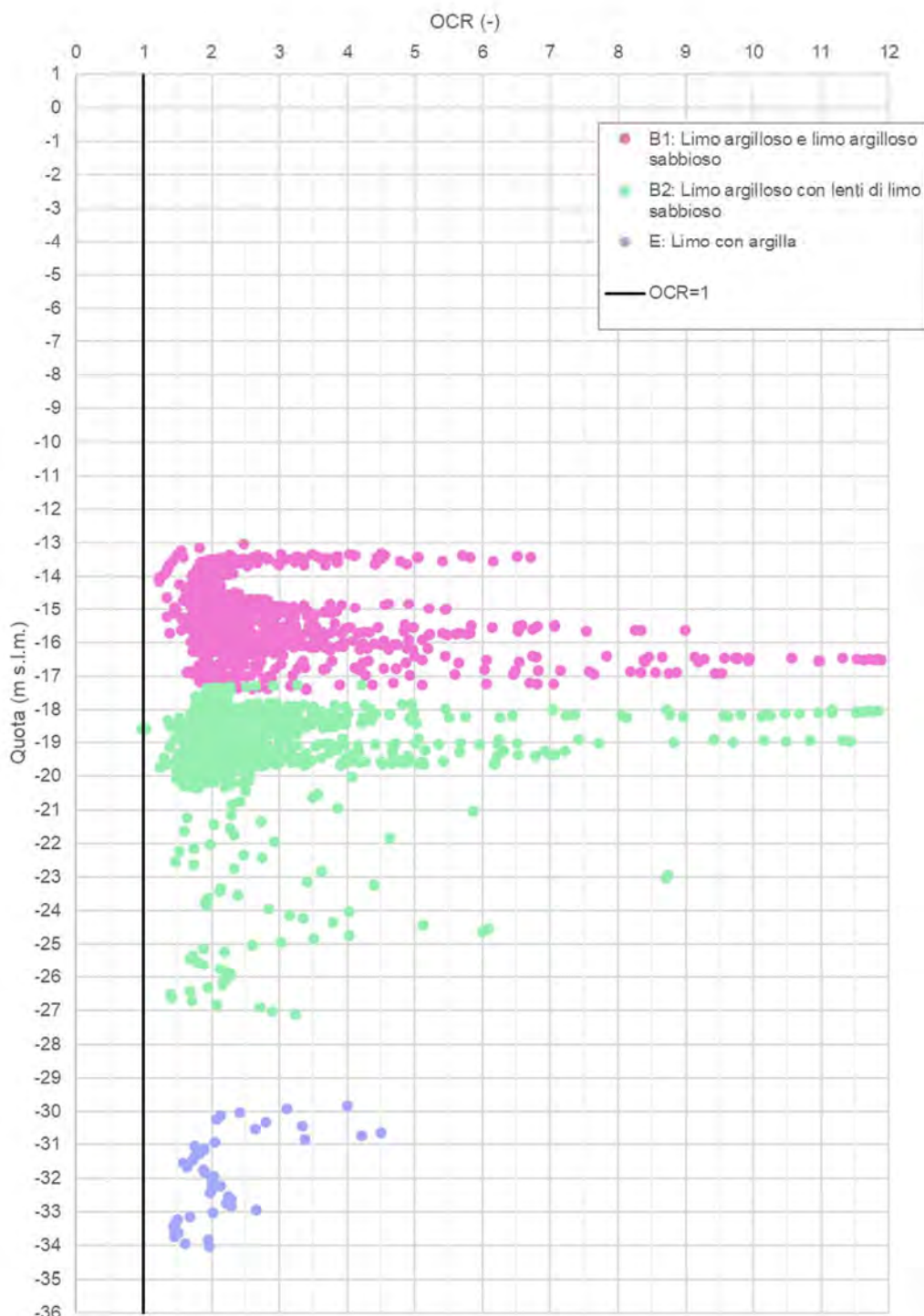
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Grado di sovraconsolidazione, OCR




**Figura 5.2.2.7 – Strati coesivi – grado di sovraconsolidazione da CPT/CPTu (per prova)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 102 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Grado di sovraconsolidazione, OCR



**Figura 5.2.2.8 – Strati coesivi – Grado di sovraconsolidazione da CPT/CPTu (per materiale)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 103 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

### 5.3 Interpretazione delle prove di carico su piastra

L'elaborazione dei parametri geotecnici ricavabili dalle prove di carico su piastra viene eseguita utilizzando le relazioni di seguito esposte.

Il modulo di compressione tangente  $M_T$  viene calcolato per ogni incremento di carico attraverso la formula:

$$M_T = \frac{\Delta p}{\Delta s} D$$

dove:

D = diametro della piastra [mm];

$\Delta p$  = incremento di carico [MPa];

$\Delta s$  = cedimento corrispondente all' incremento di carico [mm].

Il modulo di compressione secante  $M_S$  è invece definito in termini di carico totale attraverso la relazione:

$$M_S = \frac{p}{s} D$$

con:

p = carico totale [MPa];

s = cedimento totale [mm].

Il modulo di Young tangente  $E_T$  è valutato per ogni incremento di carico attraverso la formula:

$$E_T = \frac{\Delta p}{\Delta s} \frac{\pi}{4} D (1 - \nu^2)$$

essendo:

$\nu$  = coefficiente di Poisson (assunto pari a 0.3).

Infine, si è ottenuto il modulo di Young secante  $E_S$  utilizzando la relazione:




$$E_S = \frac{p}{s} \frac{\pi}{4} D (1 - \nu^2)$$

Per il calcolo del modulo di taglio viene considerata la seguente relazione:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

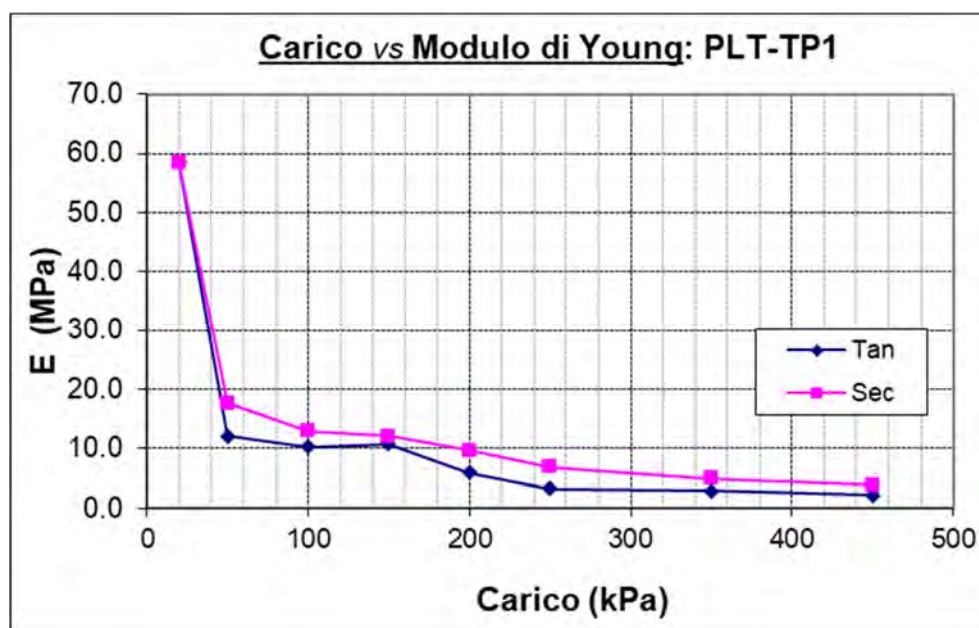
Di seguito, nelle Tabelle da 5.3.I a 5.3.V e nelle Figure da 5.3.1 a 5.3.18, si riportano i valori di  $M_T$ ,  $M_S$ ,  $E_T$ ,  $E_S$  e G calcolati per ogni prova in funzione del carico applicato, per la sola fase di carico.

Il modulo di taglio G è stato calcolato sia usando  $E_T$  ( $G_T$ ), sia usando  $E_S$  ( $G_S$ ).

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 104 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




PLT - TP1										
p	$\Delta p$	$\Delta s$	$M_{tan}$	$p_{corr}$	$s_{corr}$	$M_{sec}$	$E_{tan}$	$E_{sec}$	$G_{tan}$	$G_{sec}$
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
20	20	0.11	81.8	20	0.11	81.8	58.4	58.4	22.5	22.5
50	30	0.80	16.9	50	0.91	24.7	12.1	17.7	4.6	6.8
100	50	1.57	14.3	100	2.48	18.1	10.2	13.0	3.9	5.0
150	50	1.50	15.0	150	3.98	17.0	10.7	12.1	4.1	4.7
200	50	2.72	8.3	200	6.70	13.4	5.9	9.6	2.3	3.7
250	50	5.01	4.5	250	11.71	9.6	3.2	6.9	1.2	2.6
350	100	11.34	4.0	350	23.05	6.8	2.8	4.9	1.1	1.9
450	100	15.22	3.0	450	38.27	5.3	2.1	3.8	0.8	1.5

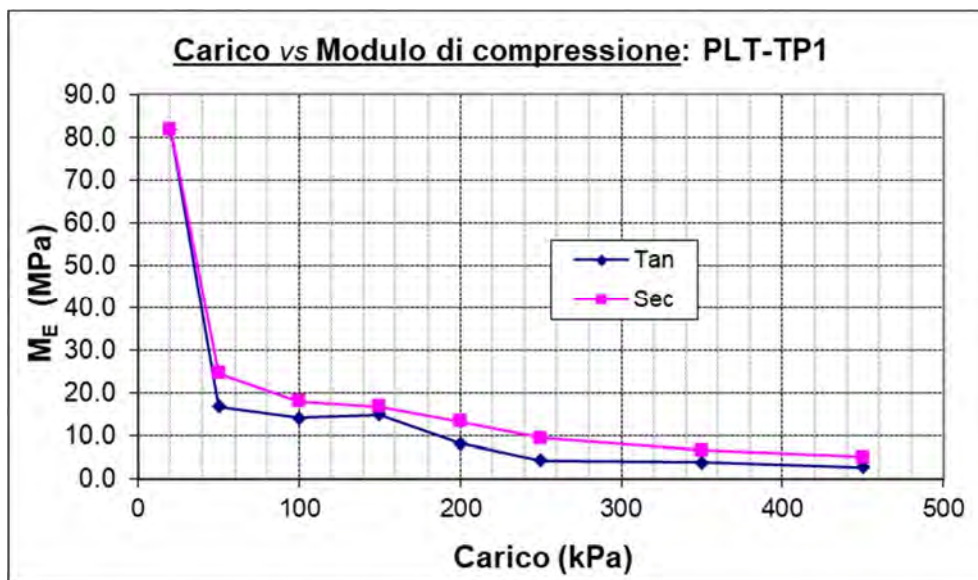
**Tabella 5.3.1** – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – TP1)



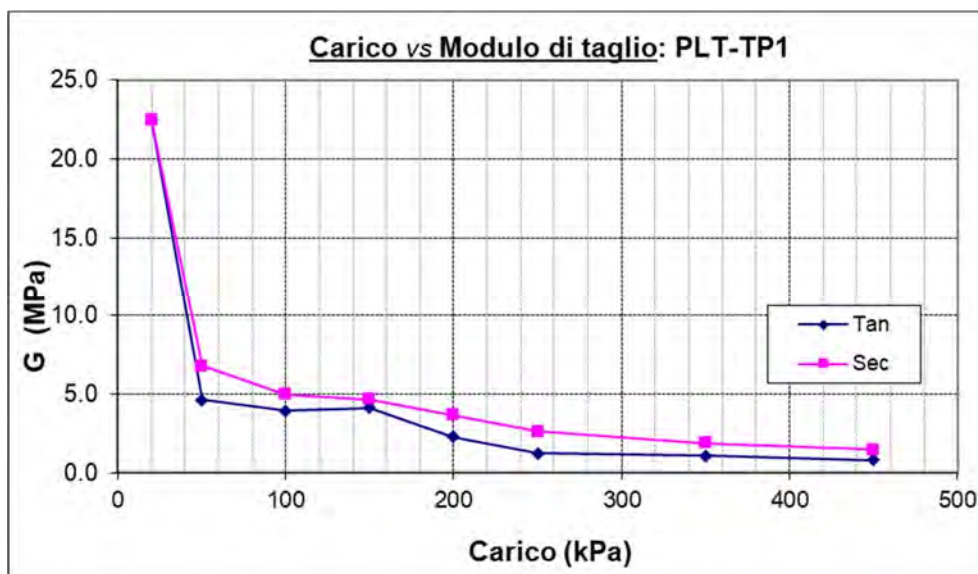
**Figura 5.3.1** – Modulo di Young (PLT – TP1)






  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 105 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.3.2 – Modulo di compressione (PLT – TP1)**



**Figura 5.3.3 – Modulo di taglio (PLT – TP1)**

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 106 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

PLT-TP2										
p	$\Delta p$	$\Delta s$	$M_{tan}$	$p_{corr}$	$s_{corr}$	$M_{sec}$	$E_{tan}$	$E_{sec}$	$G_{tan}$	$G_{sec}$
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
20	20	0.12	75.0	20	0.12	75.0	53.6	53.6	20.6	20.6
50	30	1.64	8.2	50	1.76	12.8	5.9	9.1	2.3	3.5
100	50	2.38	9.5	100	4.14	10.9	6.8	7.8	2.6	3.0
150	50	2.80	8.0	150	6.94	9.7	5.7	6.9	2.2	2.7
200	50	4.12	5.5	200	11.06	8.1	3.9	5.8	1.5	2.2
250	50	4.06	5.5	250	15.12	7.4	4.0	5.3	1.5	2.0
350	100	12.78	3.5	350	27.90	5.6	2.5	4.0	1.0	1.6
450	100	11.40	3.9	450	39.30	5.2	2.8	3.7	1.1	1.4

Tabella 5.3.II – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – TP2)

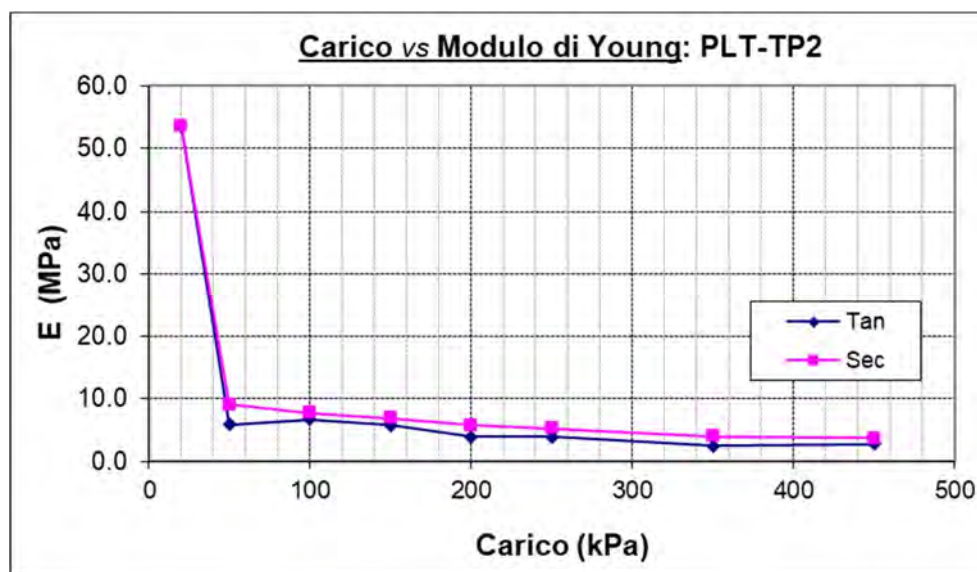



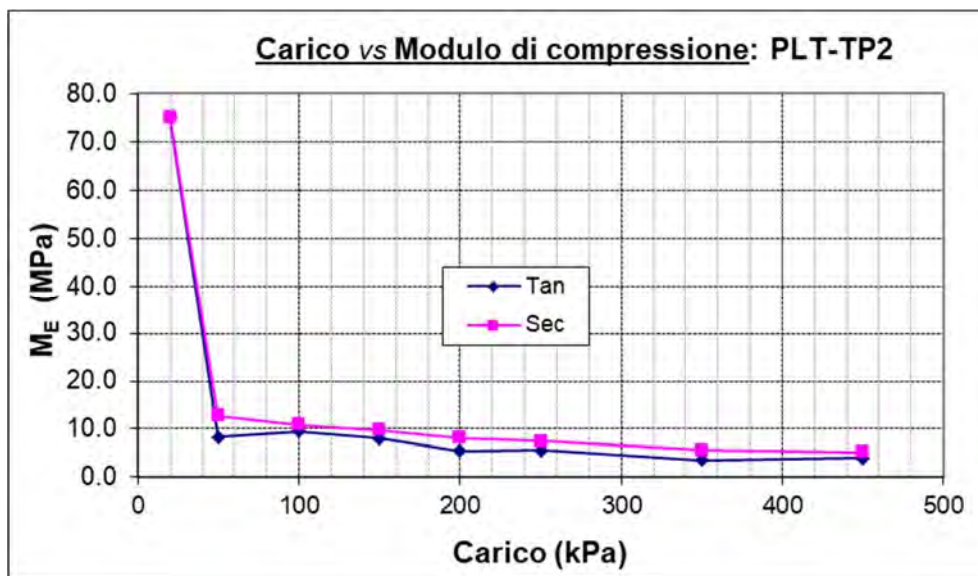
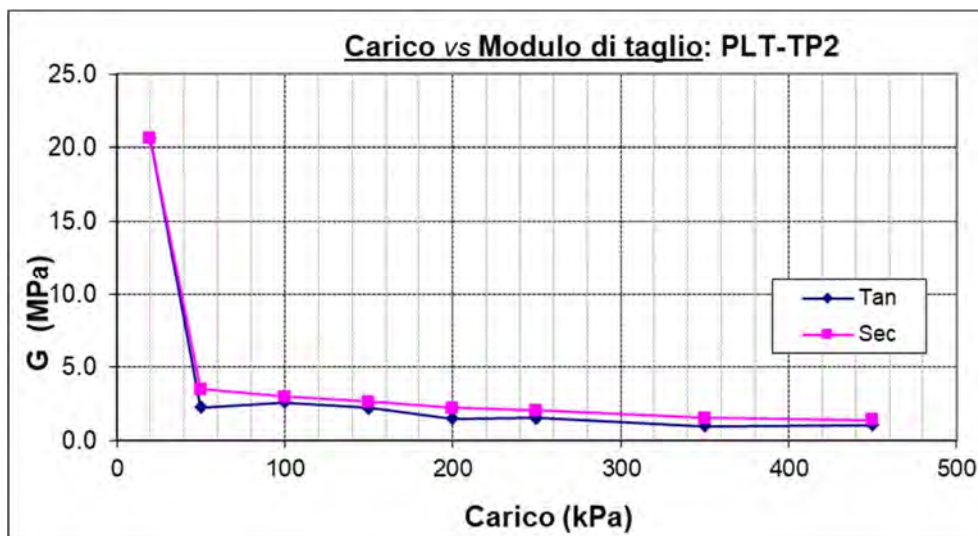


Figura 5.3.4 – Modulo di Young (PLT – TP2)




  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 107 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.3.5 – Modulo di compressione (PLT – TP2)**



**Figura 5.3.6 – Modulo di taglio (PLT – TP2)**

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 108 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

PLT-TP3										
p	$\Delta p$	$\Delta s$	$M_{tan}$	$p_{corr}$	$s_{corr}$	$M_{sec}$	$E_{tan}$	$E_{sec}$	$G_{tan}$	$G_{sec}$
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
20	20	0.11	81.8	20	0.11	81.8	58.4	58.4	22.5	22.5
50	30	0.20	67.5	50	0.31	72.6	48.2	51.8	18.5	19.9
100	50	0.37	60.8	100	0.68	66.2	43.4	47.3	16.7	18.2
150	50	0.50	45.0	150	1.18	57.2	32.1	40.9	12.4	15.7
200	50	0.43	52.3	200	1.61	55.9	37.4	39.9	14.4	15.4
250	50	0.25	90.0	250	1.86	60.5	64.3	43.2	24.7	16.6
350	100	0.96	46.9	350	2.82	55.9	33.5	39.9	12.9	15.3
450	100	0.67	67.2	450	3.49	58.0	48.0	41.4	18.5	15.9

Tabella 5.3.III – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – TP3)

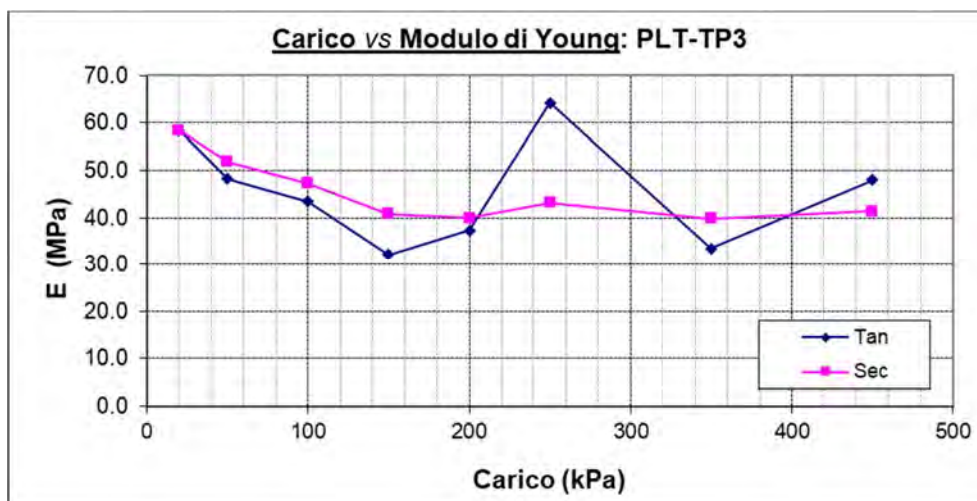

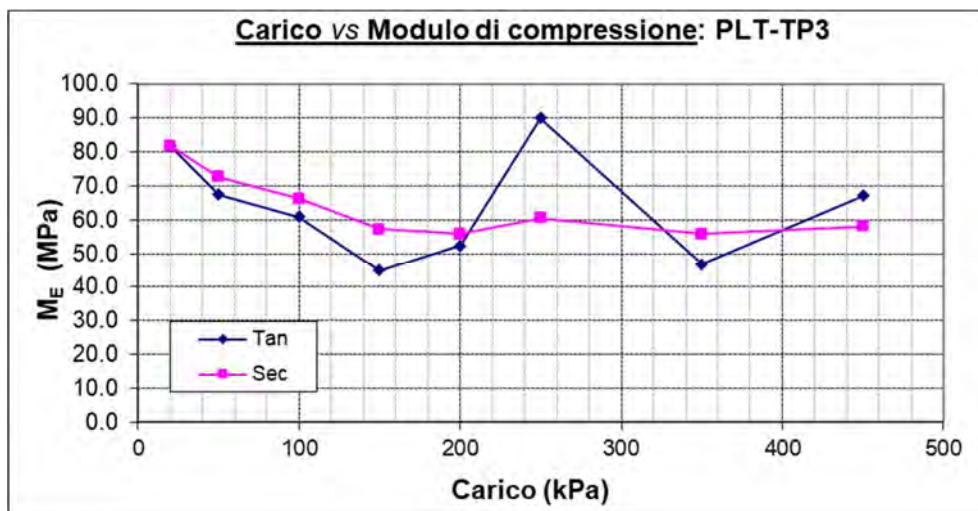
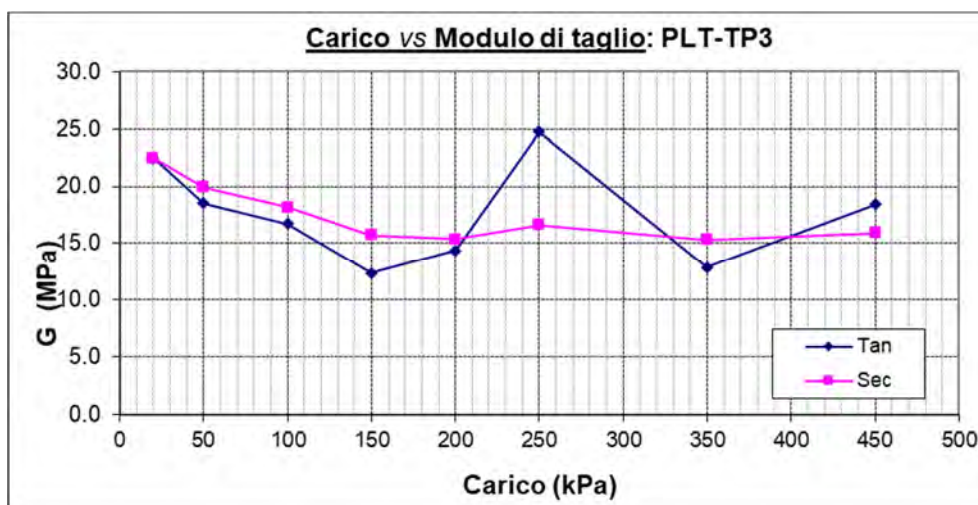


Figura 5.3.7 – Modulo di Young (PLT – TP3)




	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 109 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.3.8 – Modulo di compressione (PLT – TP3)**

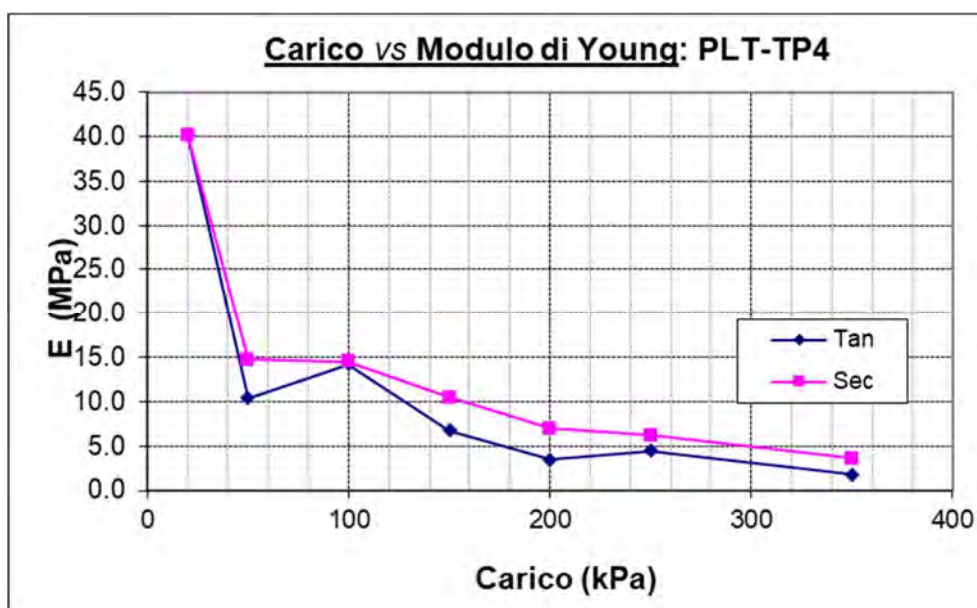


**Figura 5.3.9 – Modulo di taglio (PLT – TP3)**




  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 110 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

PLT-TP4										
p	$\Delta p$	$\Delta s$	$M_{tan}$	$p_{corr}$	$s_{corr}$	$M_{sec}$	$E_{tan}$	$E_{sec}$	$G_{tan}$	$G_{sec}$
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
20	20	0.16	56.3	20	0.16	56.3	40.2	40.2	15.5	15.5
50	30	0.93	14.5	50	1.09	20.6	10.4	14.7	4.0	5.7
100	50	1.13	19.9	100	2.22	20.3	14.2	14.5	5.5	5.6
150	50	2.39	9.4	150	4.61	14.6	6.7	10.5	2.6	4.0
200	50	4.65	4.8	200	9.26	9.7	3.5	6.9	1.3	2.7
250	50	3.62	6.2	250	12.88	8.7	4.4	6.2	1.7	2.4
350	100	18.33	2.5	350	31.21	5.0	1.8	3.6	0.7	1.4

**Tabella 5.3.IV** – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – TP4)



**Figura 5.3.10** – Modulo di Young (PLT – TP4)

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 111 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

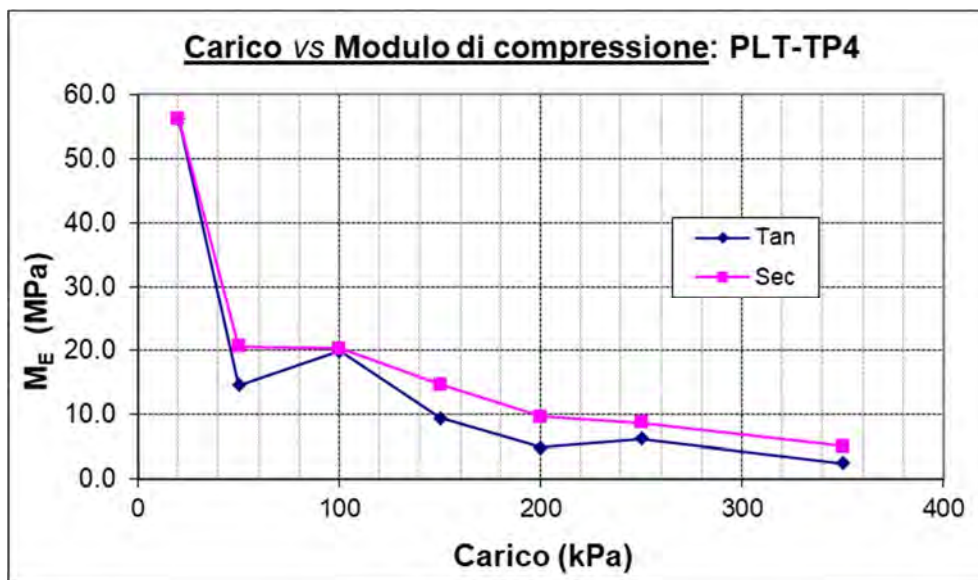


Figura 5.3.11 – Modulo di compressione (PLT – TP4)

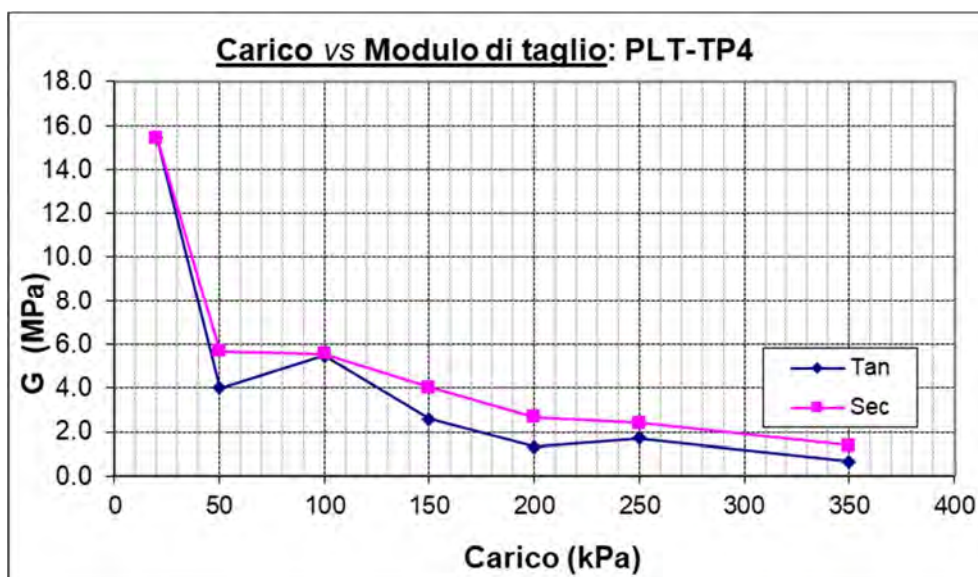



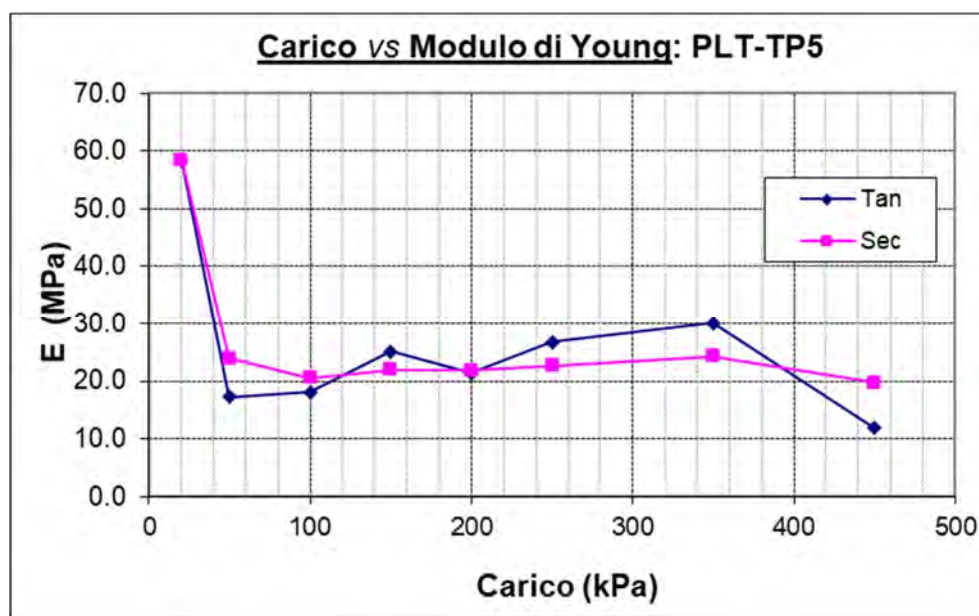


Figura 5.3.12 – Modulo di taglio (PLT – TP4)

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 112 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




PLT-TP5										
p	$\Delta p$	$\Delta s$	$M_{tan}$	$p_{corr}$	$s_{corr}$	$M_{sec}$	$E_{tan}$	$E_{sec}$	$G_{tan}$	$G_{sec}$
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
20	20	0.11	81.8	20	0.11	81.8	58.4	58.4	22.5	22.5
50	30	0.56	24.1	50	0.67	33.6	17.2	24.0	6.6	9.2
100	50	0.89	25.3	100	1.56	28.8	18.1	20.6	6.9	7.9
150	50	0.64	35.2	150	2.20	30.7	25.1	21.9	9.7	8.4
200	50	0.75	30.0	200	2.95	30.5	21.4	21.8	8.2	8.4
250	50	0.60	37.5	250	3.55	31.7	26.8	22.6	10.3	8.7
350	100	1.07	42.1	350	4.62	34.1	30.0	24.4	11.6	9.4
450	100	2.72	16.5	450	7.34	27.6	11.8	19.7	4.5	7.6

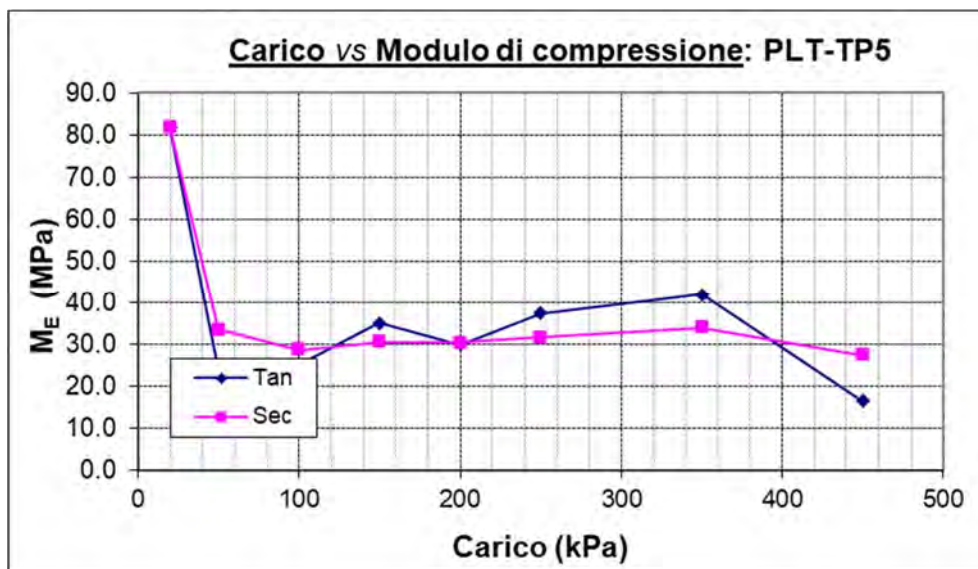
**Tabella 5.3.V** – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – TP5)



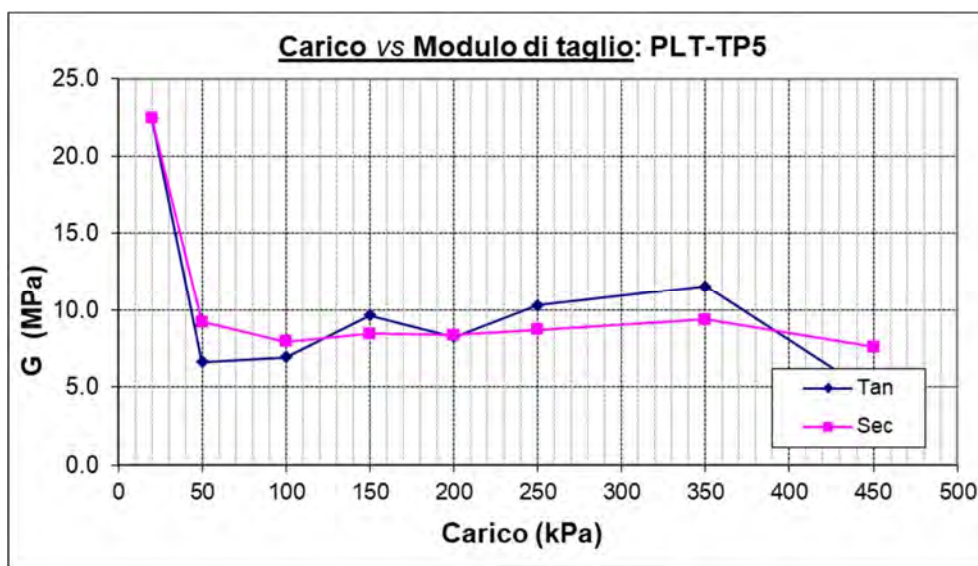
**Figura 5.3.13** – Modulo di Young (PLT – TP5)






  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 113 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.3.14** – Modulo di compressione (PLT – TP5)

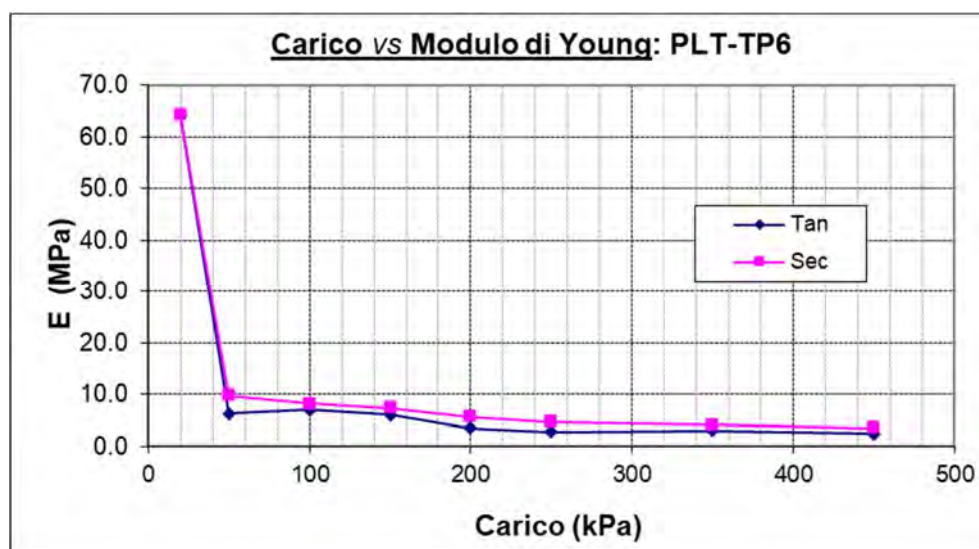


**Figura 5.3.15** – Modulo di taglio (PLT – TP5)




  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 114 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

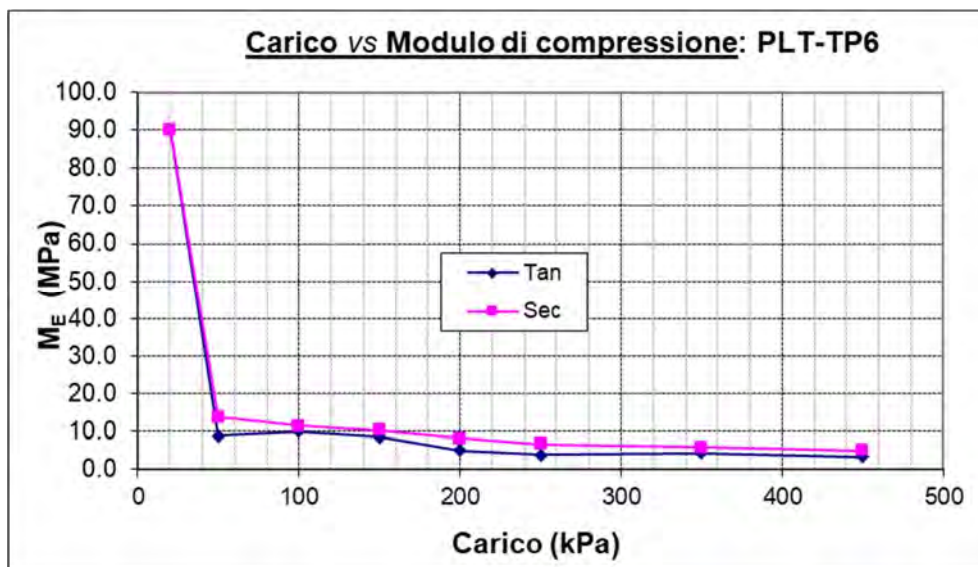
PLT-TP6										
p	$\Delta p$	$\Delta s$	$M_{tan}$	$p_{corr}$	$s_{corr}$	$M_{sec}$	$E_{tan}$	$E_{sec}$	$G_{tan}$	$G_{sec}$
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
20	20	0.10	90.0	20	0.10	90.0	64.3	64.3	24.7	24.7
50	30	1.54	8.8	50	1.64	13.7	6.3	9.8	2.4	3.8
100	50	2.29	9.8	100	3.93	11.5	7.0	8.2	2.7	3.1
150	50	2.67	8.4	150	6.60	10.2	6.0	7.3	2.3	2.8
200	50	4.64	4.8	200	11.24	8.0	3.5	5.7	1.3	2.2
250	50	5.89	3.8	250	17.13	6.6	2.7	4.7	1.0	1.8
350	100	10.50	4.3	350	27.63	5.7	3.1	4.1	1.2	1.6
450	100	13.66	3.3	450	41.29	4.9	2.4	3.5	0.9	1.3

**Tabella 5.3.VI** – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – TP6)

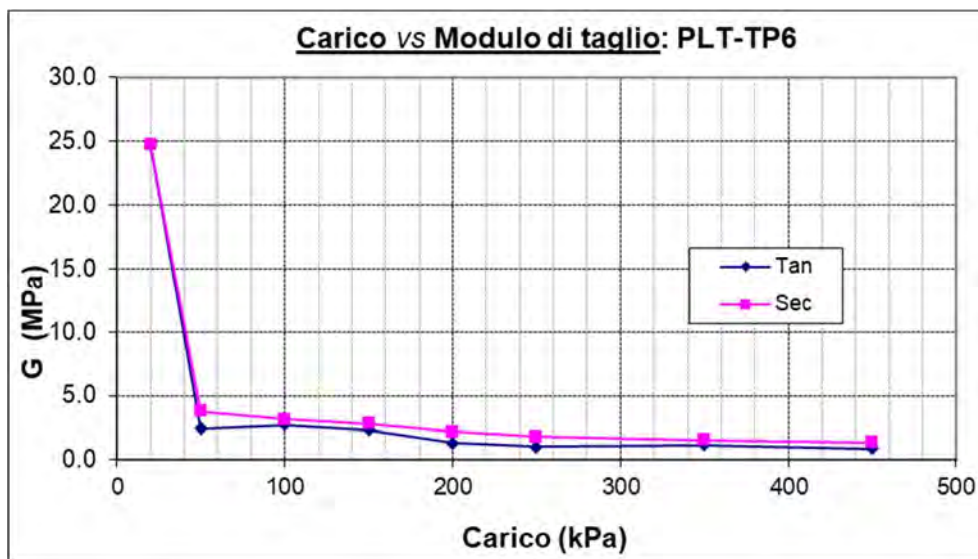


**Figura 5.3.16** – Modulo di Young (PLT – TP6)


  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 115 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.3.17 – Modulo di compressione (PLT – TP6)**



**Figura 5.3.18 – Modulo di taglio (PLT – TP6)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 116 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

#### 5.4 Interpretazioni delle prove di dissipazione

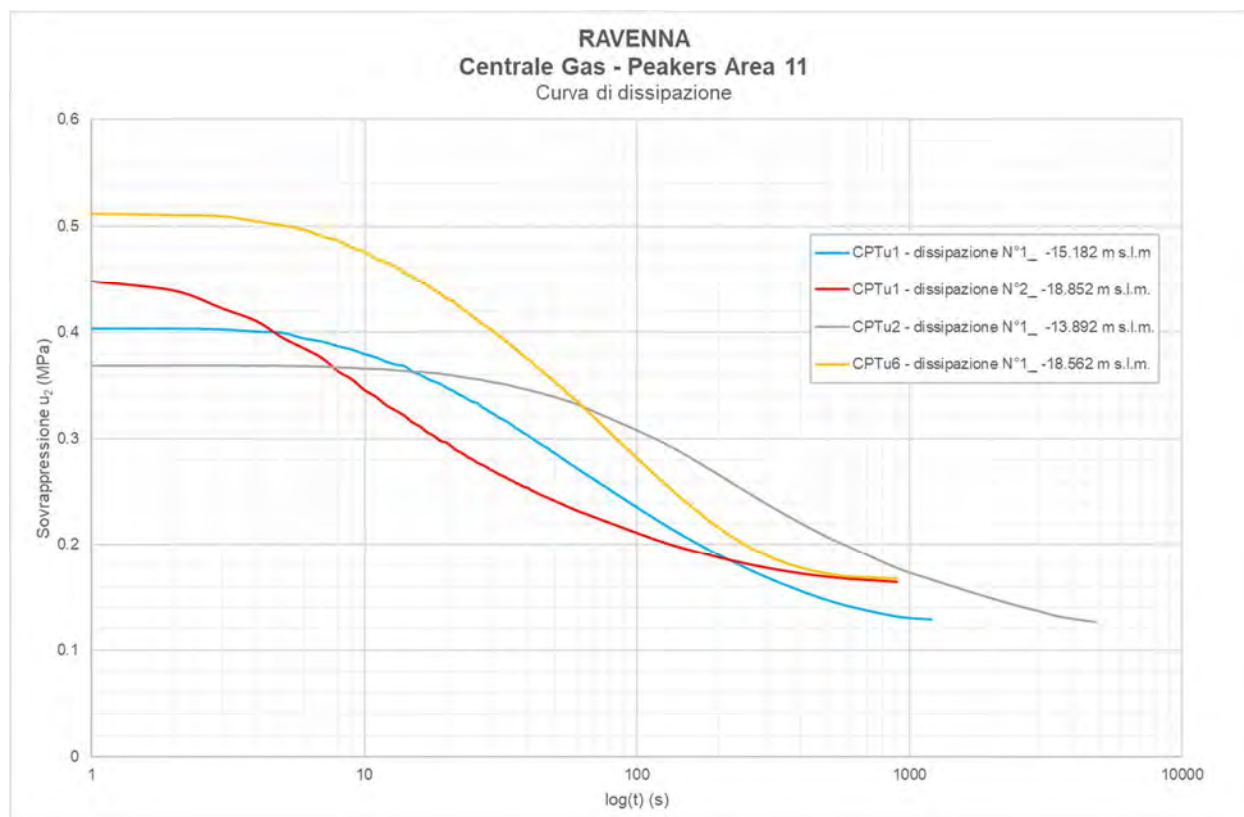
Nel corso delle prove penetrometriche statiche con piezocono CPTu, a varie profondità nel terreno coesivo, sono state eseguite 4 prove di dissipazione della sovrappressione dell'acqua nel terreno coesivo.

In tabella 5.4.I sono riassunte le prove svolte con le relative profondità e quote.


Prova	Profondità da p.c. (m)	Quota (m s.l.m.)
CPTu1 - n1	14.99	-15.182
CPTu1 - n2	18.66	-18.852
CPTu2 - n1	13.97	-13.892
CPTu6 - n1	18.37	-18.562

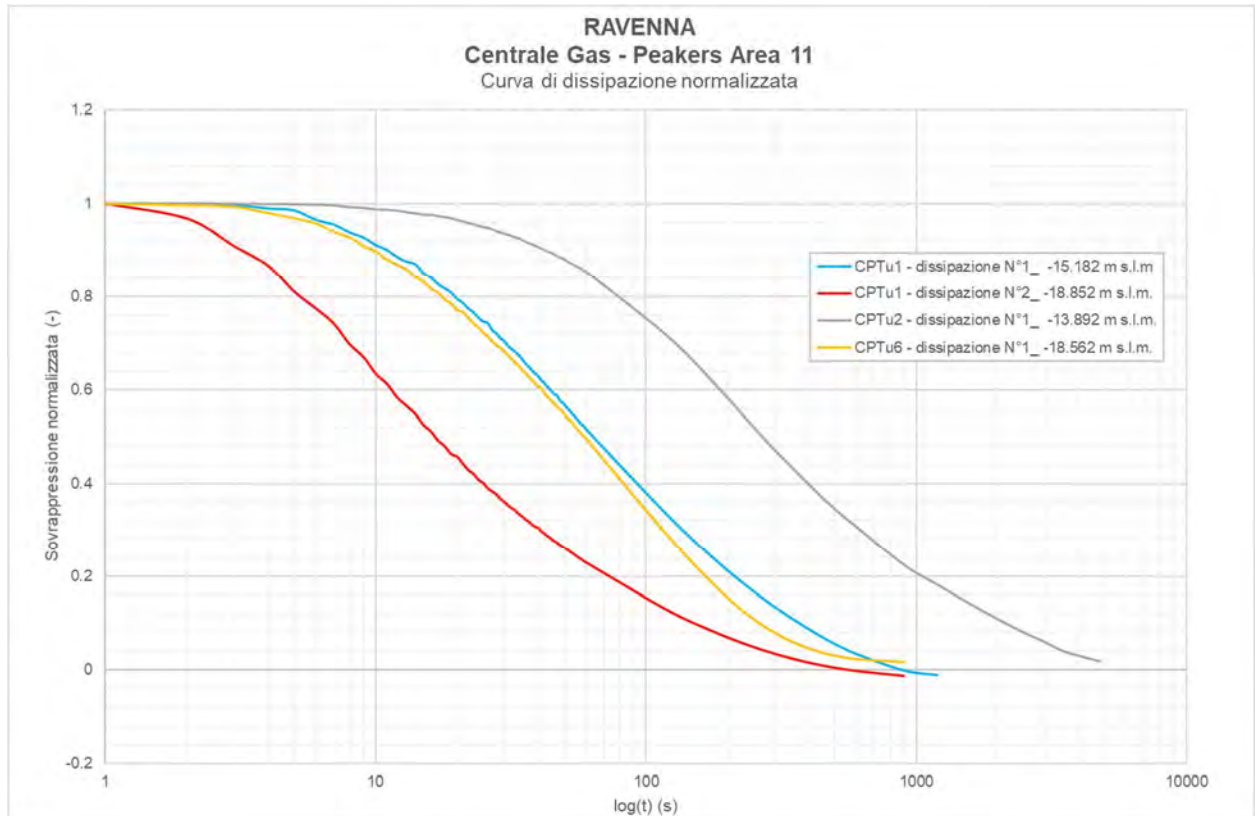
**Tabella 5.4.I** – Prove di dissipazione e relative quote

Nelle figure 5.4.1 e 5.4.2 sono rappresentate le curve delle prove di dissipazione eseguite in scala semilogaritmica. La figura 5.4.1 mostra la sovrappressione  $u_2$  rispetto al tempo, mentre la figura 5.4.2 la sovrappressione normalizzata sempre rispetto al tempo.



**Figura 5.4.1** – Curve di dissipazione delle sovrappressioni  $u_2$

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 117 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




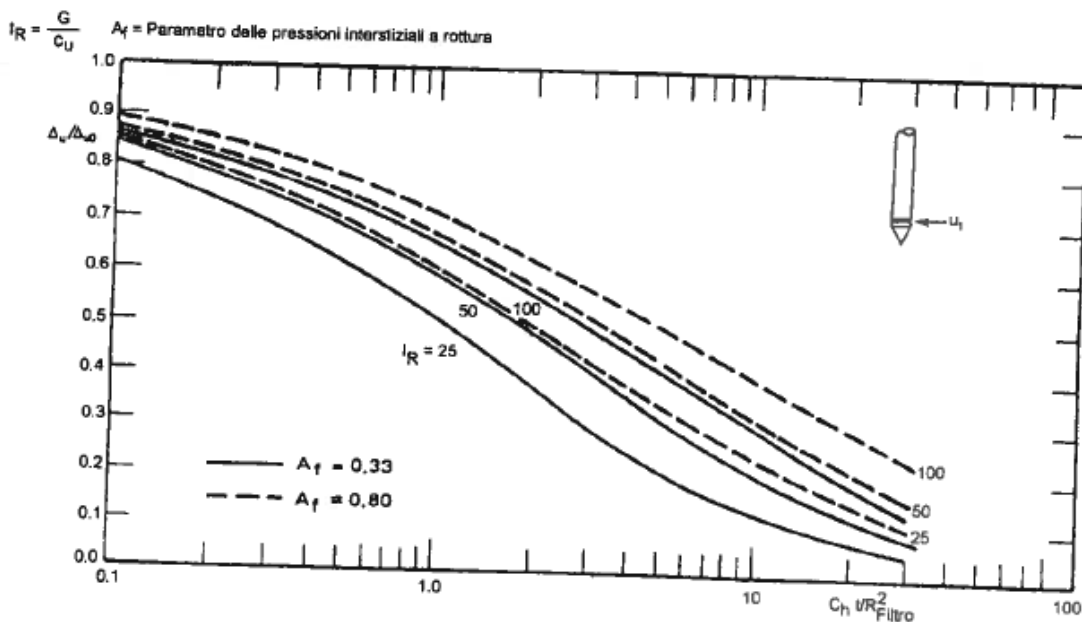
**Figura 5.4.2 – Curve di dissipazione delle sovrappressioni normalizzate**

Lo scopo di questa tipologia di prova è la determinazione del coefficiente di consolidazione orizzontale  $c_h$  e verticale  $c_v$ .

Per il calcolo del coefficiente di consolidazione orizzontale  $c_h$ , le soluzioni teoriche fornite in letteratura sono numerose. Nel presente rapporto sono utilizzate la soluzione di Baligh e Levadoux (1980) e quella di Conetec (1990).

In accordo al metodo di Baligh e Levadoux (1980) occorre confrontare il grafico delle sovrappressioni normalizzate con le curve teoriche delle soluzioni di Di Monaco. In questo caso è stato usato l'abaco per il filtro posizionato dietro la punta (flusso radiale, cavità cilindrica) in figura 5.4.3. Tale abaco è funzione dell'indice di rigidezza  $I_r$  e del parametro di Skempton a rottura  $A_r$ .

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 118 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.4.3** – Soluzione di Di Monaco: flusso radiale, cavità cilindrica

In mancanza di dati, Baligh e Levadoux suggeriscono di assumere:

- $A_f = 0.8$ ;
- $I_r = 50$ .

Il valore del coefficiente di consolidazione orizzontale  $c_h$  si determina per  $\Delta u(t)/\Delta u_0 = 0.5$ , cioè per un grado di consolidazione del 50%.

$$c_h = \frac{T_{50}}{t_{50}} \cdot r^2$$

dove:

- $r = 17.85$  mm, è il raggio di base del cono;
- $t_{50}$  è il tempo misurato per un grado di consolidazione del 50%;
- $T_{50}$  è il fattore di tempo adimensionale per un grado di consolidazione del 50% ed è funzione della geometria della punta e della posizione della pietra porosa, ricavabile dalla figura 5.4.3.


Dalle curve di dissipazione delle sovrappressioni normalizzate (Figura 5.4.2), tenendo conto di  $\Delta u(t)/\Delta u_0 = 0.5$  si ricava  $t_{50}$ .

Dalla figura 5.4.3 è stato ricavato  $T_{50}$  considerando:

- $A_f = 0.8$  in mancanza di dati;
- $I_r = \frac{G}{c_u} = \frac{E}{2(1+\nu) \cdot c_u}$ .

Secondo le indicazioni di Conetec (1990), il coefficiente di consolidazione orizzontale  $c_h$  si valuta con la seguente formula:

$$c_h = \frac{A}{t_{50}} \quad \left( \frac{cm^2}{min} \right)$$

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 119 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

dove:

- $t_{50}$  è il tempo misurato per un grado di consolidazione del 50%;
- $A$  è una costante in funzione della posizione del filtro, in questo caso  $A=10$  per filtro posizionato dietro la punta del piezocono.

Il coefficiente di consolidazione verticale  $c_v$  si calcola mediante la seguente espressione:

$$c_v = c_h \cdot \frac{k_v}{k_h}$$


dove:

- $c_h$  è il coefficiente di consolidazione orizzontale determinato con i metodi di Baligh e Levadoux (1980) e Conetec (1990);
- $\frac{k_v}{k_h}$  è il rapporto tra la permeabilità orizzontale e verticale, il cui valore dipende dalla natura del terreno coesivo. Dalla letteratura (Cortellazzo & Simonini, 2001):  $\frac{k_v}{k_h} = \frac{1}{3}$ .

In tabella 5.4. Il sono riportati i valori di  $c_h$  e  $c_v$  determinati con i due metodi sopra citati.

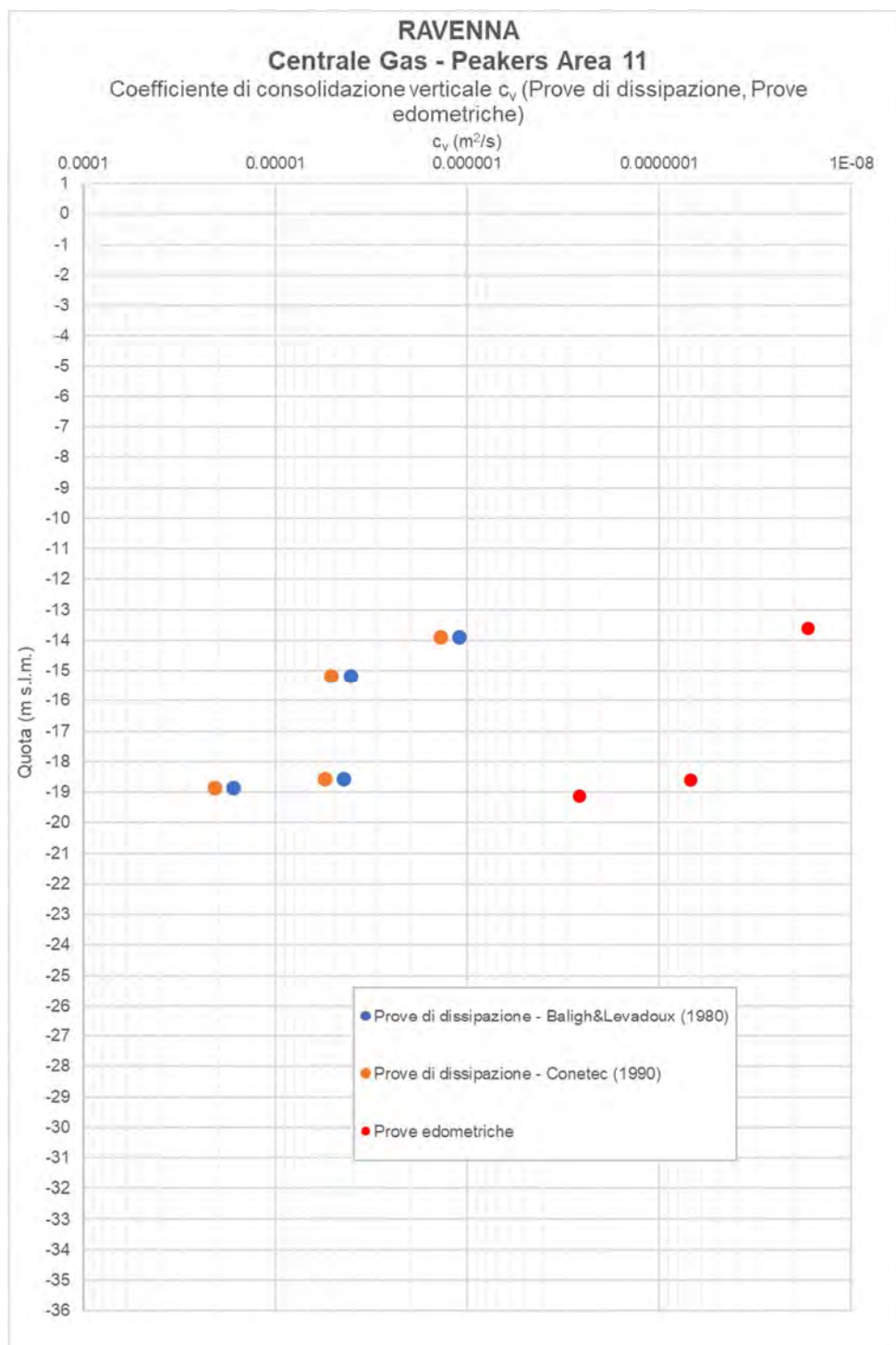
	Prova	CPTu1-n1	CPTu1-n2	CPTu2-n1	CPTu6-n1
	Quota (m s.l.m.)	-15.182	-18.852	-13.892	-18.562
<b><math>c_h</math> (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Baligh&amp;Levadoux (1980)</b>	1.23E-05	3.32E-06	4.98E-05	1.33E-05
	<b>Conetec (1990)</b>	1.54E-05	4.17E-06	6.25E-05	1.67E-05
<b><math>c_v</math> (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Baligh&amp;Levadoux (1980)</b>	4.08E-06	1.66E-05	1.11E-06	4.43E-06
	<b>Conetec (1990)</b>	5.13E-06	2.08E-05	1.39E-06	5.56E-06

**Tabella 5.4.II** – Risultati del coefficiente di consolidazione orizzontale e verticale

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 120 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00


#### 5.4.1 Confronto del coefficiente di consolidazione verticale

Il coefficiente di consolidazione verticale è stato determinato sia tramite le prove di dissipazione sia tramite le prove edometriche. Il confronto è rappresentato in figura 5.4.1.1.



**Figura 5.4.1.1 – Confronto  $c_v$**




	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 121 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

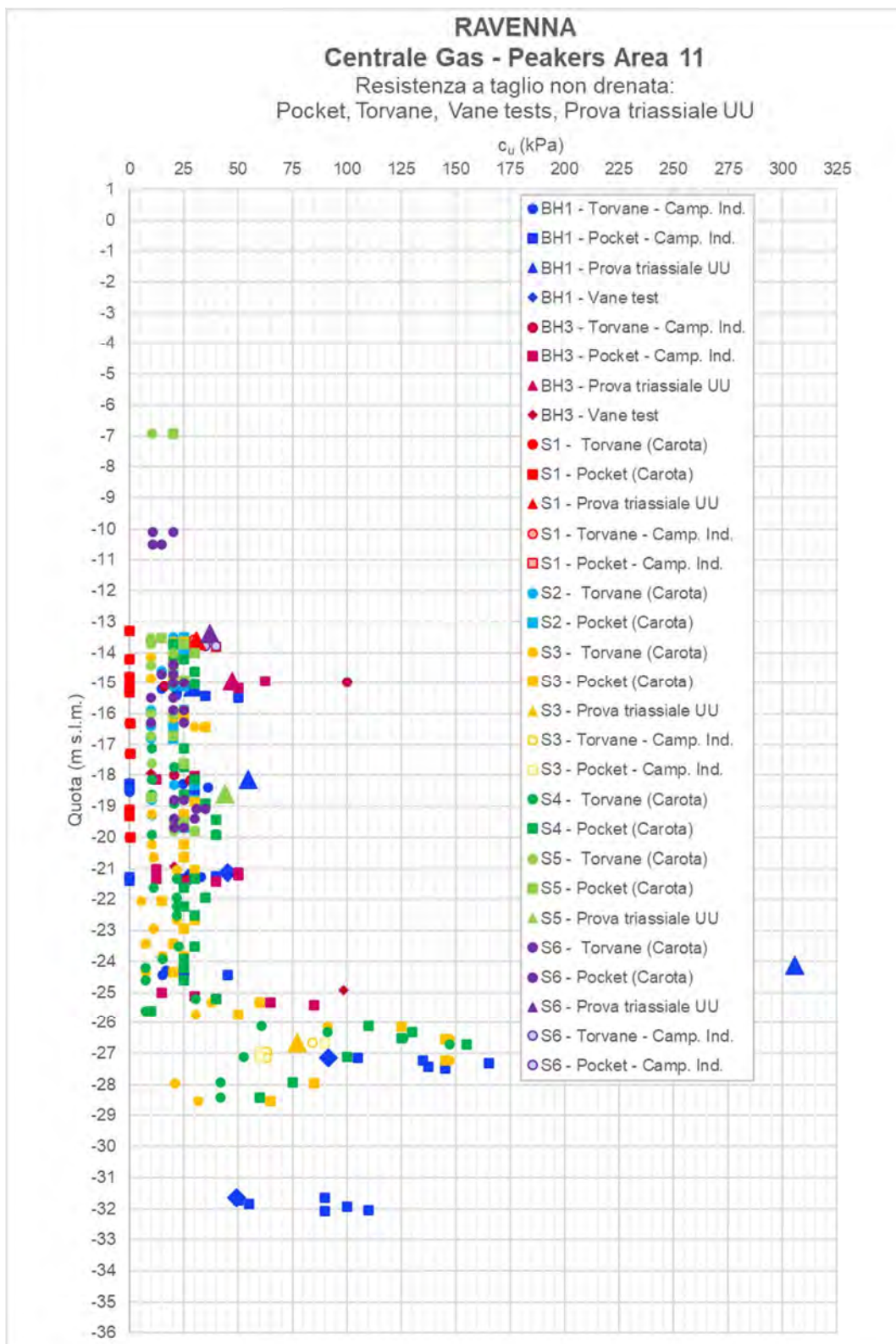
### 5.5 Prove con scissometro e penetrometro tascabile

Sulle carote estratte durante i sondaggi sono state eseguite prove con scissometro e penetrometro tascabile, dalle quali è stato possibile determinare la resistenza a taglio non drenata del materiale coesivo.


Tali prove sono state realizzate anche in laboratorio sui campioni di terreno coesivo.

In figura 5.5.1 è rappresentata la resistenza a taglio non drenata determinata dalle prove Torvane, Pocket svolte in sito e in laboratorio e delle prove triassiali UU.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 122 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



**Figura 5.5.1** – Resistenza a taglio non drenata (Pocket, Torvane, Prova triassiale UU)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 123 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00


## 6 RISULTATI DELLE PROVE IN SITO E DI LABORATORIO

Al fine di avere un miglior confronto tra i risultati ottenuti dalle prove in sito SPT e CPTu, di seguito, per ogni parametro, sono riportati i due relativi grafici. I risultati delle prove di laboratorio, quando presenti, sono stati inseriti in entrambi i grafici.

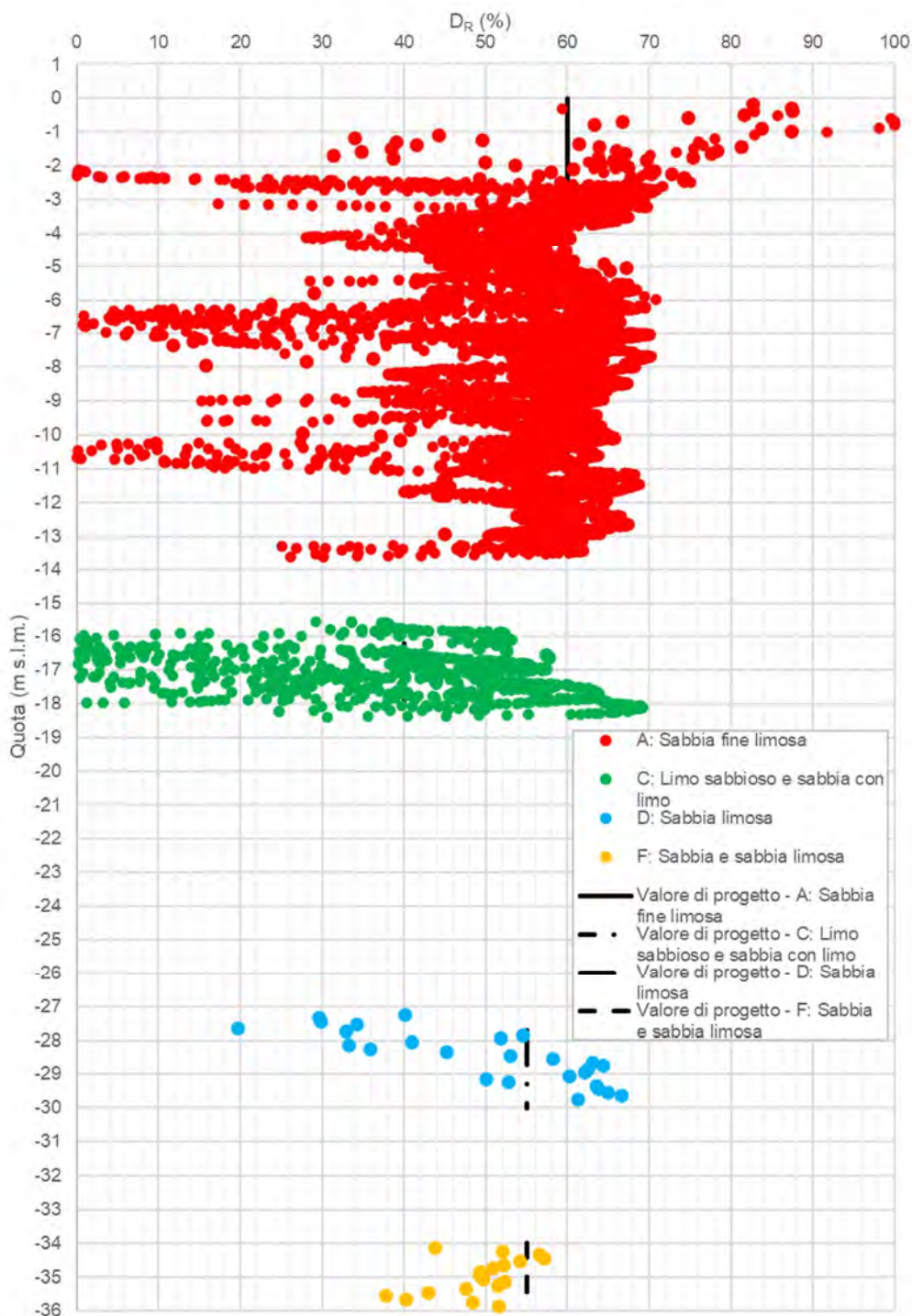
Nel medesimo grafico sono riportati anche i valori di progetto. Per la scelta del valore di progetto si è dato maggiore peso ai risultati delle prove CPTu in quanto ritenute più attendibili e rappresentative dell'intero strato di terreno investigato.

Nelle figure da 6.1 a 6.6 sono raffigurati i valori di progetto per gli strati granulari.


Nelle figure da 6.7 a 6.15 sono raffigurati i valori di progetto per gli strati coesivi.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 124 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

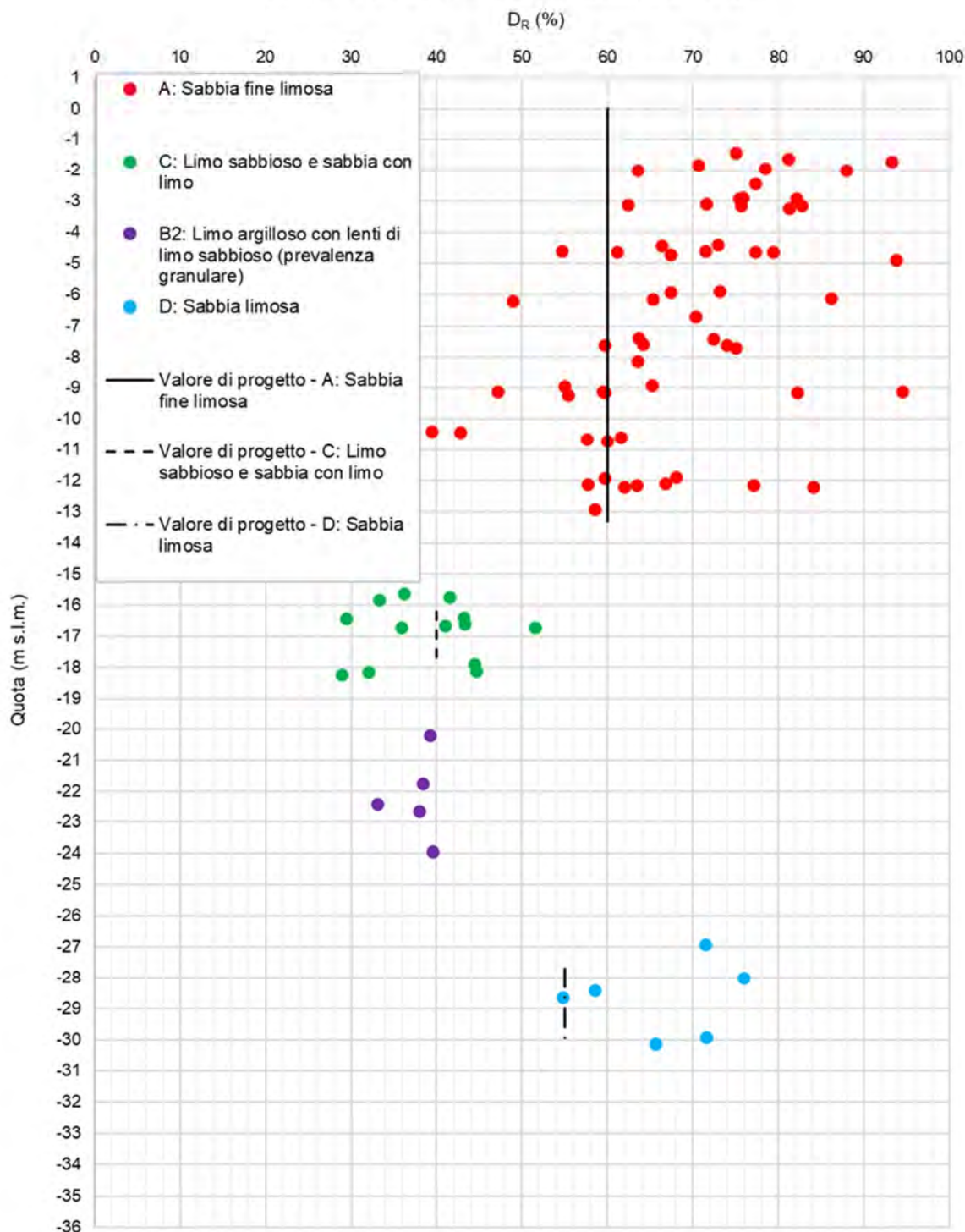
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Densità Relativa (Jamiolkowski, 1988)




**Figura 6.1 – Densità relativa da CPT/CPTu**

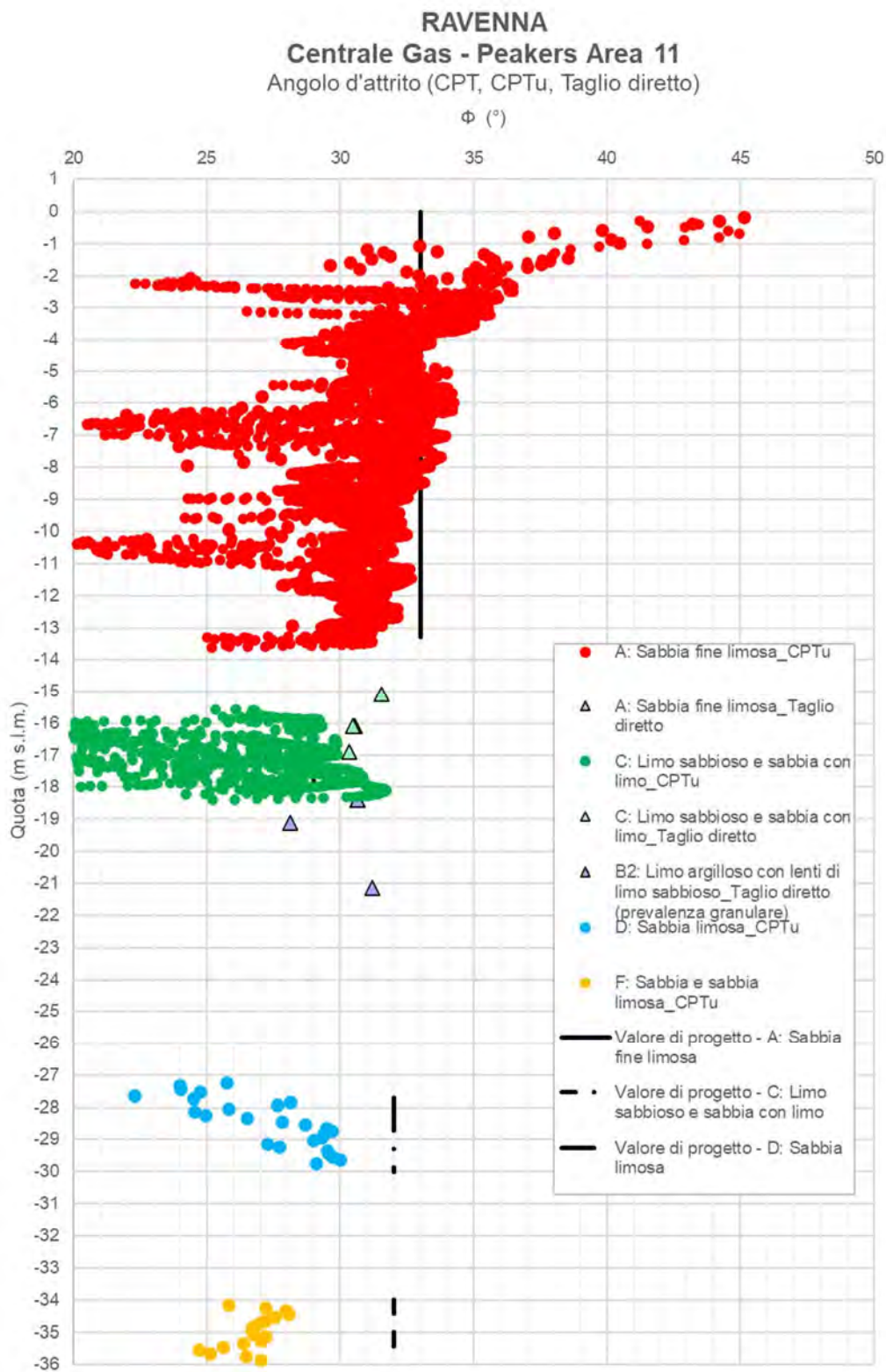
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 125 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Densità relativa (Schultze & Menzenbach, 1961)




**Figura 6.2 – Densità relativa da SPT**

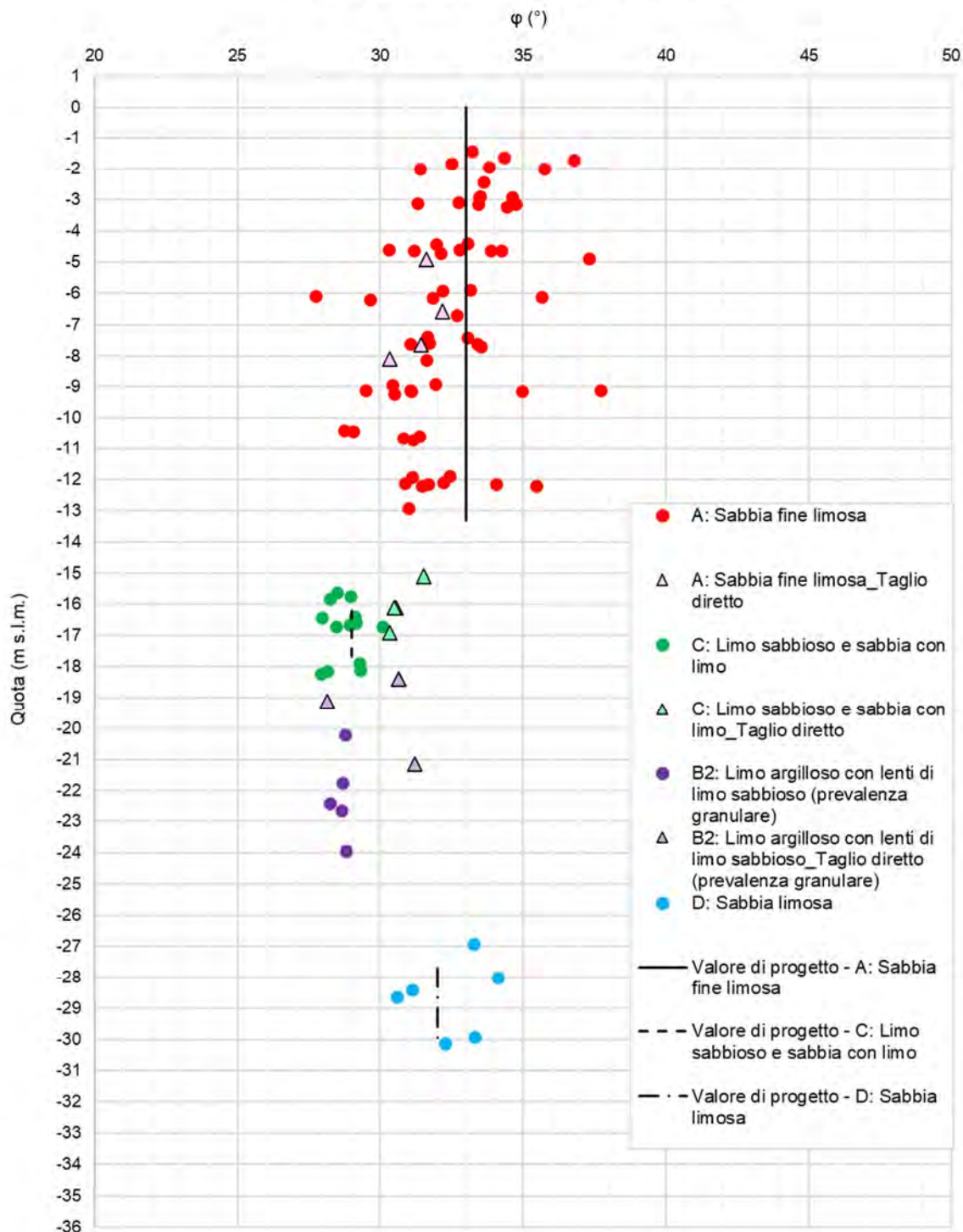
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 126 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 6.3** – Angolo di attrito interno da CPT, CPTu, Taglio diretto

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 127 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Angolo di attrito interno (SPT, Taglio diretto)



**Figura 6.4 – Angolo di attrito interno da SPT, Taglio diretto**


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 128 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo di Young (Denver, 1982)

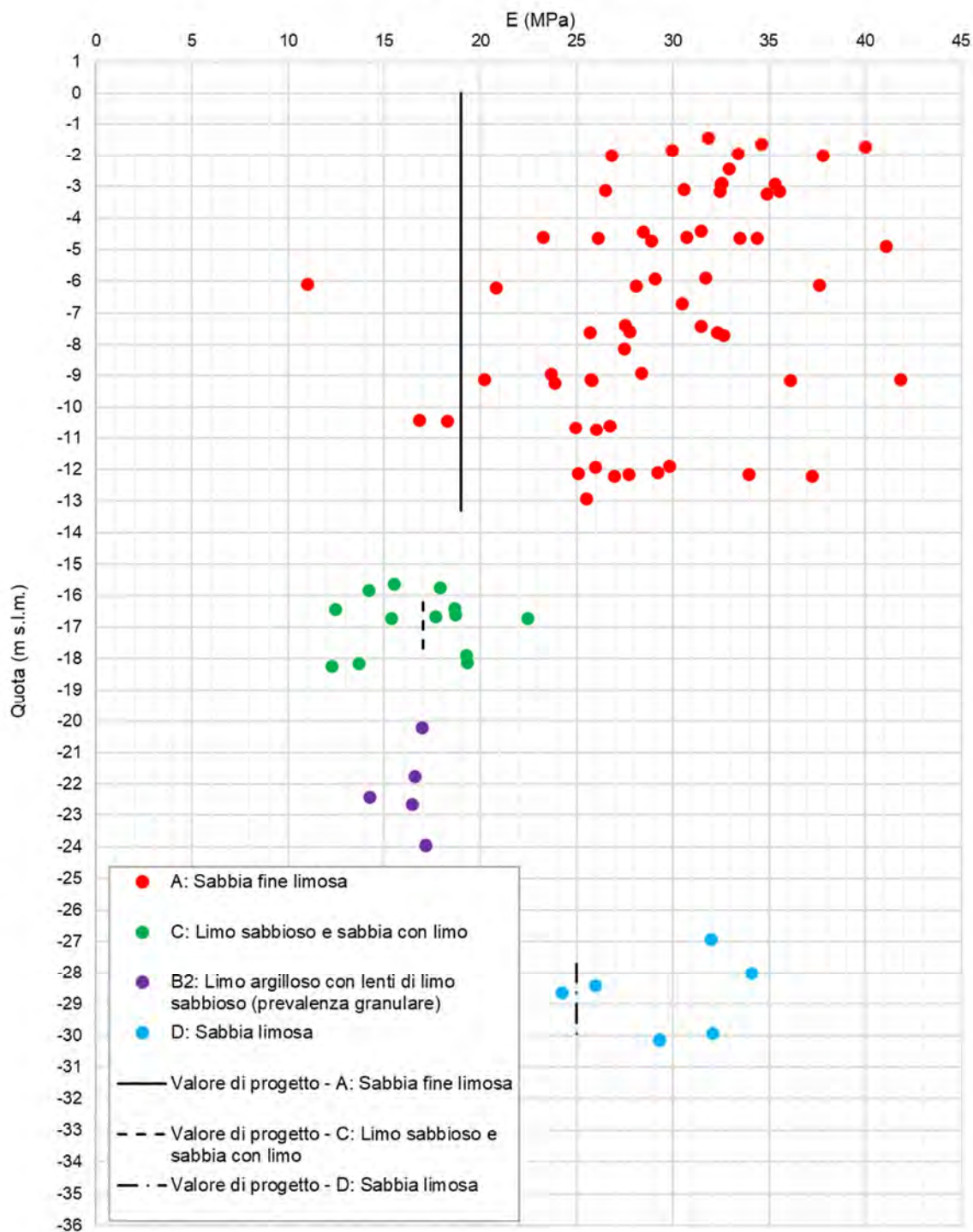


**Figura 6.5 – Modulo di Young da CPT, CPTu**




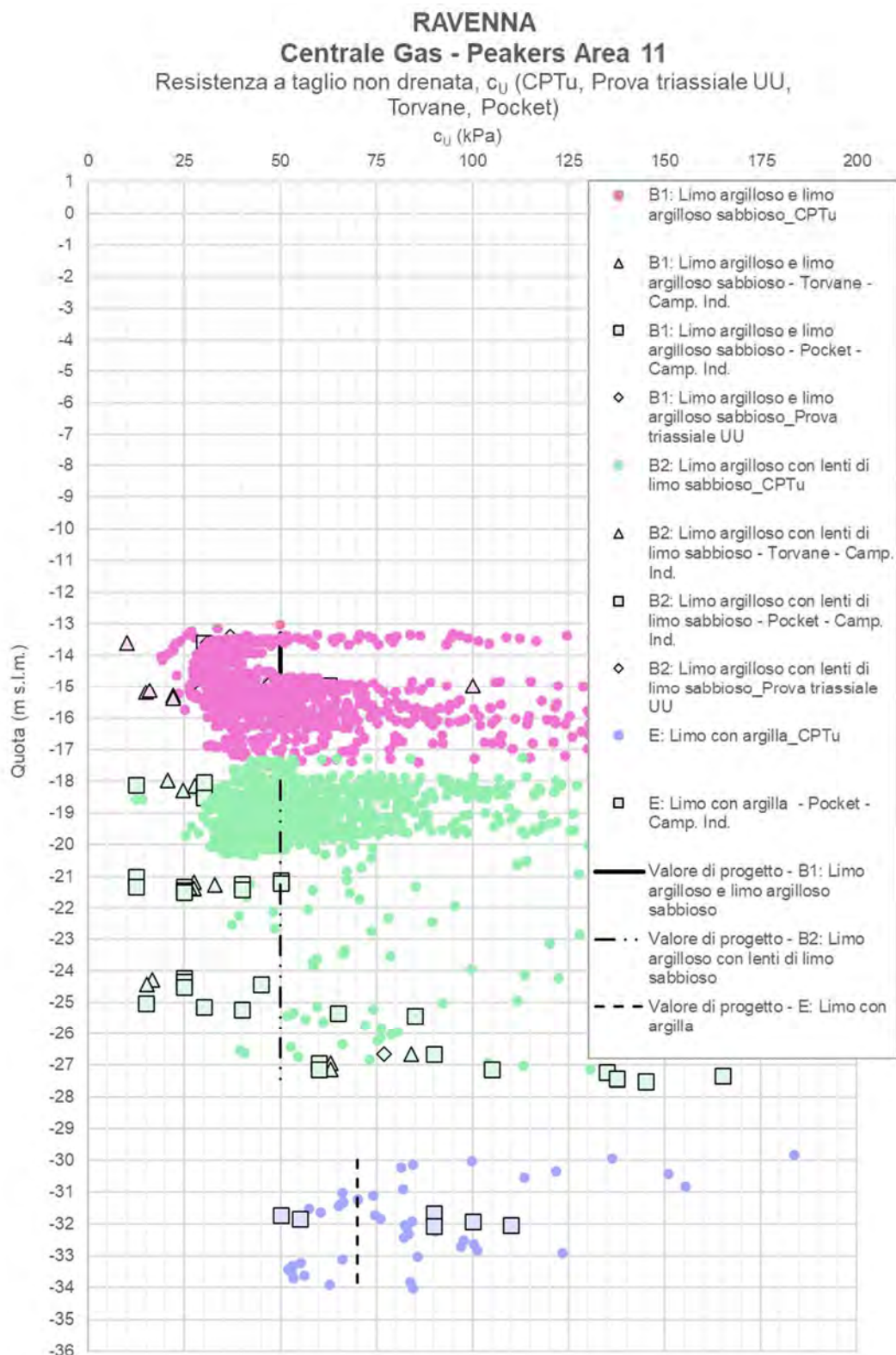
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 129 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Modulo di Young (Denver, 1982)




**Figura 6.6 – Modulo di Young da SPT**

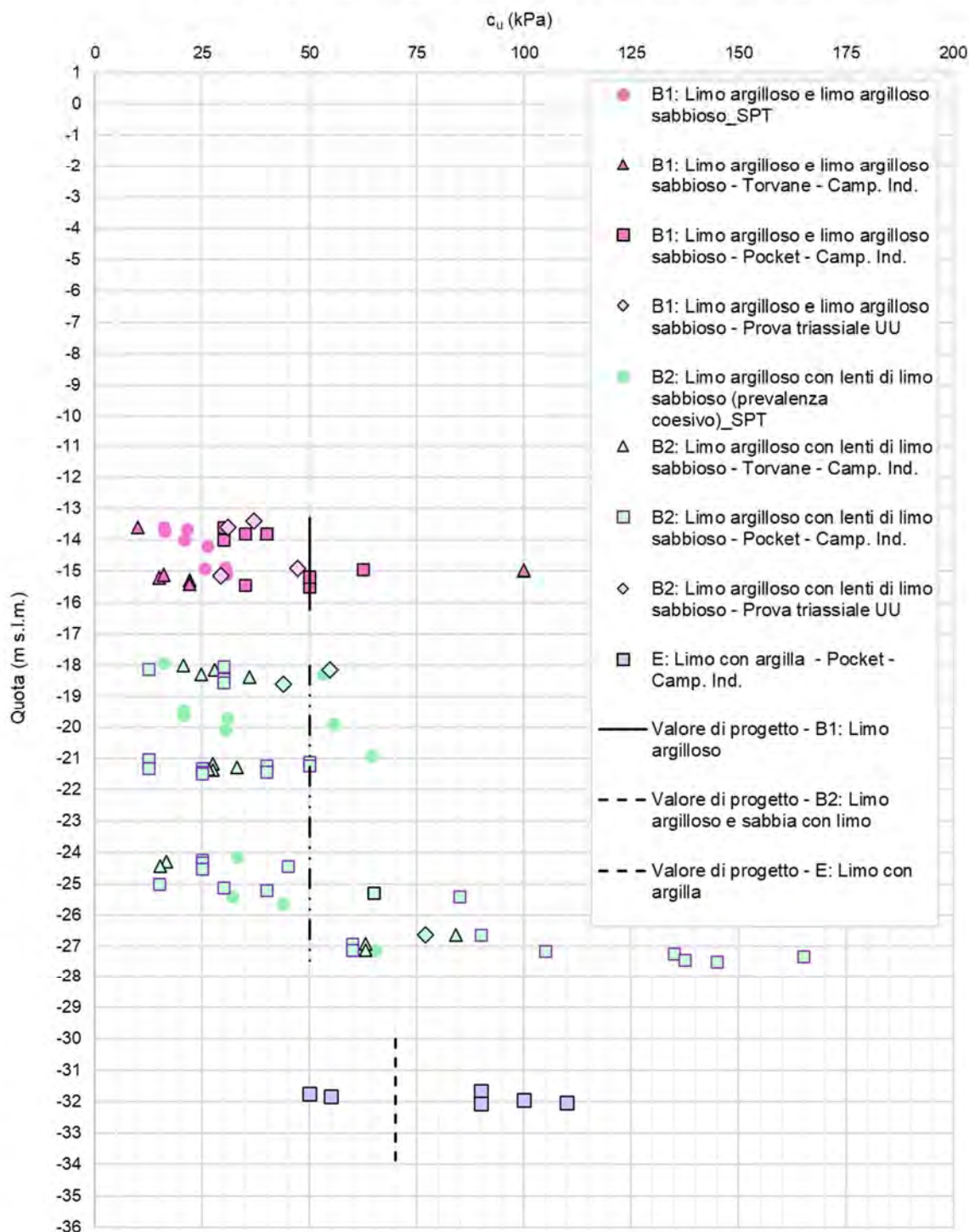
	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 130 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




**Figura 6.7** – Resistenza a taglio non drenata da CPTu, Prova triassiale UU, Torvane, Pocket

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 131 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

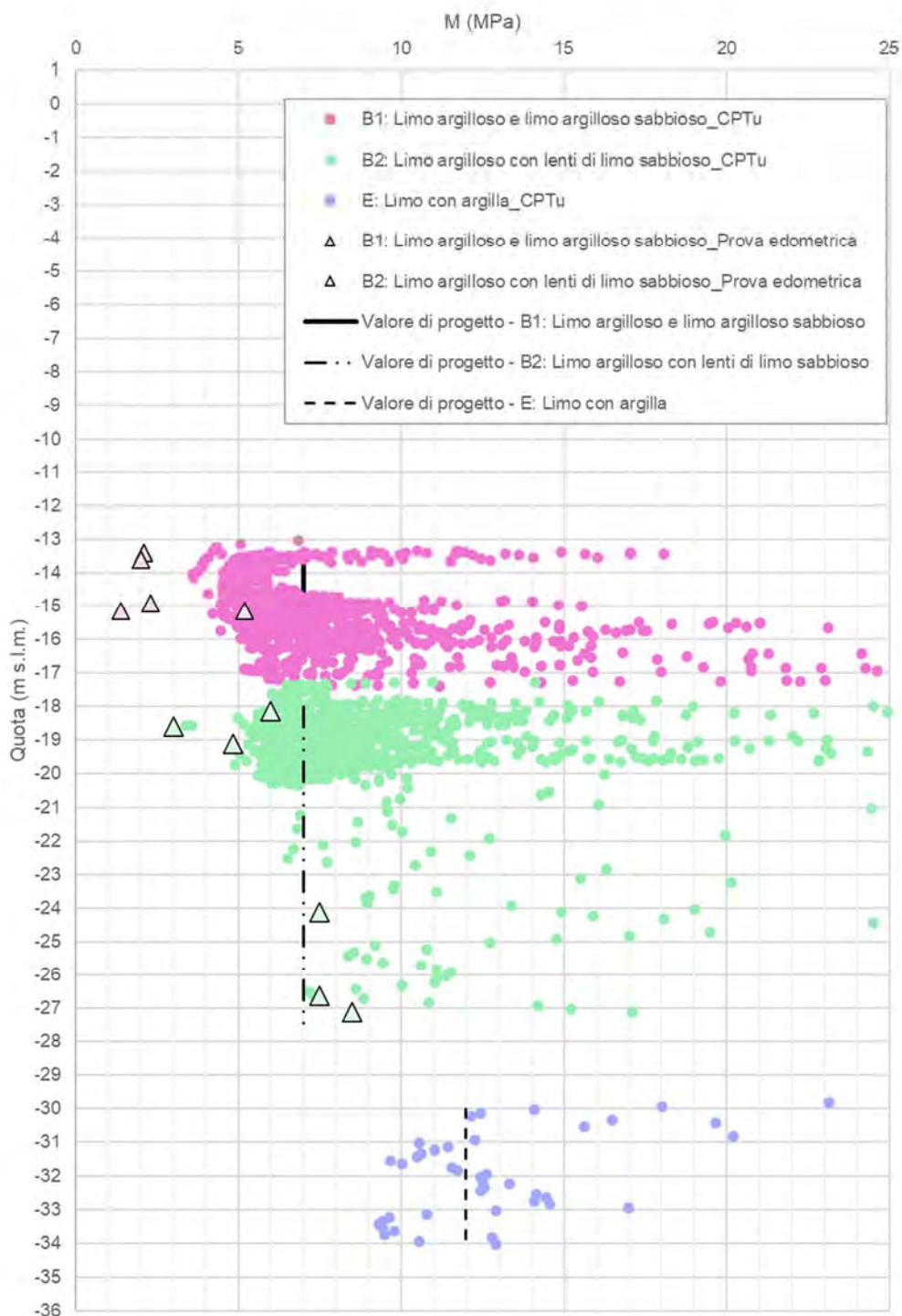
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Resistenza a taglio non drenata (SPT, Prova triassiale UU, Torvane, Pocket)




**Figura 6.8** – Resistenza a taglio non drenata da SPT, Prova triassiale UU, Torvane, Pocket

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 132 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

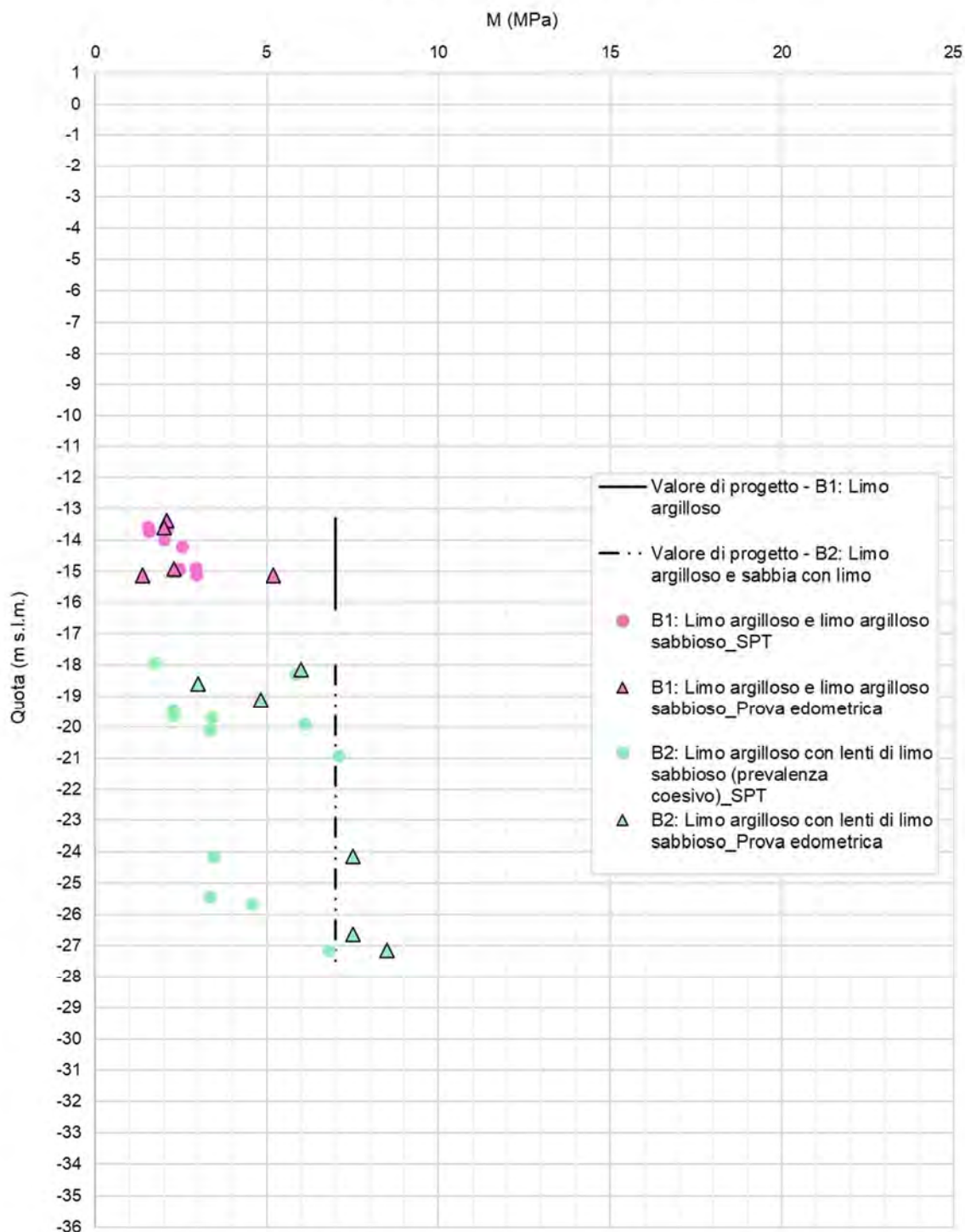
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo edometrico (CPTu, Prova edometrica)




**Figura 6.9** – Modulo edometrico da CPTu, Prova edometrica

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 133 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

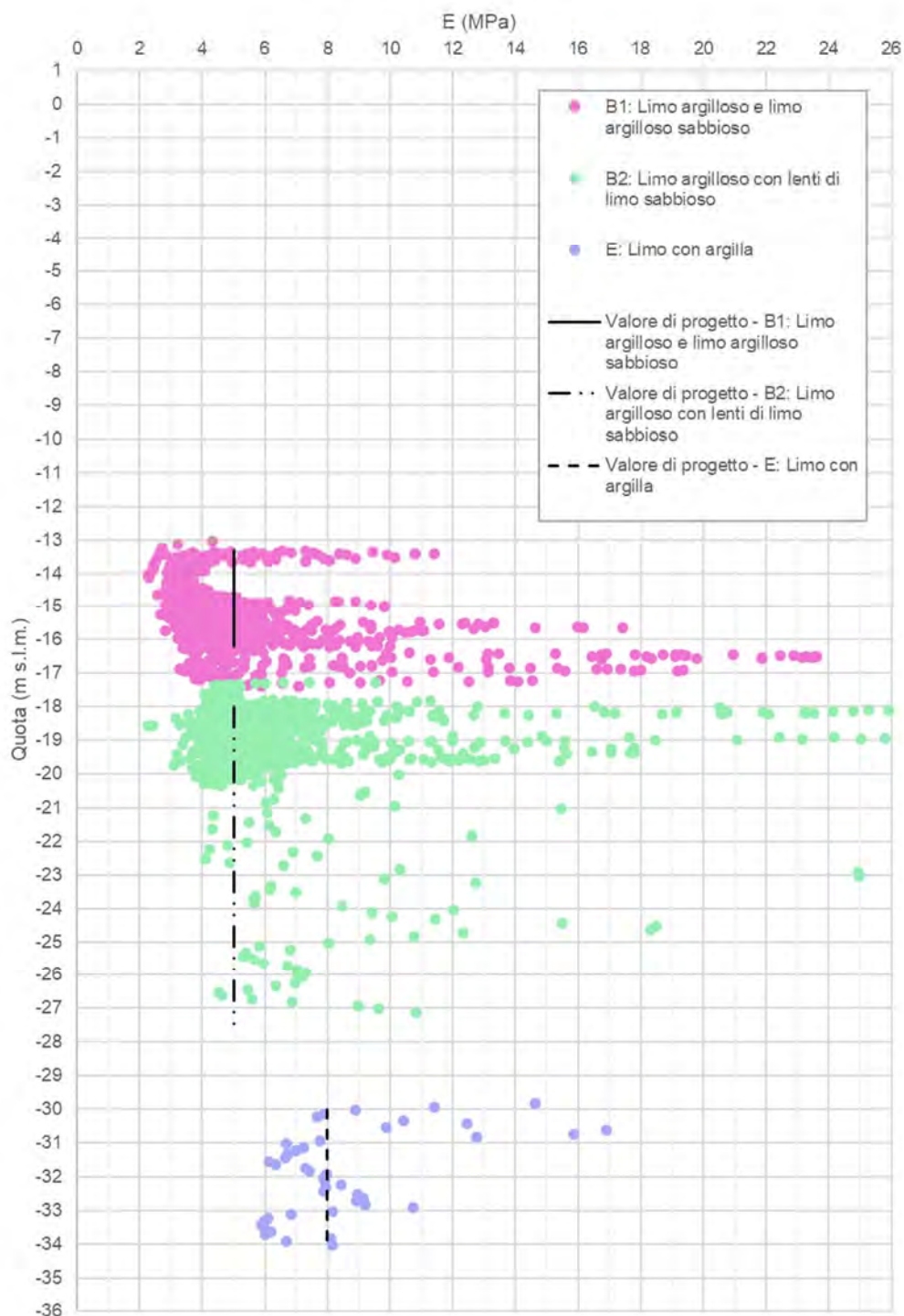
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo edometrico (SPT, Prova edometrica)




**Figura 6.10 – Modulo edometrico da SPT, Prova edometrica**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 134 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

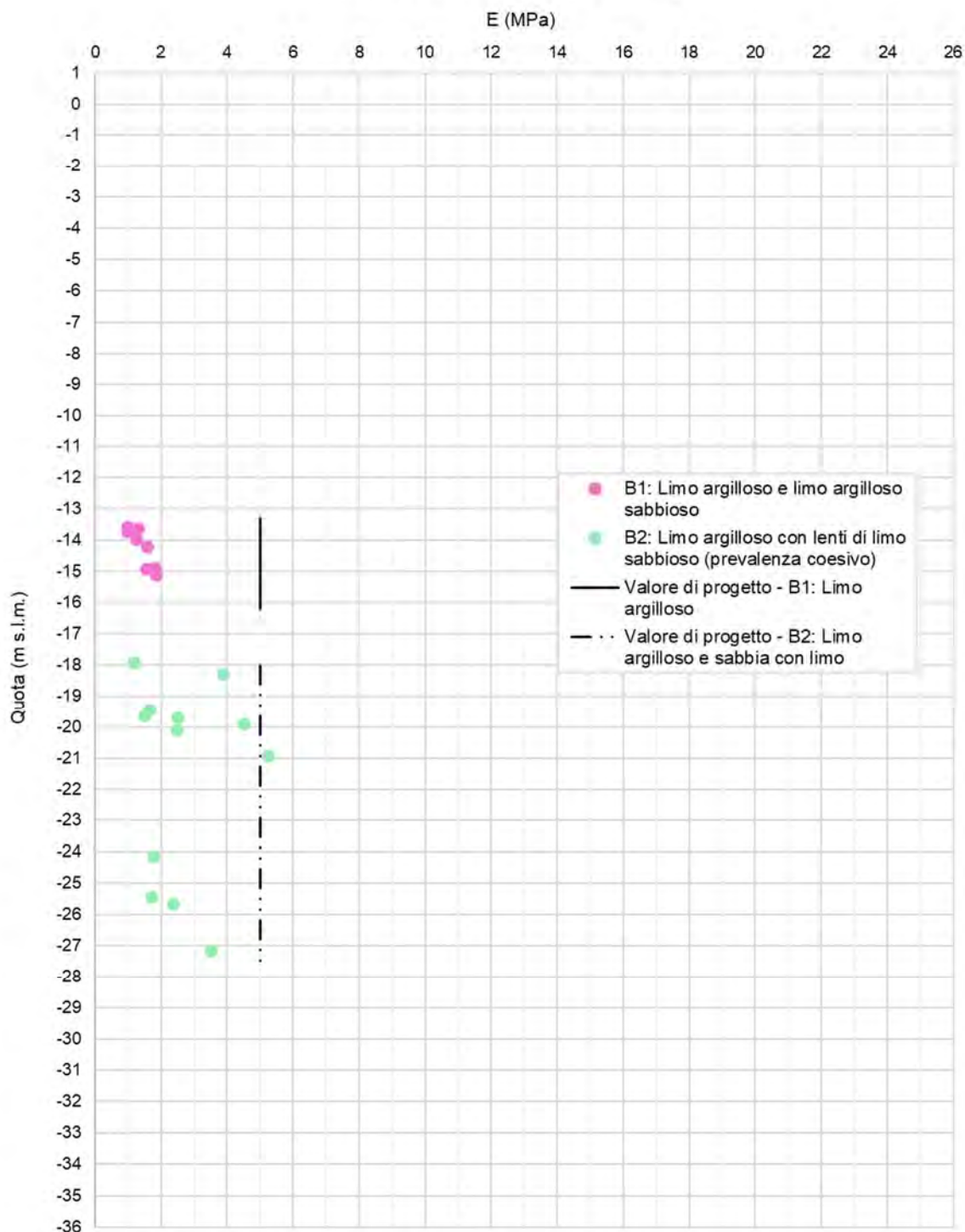
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Modulo di Young (Teoria elastica)




**Figura 6.11 – Modulo di Young da CPTu (coesivo)**

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 135 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

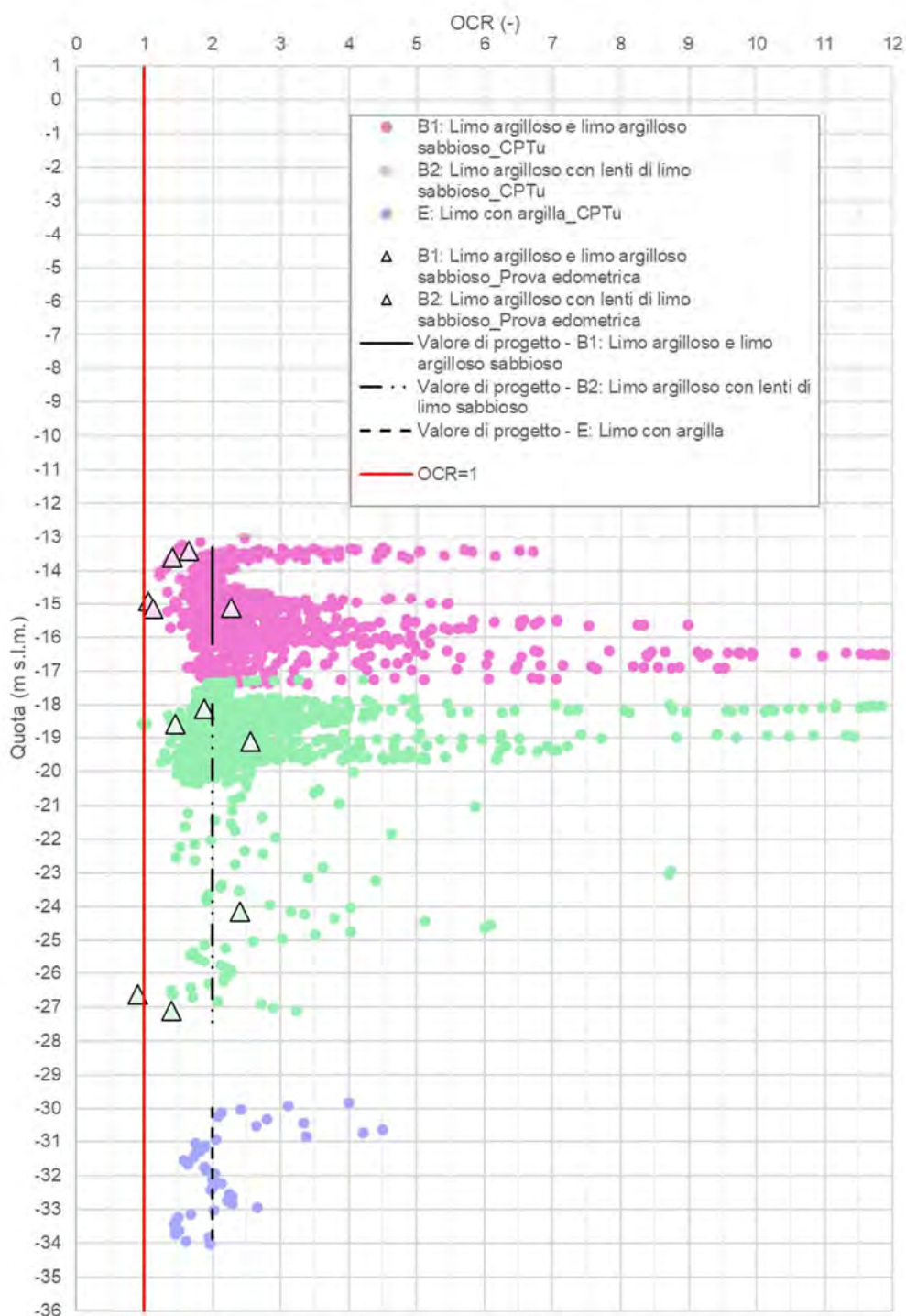
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Modulo di Young (Teoria elastica)



**Figura 6.12 – Modulo di Young da SPT (coesivo)**


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 136 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Grado di sovraconsolidazione (CPTu, Prova edometrica)

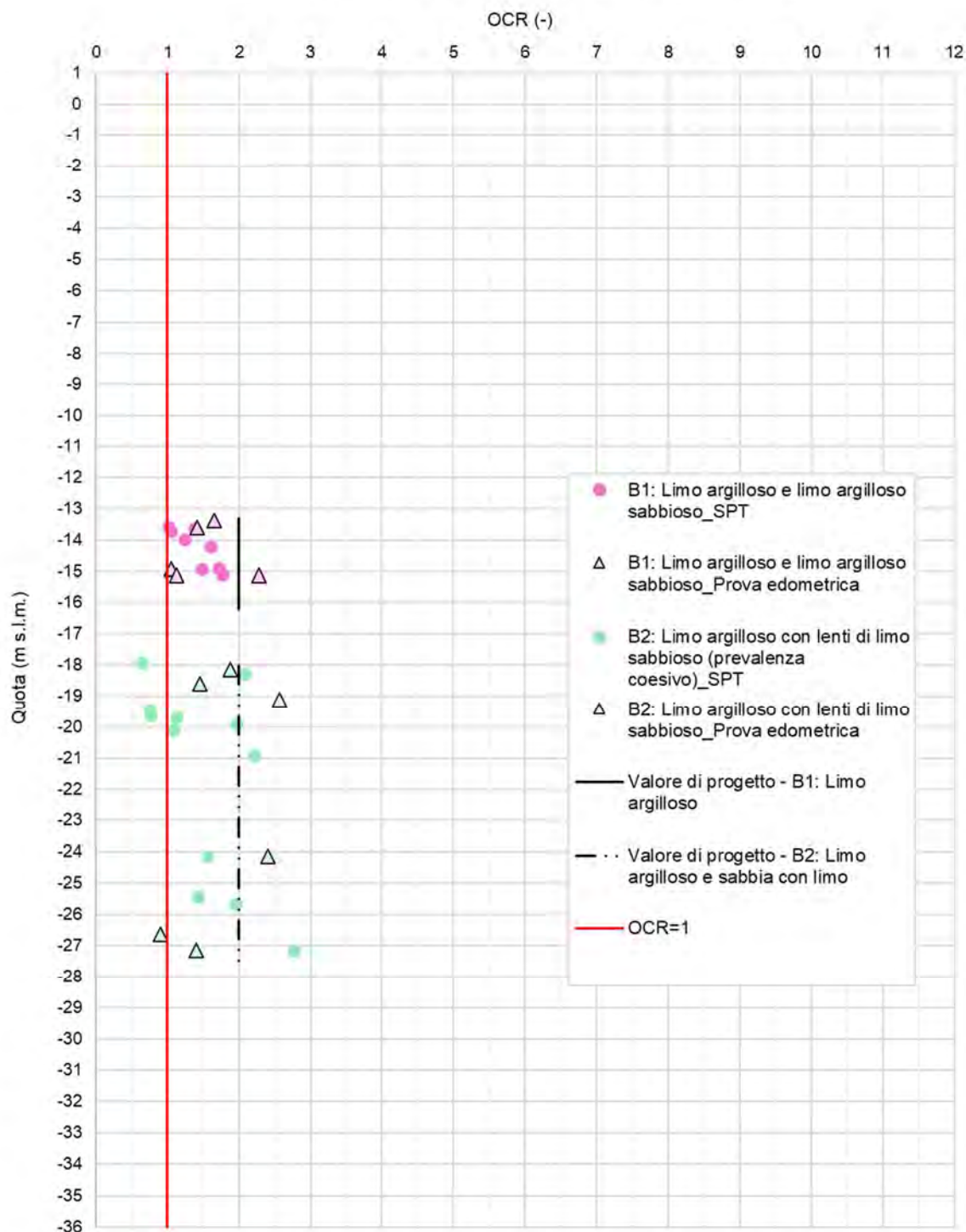


**Figura 6.13** – Grado di sovraconsolidazione da CPTu, Prova edometrica




	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 137 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

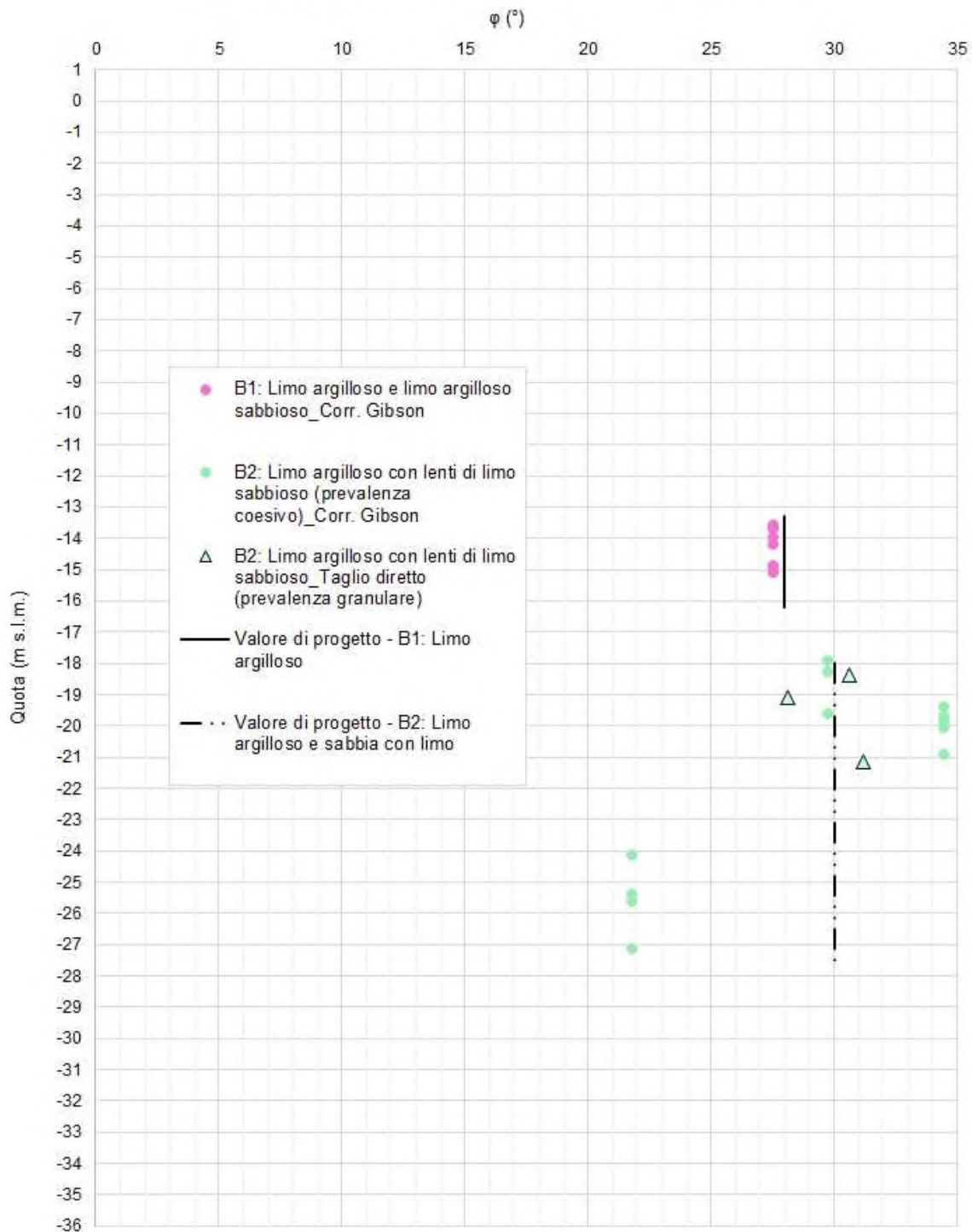
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 Grado di sovraconsolidazione (SPT, Prova edometrica)




**Figura 6.14** – Grado di sovraconsolidazione da SPT, Prova edometrica

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 138 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
Angolo di attrito interno (Taglio diretto e correl. Gibson con IP, 1953)



**Figura 6.15** – Angolo di attrito interno da SPT, Taglio diretto (coesivo)

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 139 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 7 LIVELLO DI FALDA

Durante la campagna di indagini del 2022, la falda è stata misurata in corrispondenza dei piezometri collocati nei fori dei sondaggi S1, S2 e S5, delle CPTu e nei pozzetti.

In figura 7.1 si mostrano i livelli di falda misurati nel tempo e il valore della falda di progetto.

La quota della falda di progetto è assunta a -1.2 m s.l.m..

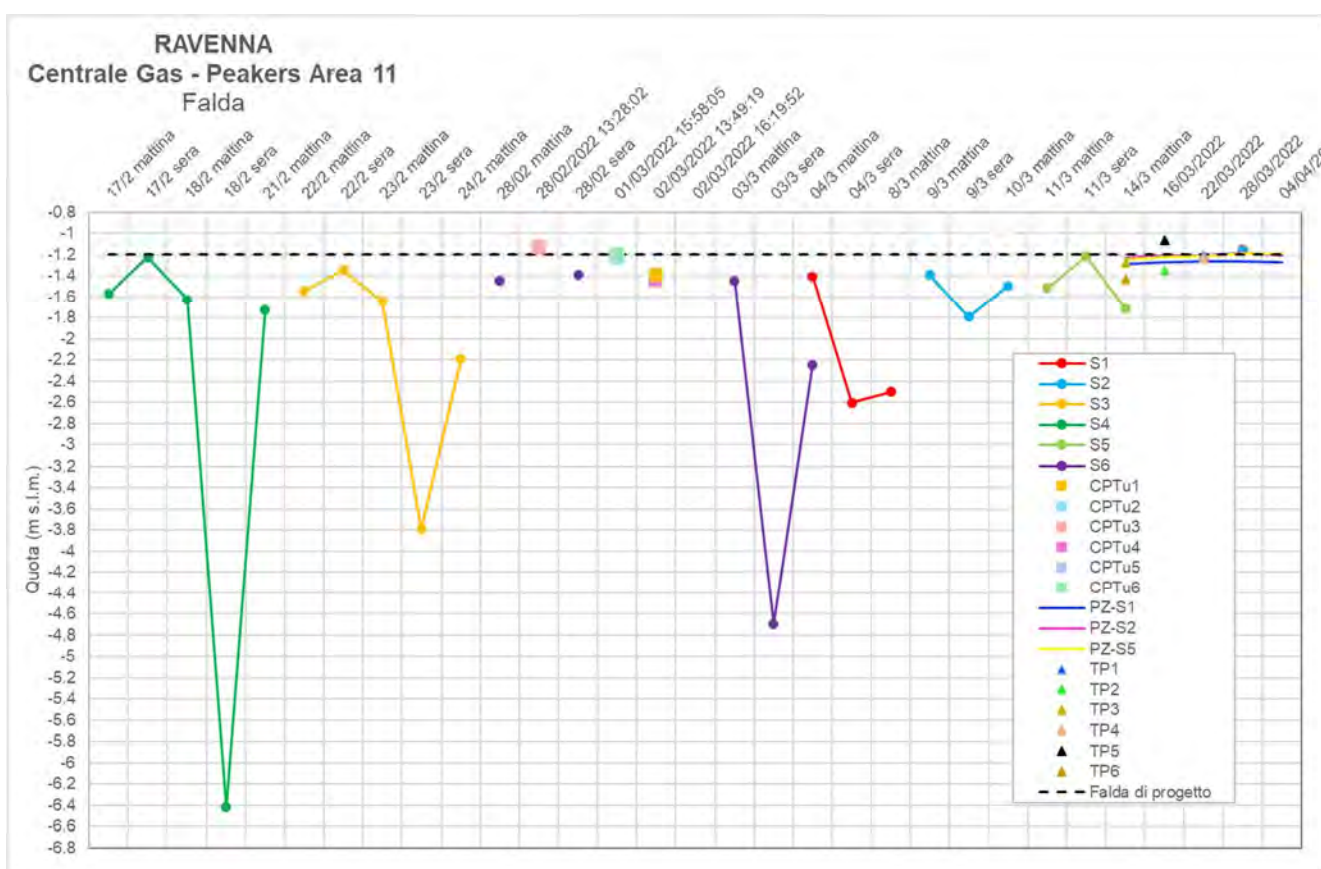



Figura 7.1 – Livelli di falda misurati e di progetto

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 140 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

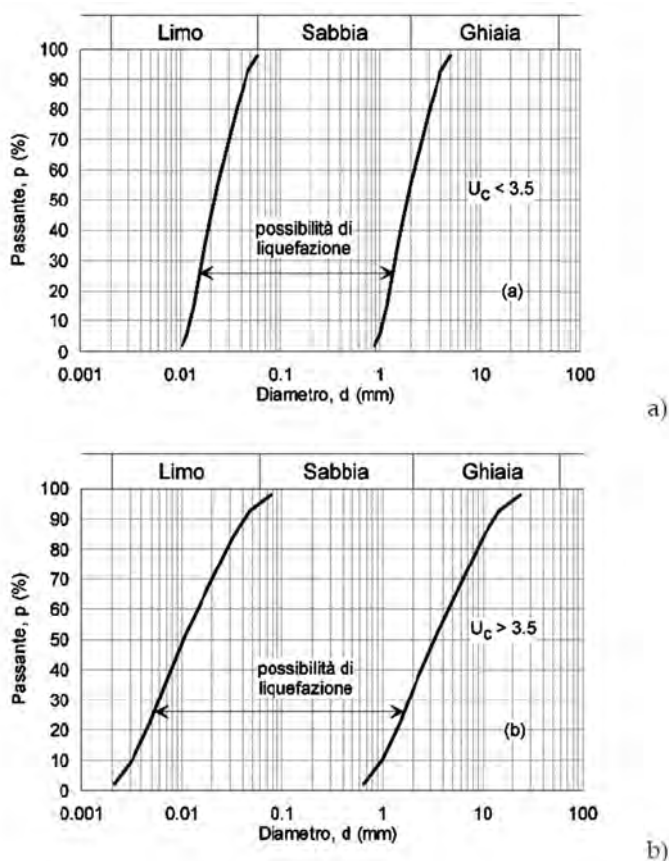
## 8 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un fenomeno che si sviluppa sotto l'azione di carichi ciclici, come quelli provocati da un sisma. Si manifesta con la progressiva perdita di resistenza del terreno a seguito dell'incremento delle pressioni di acqua nei pori, fino al punto in cui le pressioni interstiziali vanno ad eguagliare gli sforzi efficaci, annullando la resistenza a taglio del terreno.


La suscettibilità alla liquefazione interessa principalmente strati di terreno sabbioso, di bassa o media densità e saturi.

Secondo le norme tecniche, la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- le accelerazioni massime attese al piano campagna sono minori di 0.1 g;
- la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m dal piano campagna;
- per i depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_c 1N > 180$ ;
- la distribuzione granulometrica dei terreni ricade all'esterno dei fusi di liquefazione indicati nella figura 8.1, in funzione del valore del coefficiente di  $U_c = D_{60}/D_{10}$ , dove  $D_{60}$  e  $D_{10}$  sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa.



**Figura 8.1-** Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 141 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

In accordo al documento di riferimento [11], il sottosuolo nell'Isola 11 ricade nella cat. C in accordo alla vigente Normativa NTC2018 (tabella 3.11.3, "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s").

In tabella 8.I sono riportati i parametri utilizzati per la valutazione del rischio alla liquefazione.

$V_N$ (anni)	$C_u$ (-)	$V_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$S_S$ (-)	$S_T$ (-)	$a_{max}$ (g)	$M$ (-)
50	2	100	0.211	1.38	1	0.291	6.0

**Tabella 8.I** – Parametri utilizzati per la verifica di liquefazione

Nel caso in esame il valore dell'accelerazione attesa in superficie e il livello di falda sono condizioni per procedere alla verifica alla liquefazione; infatti si ha:

- $a_g=0.211$  g;
- profondità di falda di progetto  $z_w = -0.99$  m da quota impianto.

La verifica alla liquefazione, a seguito dell'interpretazione delle prove SPT è stimata secondo il metodo semplificato di Seed & Idriss (1984).

La resistenza del terreno alla liquefazione viene valutata in termini di fattore di sicurezza FS alla liquefazione

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

dove:

CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico;

CSR (*Cyclic Stress Ratio*) rappresenta la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

Il metodo di Seed e Idriss consente di calcolare il Rapporto di Tensione Ciclica CSR dalla seguente relazione:

$$CSR_{7.5} = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d$$

dove:

$CSR_{7.5}$  carico indotto da un sisma di riferimento avente magnitudo pari a 7.5;

$a_{max}$  accelerazione massima attesa in sito, comprensiva delle amplificazioni topografiche e stratigrafica:  $a_{max} = a_g S_T S_S$ ;

$\sigma_{v0}, \sigma'_{v0}$  sforzi verticali totale ed efficace;


$r_d$  è un coefficiente riduttivo dell'accelerazione massima con la profondità, dato dalle espressioni proposte da Youd e Idriss:

$$r_d = 1 - 0.00765 \cdot z$$

$$\text{per } z < 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z$$

$$\text{per } 9.15 \leq z \leq 23.00 \text{ m}$$

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 142 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

$$r_d = 0.744 - 0.008 \cdot z$$

$$r_d = 0.5$$

per  $23.00 \leq z \leq 30.00$  m  
per  $z > 30.00$  m

## 8.1 Prove SPT

La resistenza alla liquefazione CRR viene calcolata in funzione della magnitudo, del numero di colpi della prova SPT corretto per tenere conto dell'efficienza del sistema di battitura e della pressione verticale effettiva  $(N_1)_{60}$ .

Per rappresentare il carico indotto da un sisma avente magnitudo diversa da 7.5, si applica un fattore correttivo MSF in accordo alla correlazione di Andrus & Strokoe:

$$MSF = (M_w/7.5)^{-3.3}$$

Si ha pertanto:

$$CRR_M = CRR_{7.5} \cdot MSF$$

Al fine di tener conto del contenuto in fine, si è applicata la correzione proposta da Seed e Idriss tramite la seguente correlazione:

$$(N_1)_{60,FC} = \alpha + \beta(N_1)_{60}$$

dove

FC contenuto in fine

$\alpha$  e  $\beta$  definite da:

$$\alpha = 0$$

$$\alpha = \exp[1.76 - (190/FC^2)]$$

$$\alpha = 5$$

per  $FC \leq 5\%$

per  $5\% < FC < 35\%$

per  $FC \geq 35\%$

$$\beta = 1.0$$

$$\beta = [0.99 + (FC^{1.5}/1000)]$$

$$\beta = 1.2$$

per  $FC \leq 5\%$




per  $5\% < FC < 35\%$

per  $FC \geq 35\%$

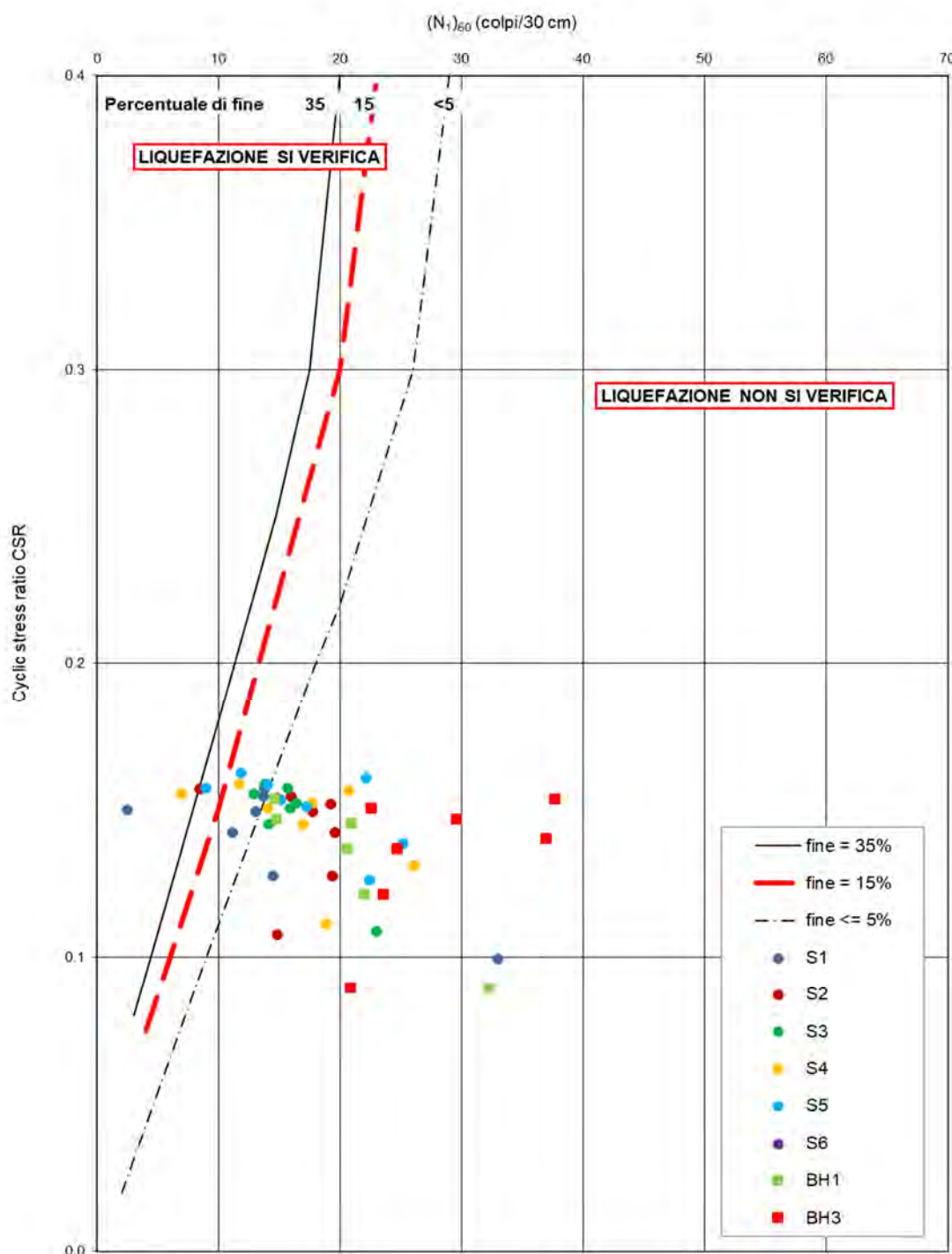
In riferimento alle curve granulometriche di figure 4.7.1.1 e 4.7.1.2, lo strato che può risultare suscettibile alla liquefazione è quello che interessa i primi 13 m di profondità. A questo strato corrisponde mediamente un contenuto in fine del 20%, per cui nella figura 8.1.1 si è fatto riferimento al limite dato dal 15% di percentuale di fine.

Attraverso i dati delle prove SPT eseguite nel corso delle indagini geognostiche è stato costruito il grafico riportato in figura 8.1.1, che esprime il confronto tra il numero di colpi corretto  $N_{1(60)}$  e la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma (CSR).


In figura 8.1.2 è riportato l'andamento del fattore di sicurezza FS con la profondità nei diversi punti di indagine.

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 143 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

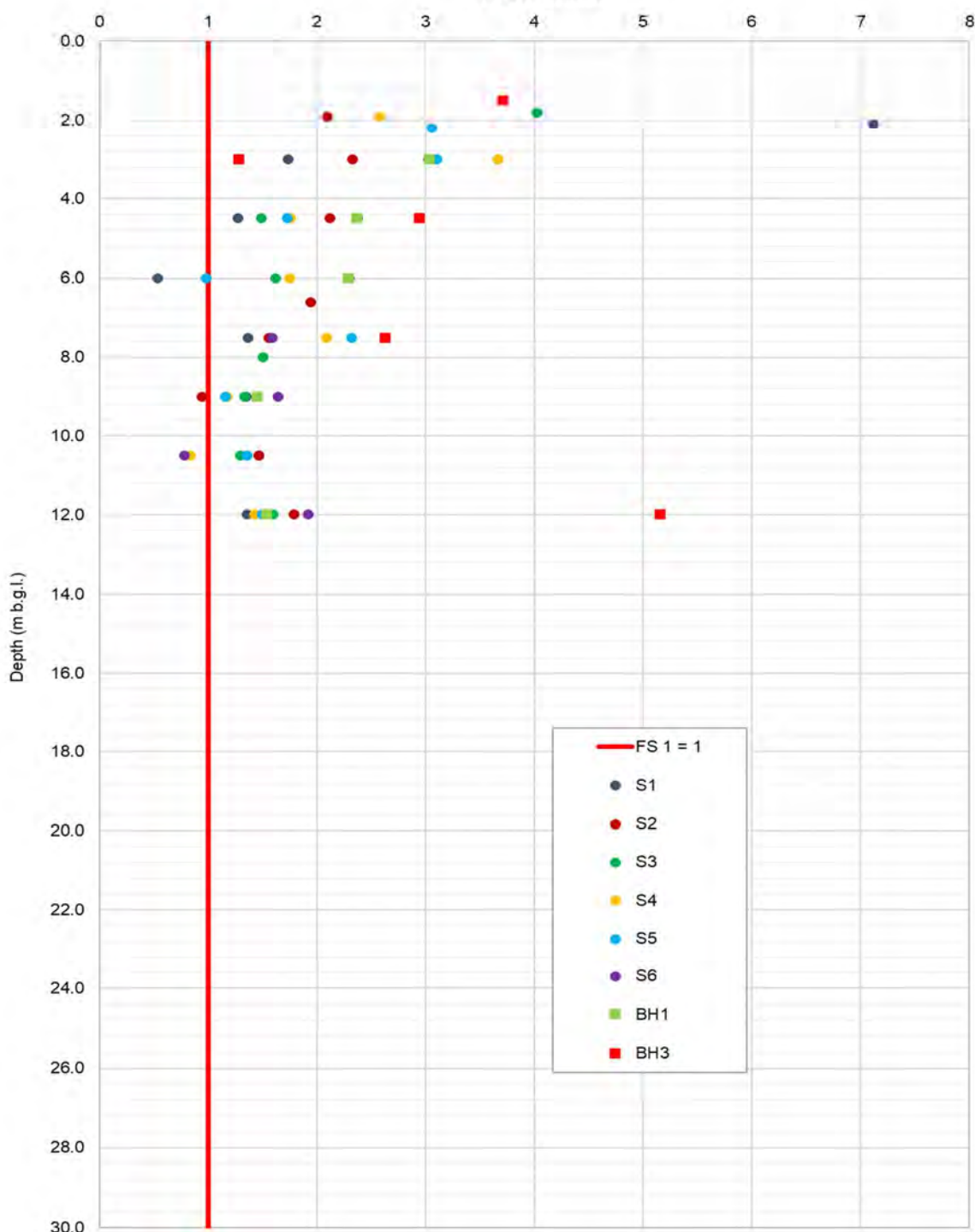
**RAVENNA**  
**Centrale Gas - Peakers Area 11**  
 ANALISI ALLA LIQUEFAZIONE:  
 Confronto fra CSR e  $(N_1)_{60}$  (Seed & Idriss, 1984)



**Figura 8.1.1 – Confronto fra CSR e  $(N_1)_{60}$**


	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 144 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

**RAVENNA**  
**Central Gas - Peakers Area 11**  
 ANALISI ALLA LIQUEFAZIONE:  
 Fattore di sicurezza (Seed & Idriss, 1984)  
 FS = CRR/CSR



**Figura 8.1.2 – Fattore di Sicurezza FS con la profondità**



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 145 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 8.2 Prove CPTu

La stima della resistenza CRR a partire dai risultati delle prove CPTu è stata calcolata utilizzando il metodo sviluppato da Robertson e Wride. Esso mette in relazione la resistenza CRR con la resistenza alla penetrazione  $q_c$ , che può essere approssimata dalle seguenti espressioni:

$$CRR_{7,5} = 0.833[(q_{c1N})_{cs}/1000] + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR_{7,5} = 93[(q_{c1N})_{cs}/1000]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

dove

$(q_{c1N})_{cs}$  rappresenta la resistenza alla penetrazione normalizzata a 100 kPa (circa 1 atm) e corretta per l'influenza del contenuto in fine.

I risultati dell'analisi sono riportati nelle figure da 8.2.1 a 8.2.6 e sono state realizzate con l'utilizzo del programma Settle (RocScience Inc.). L'algoritmo di calcolo si basa sul metodo di Robertson e Wride modificato (modified Robertson Wride (1998)), che tiene conto dell'influenza della percentuale di fine.

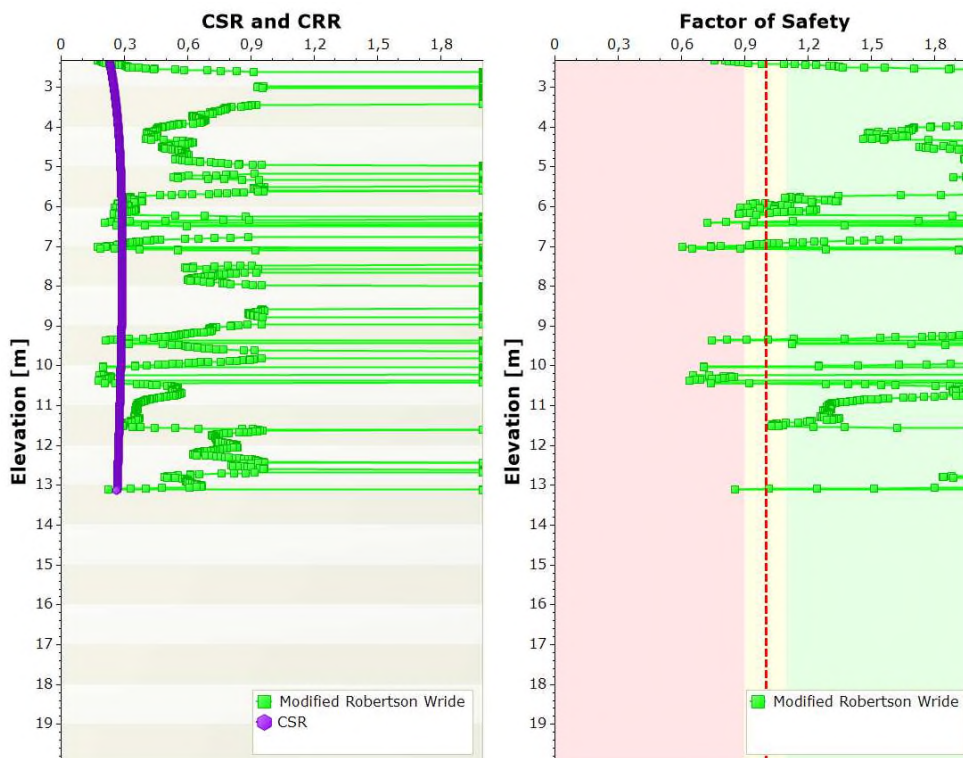



Figura 8.2.1 – CSR, CRR, FS da prova CPTu – CPTu1

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 146 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

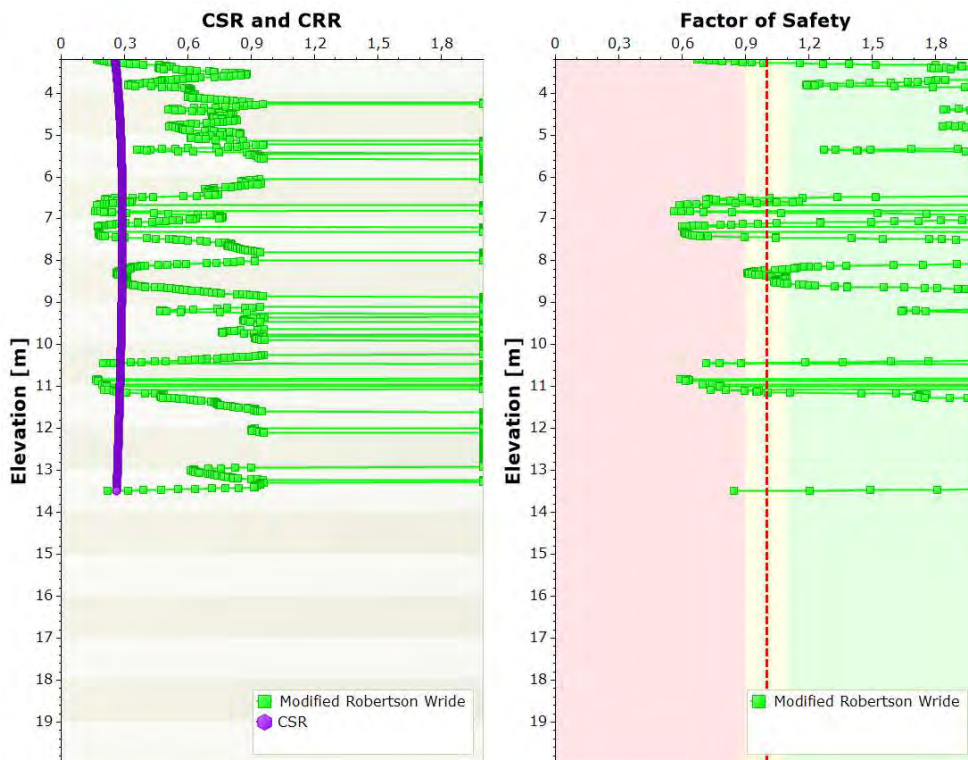


Figura 8.2.2 – CSR, CRR, FS da prova CPTu – CPTu2

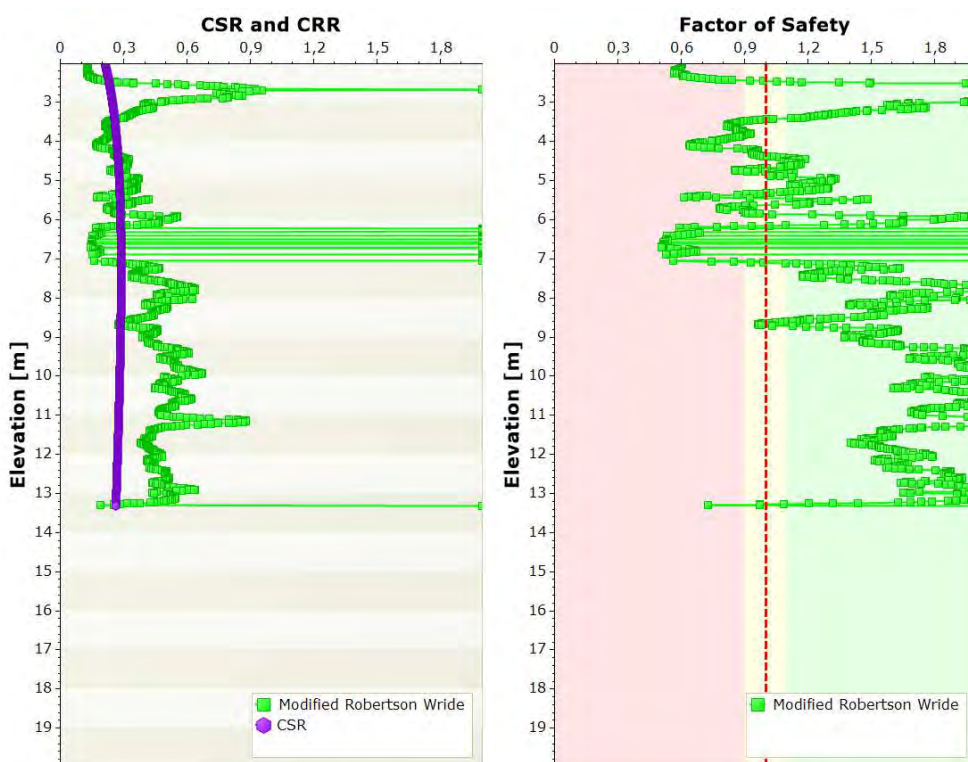





Figura 8.2.3 – CSR, CRR, FS da prova CPTu – CPTu3

  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 147 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

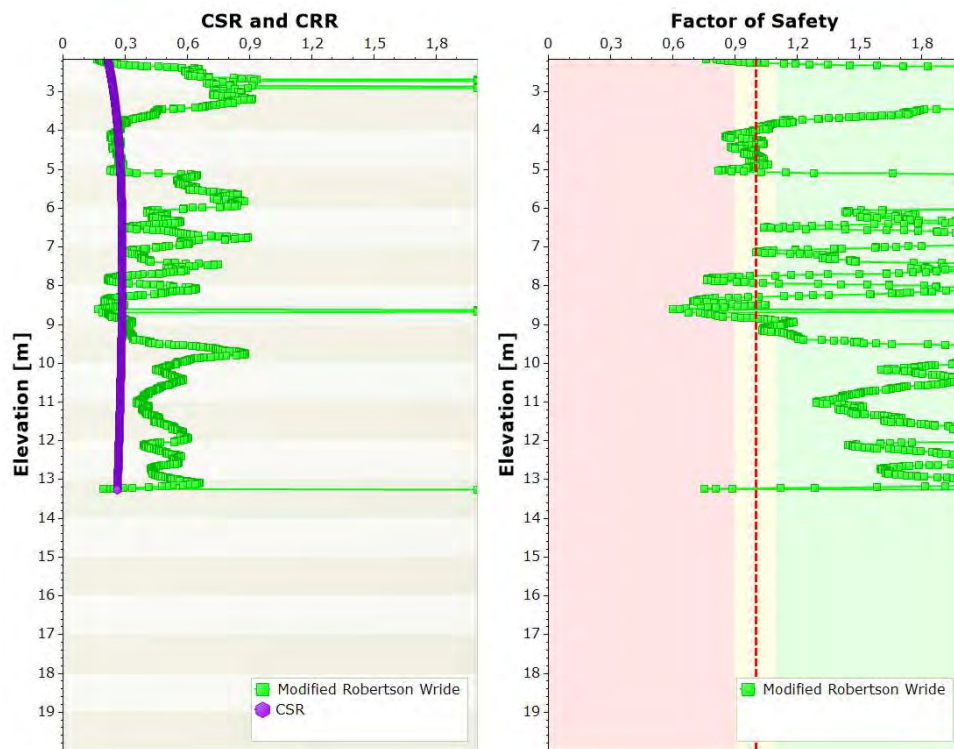


Figura 8.2.4 – CSR, CRR, FS da prova CPTu – CPTu4

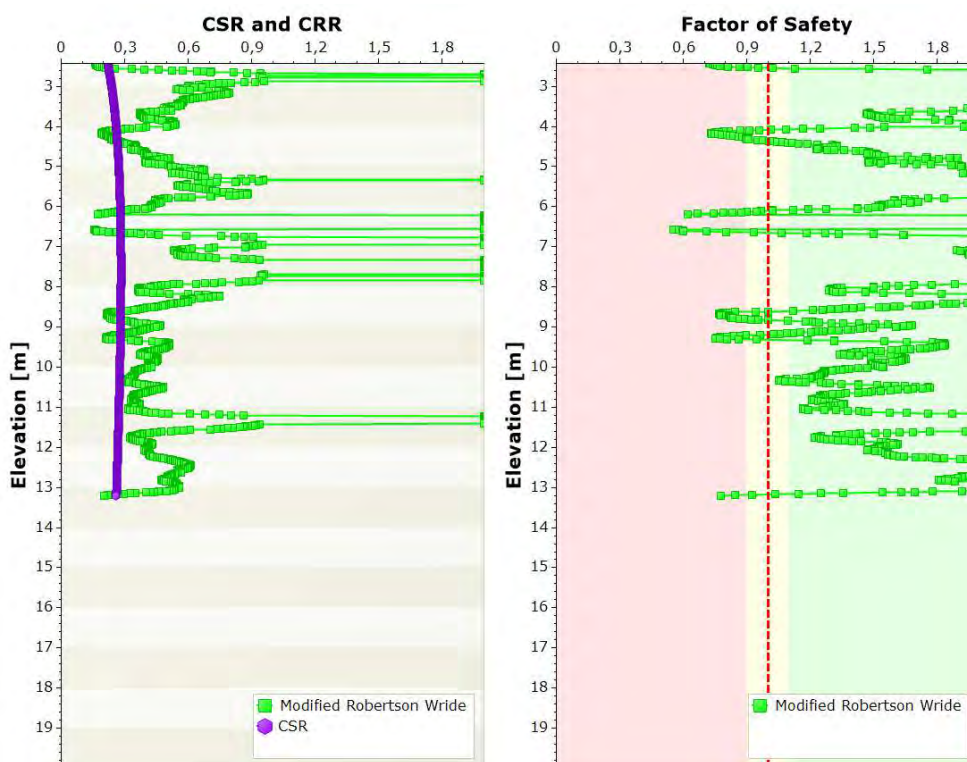



Figura 8.2.5 – CSR, CRR, FS da prova CPTu – CPTu5

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 148 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

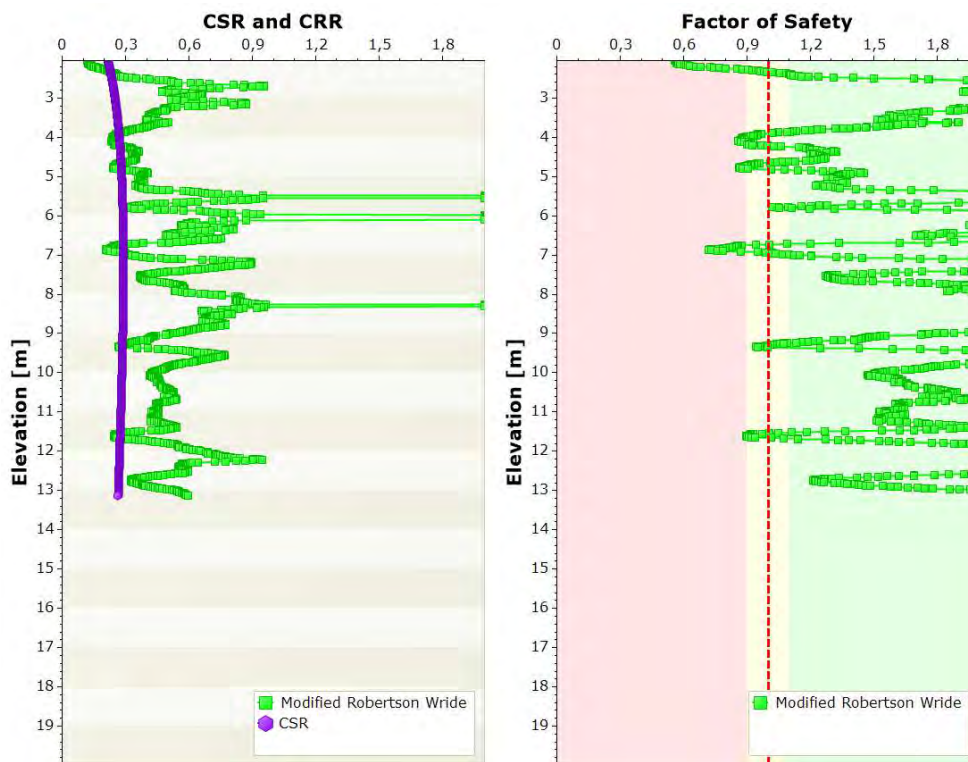



Figura 8.2.6 – CSR, CRR, FS da prova CPTu – CPTu6

### 8.3 Conclusioni

Dalla figura 8.1.2 (SPT) si osserva che la quasi totalità dei punti analizzati, fino ad una profondità di circa 13 m da p.c., ovvero in corrispondenza del primo strato di sabbia, forniscono un fattore di sicurezza superiore a  $FS=1$ , e il rischio di liquefazione è nullo o trascurabile.

Dalle figure da 8.2.1 a 8.2.6 (CPTu) si può notare come il terreno risulti potenzialmente liquefacibile in livelli di limitato spessore lungo la profondità indagata, senza mostrare perciò significativi strati di terreno che possano generare effetti dannosi sulle fondazioni.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 149 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 9 DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Le informazioni ottenute dalla campagna geognostica e l'elaborazione dei valori misurati, come precedentemente descritto, hanno permesso di definire un modello del terreno di fondazione. L'area è pressoché pianeggiante mantenendo una quota media di -0.086 m s.l.m.

Dai sondaggi e dalle prove in sito e in laboratorio sono stati individuati sette differenti livelli aventi le caratteristiche litologiche di seguito descritte.

### LIVELLO A

Livello più superficiale di materiale che raggiunge la profondità massima di 13.7 m da p.c. nel sondaggio S4. Lo spessore medio è di 13.3 m. Tale strato è composto principalmente da sabbia fine limosa o debolmente limosa e/o con limo, di colore grigio e con frammenti di conchiglie.

### LIVELLO B1

Livello sottostante allo strato A, costituito dall'alternanza di limo, limo argilloso sabbioso con livelli sottili di argilla limosa grigia, poco consistente e plastico. Raggiunge nel sondaggio S5 la profondità massima di 17.6 m. Lo spessore medio è di 2.9 m.

### LIVELLO C

Livello costituito principalmente da limo sabbioso e sabbia fine con limo, grigia. Raggiunge nel sondaggio S3 la profondità massima di 18.3 m. Lo spessore medio è di 1.8 m.

### LIVELLO B2

Livello sottostante lo strato C, costituito da limo, limo argilloso poco consistente con lenti di limo sabbioso e argille limose più in profondità. Raggiunge nel sondaggio S3 la profondità massima di 27.7 m. Lo spessore medio è di 9.7 m.

### LIVELLO D

Tale livello è composto da limo sabbioso e sabbia limosa ed è presente fino alla profondità di circa 30 m da p.c. Lo spessore medio è di 2.3 m.


Esso è stato individuato nei sondaggi S3, S4 della campagna geognostica 2022 e nei sondaggi BH1 e BH3 e nella CPTu6 della campagna del 1997.

### LIVELLO E

Livello sottostante lo strato D, costituito da limo con argilla, con spessore medio di 4 m da p.c. E' stato individuato nei sondaggi BH1 e BH3 e nella CPTu6 della campagna del 1997.

### LIVELLO F

Livello sottostante lo strato E, costituito da sabbia e sabbia limosa ed è stato individuato nei sondaggi BH1 e BH3 e nella CPTu6 della campagna del 1997.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 150 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00




## 10 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

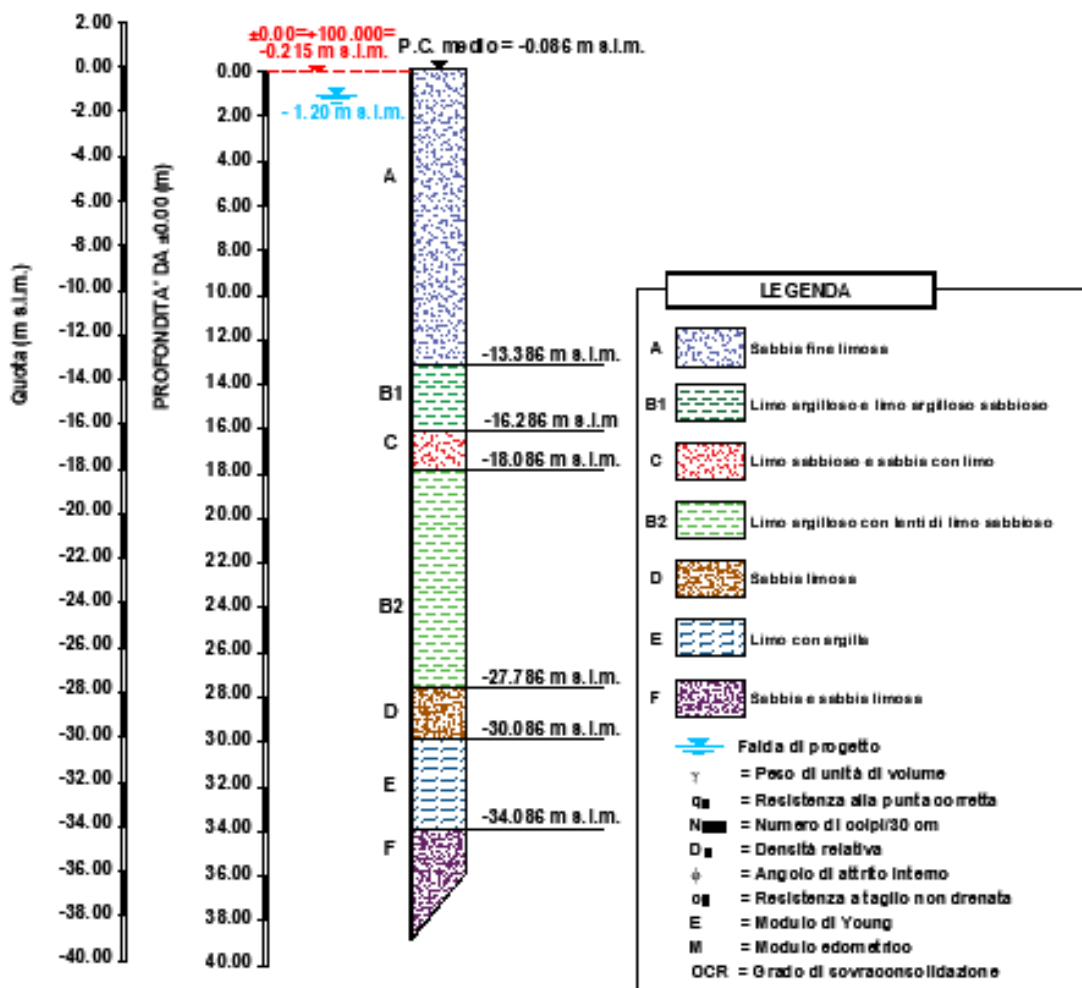
Sulla base delle indagini precedentemente descritte è possibile definire la stratigrafia di progetto valida per il progetto delle fondazioni.

Nella stratigrafia si mostrano la quota zero dell'impianto, fissata a  $\pm 0.00 = +100.00 = -0.215$  m s.l.m., e la quota media del piano campagna attuale a  $-0.086$  m s.l.m.

La quota della falda di progetto è assunta a  $-1.2$  m s.l.m.

In figura 9.1 è rappresentata la stratigrafia di progetto.


  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 151 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00



PARAMETRI GEOTECNICI										
STRATO	Spessori (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$q_u$ (MPa)	$N_{60}$ (r/coll/30cm)	$D_r$ (%)	$\phi$ (°)	$c_u$ (kPa)	M (MPa)	E (MPa)	OCR
A 1	13.3	18.5	5.0	15	60	33	-	-	19	-
B1	2.9	18.0	0.7	4	-	28	50	7	5	2
C	1.8	18.5	4.0	7	50	29	-	-	17	-
B2	9.7	18.5	0.7	9	-	30	50	7	5	2
D	2.3	19.0	6.0	29	55	32	-	-	25	-
E	4	19.0	1.5	-	-	28*	70	12	8	2
F	n.i.	19.0	6.0	-	55	32	-	-	25	-

\* Valori assunti in assenza di prove

Figura 9.1 – Stratigrafia di progetto

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 152 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 11 AGGRESSIVITÀ CHIMICA NEI CONFRONTI DEL CALCESTRUZZO

Sulla base dei risultati delle prove chimiche di laboratorio riportate nei capitoli 4.7.7 e 4.7.8, è stata valutata l'esposizione del calcestruzzo agli attacchi chimici. In accordo con la normativa UNI EN 206, le analisi chimiche per campioni di terreno e di acqua sono state condotte determinando i valori degli agenti chimici riportati in figura 11.1.

Chemical characteristic	Reference test method	XA1	XA2	XA3
<b>Ground water</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	EN 196-2	≥ 200 and ≤ 600	> 600 and ≤ 3 000	> 3 000 and ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 and ≥ 5,5	< 5,5 and ≥ 4,5	< 4,5 and ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> mg/l aggressive	EN 13577	≥ 15 and ≤ 40	> 40 and ≤ 100	> 100 up to saturation
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	ISO 7150-1	≥ 15 and ≤ 30	> 30 and ≤ 60	> 60 and ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> mg/l	EN ISO 7980	≥ 300 and ≤ 1 000	> 1 000 and ≤ 3 000	> 3 000 up to saturation
<b>Soil</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>a</sup> total	EN 196-2 <sup>b</sup>	≥ 2 000 and ≤ 3 000 <sup>c</sup>	> 3 000 <sup>c</sup> and ≤ 12 000	> 12 000 and ≤ 24 000
Acidity according to Baumann Gully ml/kg	prEN 16502	> 200	Not encountered in practice	
<sup>a</sup> Clay soils with a permeability below 10 <sup>-5</sup> m/s may be moved into a lower class. <sup>b</sup> The test method prescribes the extraction of SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> by hydrochloric acid; alternatively, water extraction may be used, if experience is available in the place of use of the concrete. <sup>c</sup> The 3 000 mg/kg limit shall be reduced to 2 000 mg/kg, where there is a risk of accumulation of sulfate ions in the concrete due to drying and wetting cycles or capillary suction.				


**Figura 11.1** – Capitolo 4.1, Tabella 2 UNI EN 206: valori limiti per le classi di esposizione all'attacco chimico nel suolo naturale e nell'acqua del terreno

Dal confronto tra i valori di laboratorio dei campioni prelevati in sito, riportati nelle tabelle 4.7.7.I e 4.7.8.I, con i valori di riferimento di figura 11.1, si evince che:

- il terreno non risulta chimicamente aggressivo;
- l'acqua risulta chimicamente aggressiva in riferimento ai valori di NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e CO<sub>2</sub>.

La classe di aggressività risultante è XA2. Di conseguenza, in riferimento alla tabella F.1 riportata in UNI EN 206, sarà necessario l'utilizzo di cemento resistente ai solfati.



	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 153 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## 12 CONCLUSIONI

Nell'area di costruzione del nuovo impianto Centrale Gas Enipower – Peakers Area 11 di Ravenna (RA) è stata condotta una indagine geognostica finalizzata a caratterizzare i terreni di appoggio delle fondazioni.

La presente relazione geotecnica generale ha lo scopo di fornire, sulla base delle indagini eseguite sull'area nel 2022 e nel 1997, la caratterizzazione dei terreni di fondazione e la valutazione dell'aggressività chimica dei terreni nei confronti del calcestruzzo.

La quota zero dell'impianto è fissata a  $\pm 0.00 = +100.00 = -0.215$  m s.l.m.

Nella prima parte della relazione (Capitoli 4, 5 e 6) sono riportati i risultati della campagna geognostica e le interpretazioni delle prove condotte per giungere alla definizione della stratigrafia di progetto, valida ai fini della progettazione delle opere di fondazione.


L'area è pressoché pianeggiante mantenendo una quota media di  $-0.086$  m s.l.m. Dai sondaggi e dalle prove in sito e in laboratorio sono stati individuate sette differenti strati.

Durante la campagna di indagini del 2022, la misura della quota della falda è stata effettuata in corrispondenza dei piezometri collocati nei fori dei sondaggi S1, S2 e S5, delle CPTu e nei pozzetti.

La quota della falda di progetto è  $-1.2$  m s.l.m. (Capitolo 7).

L'analisi alla liquefazione (Capitolo 9) ha evidenziato che il terreno non è suscettibile a liquefazione.

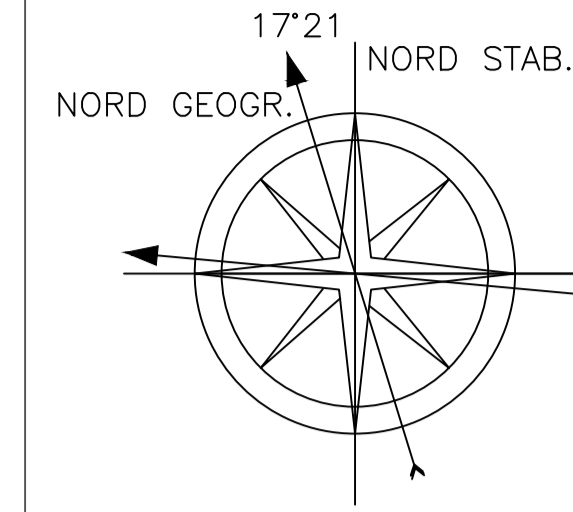
Infine, nel Capitolo 11 sono stati analizzati i risultati delle prove chimiche di laboratorio al fine di valutare l'aggressività del terreno nei confronti del calcestruzzo. La classe di aggressività risultante è XA2 e quindi sarà necessario l'utilizzo di cemento resistente ai solfati.

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 154 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

# ALLEGATO 1

## PLANIMETRIA INDAGINI E TRACCIA DELLE SEZIONI STRATIGRAFICHE

SCALA 1:200



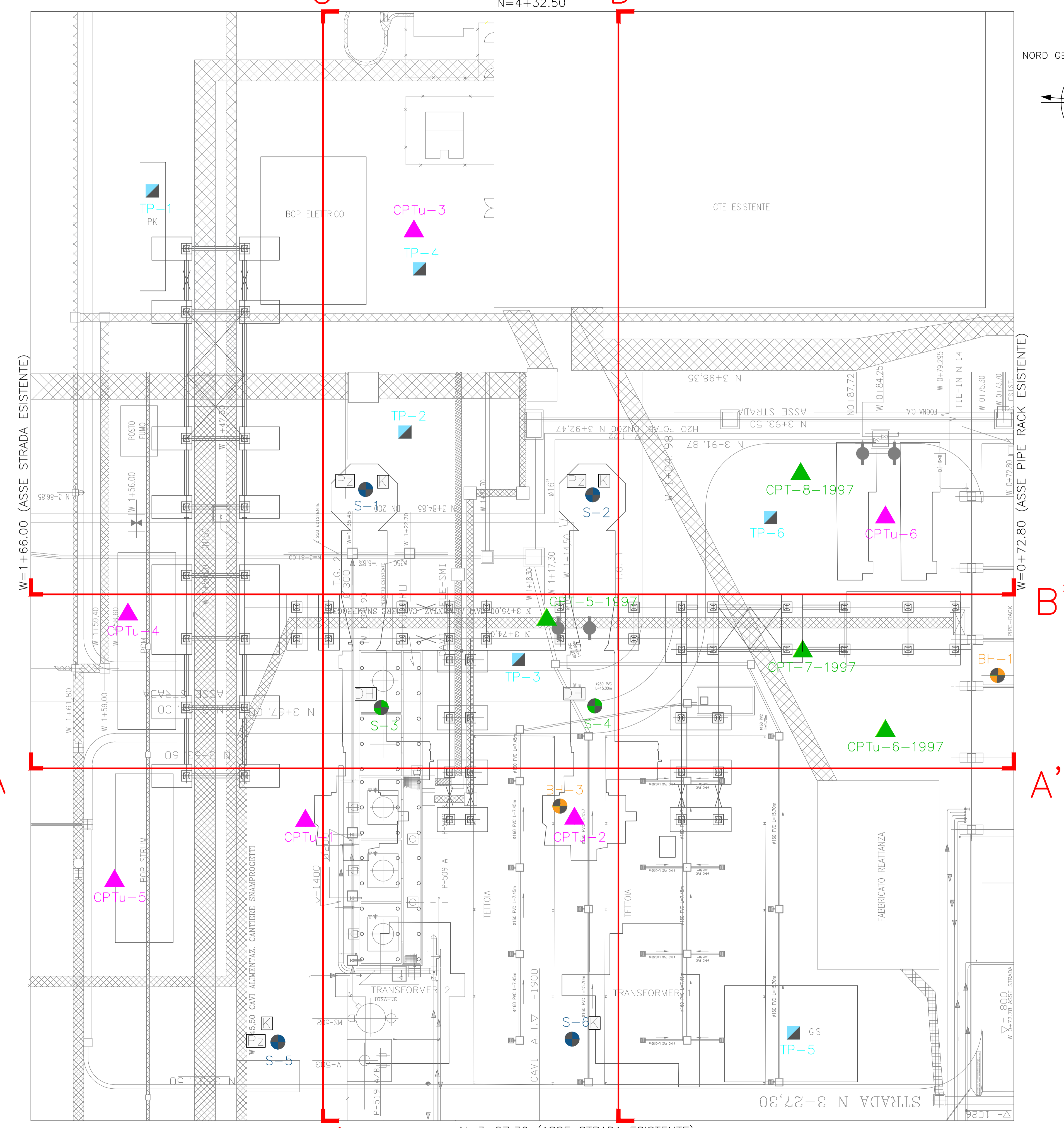
RIFERIMENTI	
Numero	Descrizione
20102-0000-C70-SP-00010	Planimetria




LEGGENDA	QUANTITA'
SONDAGGIO a carotaggio con esecuzione SPT ogni 1.5 m - profondità 20.0 m da p.c.	4
SONDAGGIO a carotaggio con esecuzione SPT ogni 1.5 m - profondità 30.0 m da p.c.	2
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE con PIEZOCONO - profondità 20.0 m da p.c. o rifiuto meccanico	6
POZZETTI con esecuzione di prove di carico su piastra	6
PIEZOMETRO lunghezza 20.0 m	3
PROVE DI PERMEABILITA'	4
DOWN-HOLE	2
PROVE CPT E CPTu - 1997 - profondità 10.7-10.8 m da P.C.	4
SONDAGGIO con esecuzione SPT - 1997 - profondità 30 m da P.C.	2
CAMPIONE RIMANEGGIATO	23
CAMPIONE INDISTURBATO	13

COORDINATE INDAGINI		
TEST	W (mm)	N (mm)
S-1	134251	387149
S-2	112712	386638
S-3	132783	366469
S-4	112513	366228
S-5	142584	334750
S-6	114664	335028
CPTu-1	139973	355730
CPTu-2	114443	355938
CPTu-3	129680	411629
CPTu-4	156812	375301
CPTu-5	158083	350031
CPTu-6	84942	384507
TP-1	154500	415460
TP-2	130521	392589
TP-3	119742	371029
TP-4	129144	408063
TP-5	93664	335617
TP-6	95830	384480
SEV-1	143562	385300
SEV-2	112143	360398
SEV-3	125033	365649
SEV-4	102983	365648
SEV-5	129622	373129
SEV-6	105174	339078
SEV-7	109422	373638
SEV-8	155993	350901
SEV-9	148302	386140
SEV-10	87752	381217
TH-1	140513	362150
TH-2	141184	340710
TH-3	115005	361776
TH-4	86244	333477
TH-5	125114	333419

EX-DE	OD	27/05/2022	EMISS 0	M.Ciozzani	L. Finardi	E. Cipolla	APP CONT_0	APP COMP_0
Validity Status	Revision Number	Date	Description	Contractor Prepared	Contractor Checked	Contractor Approved	Company Checked	Company Approved

<b>Company Logo and Business Name</b> 	<b>Project Name</b> PROGETTO PEAKERS	<b>EniPower Document ID</b> EniPower RA-IV-2205-CI-E-A1700 Job N. IV-RAVE-2205 <b>Company Document ID</b> 017101DARVA1700 Job N. JAO737
<b>Contractor Logo and Business Name</b> 	<b>Contractor Document ID</b> 20102-0100-C70-RE-00100 Contract N. 3500054652	<b>Vendor Document ID</b> N.A. Contract N. N.A.
<b>Facility and SubFacility Name</b> Ravenna C.le Gas - Area 11	<b>Scale</b> 1:200	<b>Sheet of Sheet</b> 1/3
<b>Facility and Sub Facility Name</b> PLANIMETRIA INDAGINI E TRACCIA SEZIONI STRATIGRAFICHE	Supersedes N. 017101BXXXXNNNN Superseded by N. N.A.	<b>Plant Area</b> 11 <b>Plant Unit</b> 20

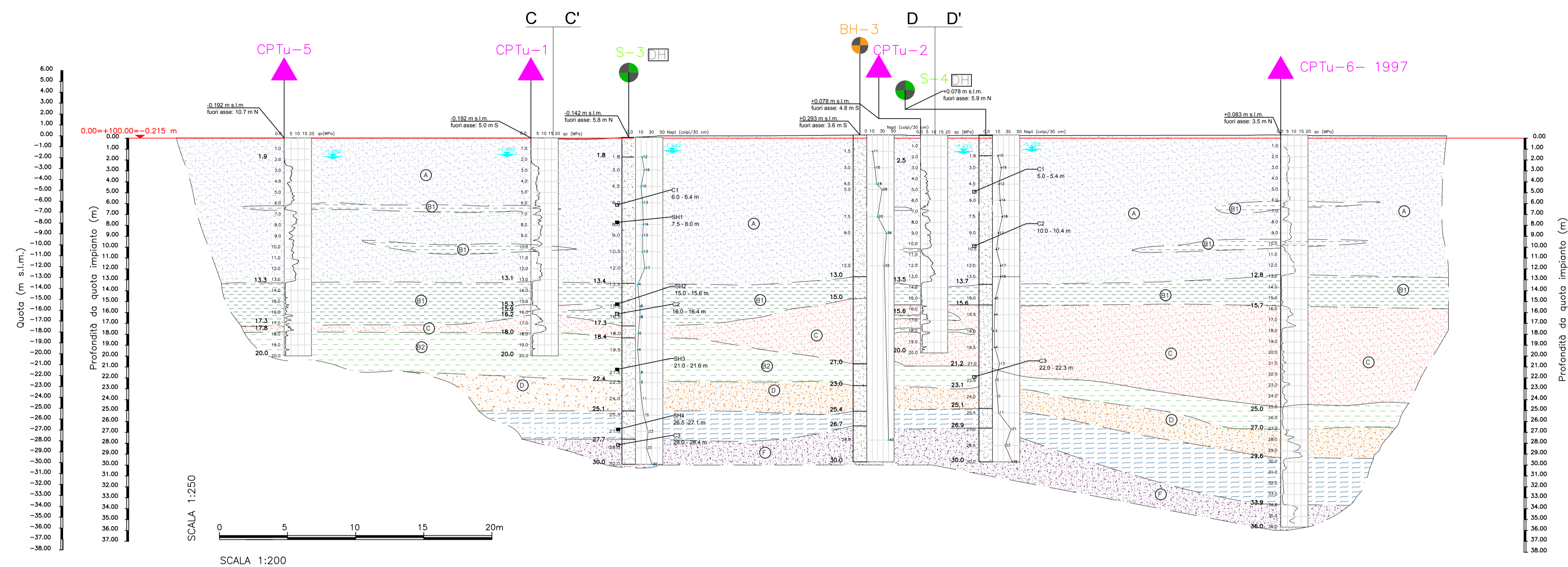


  	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 156 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## ALLEGATO 2

### SEZIONI STRATIGRAFICHE A-A' e B-B'

SEZIONE A-A'



RIFERIMENTI	
Numero	Descrizione
20102-0000-C70-SP-00010	Planimetria

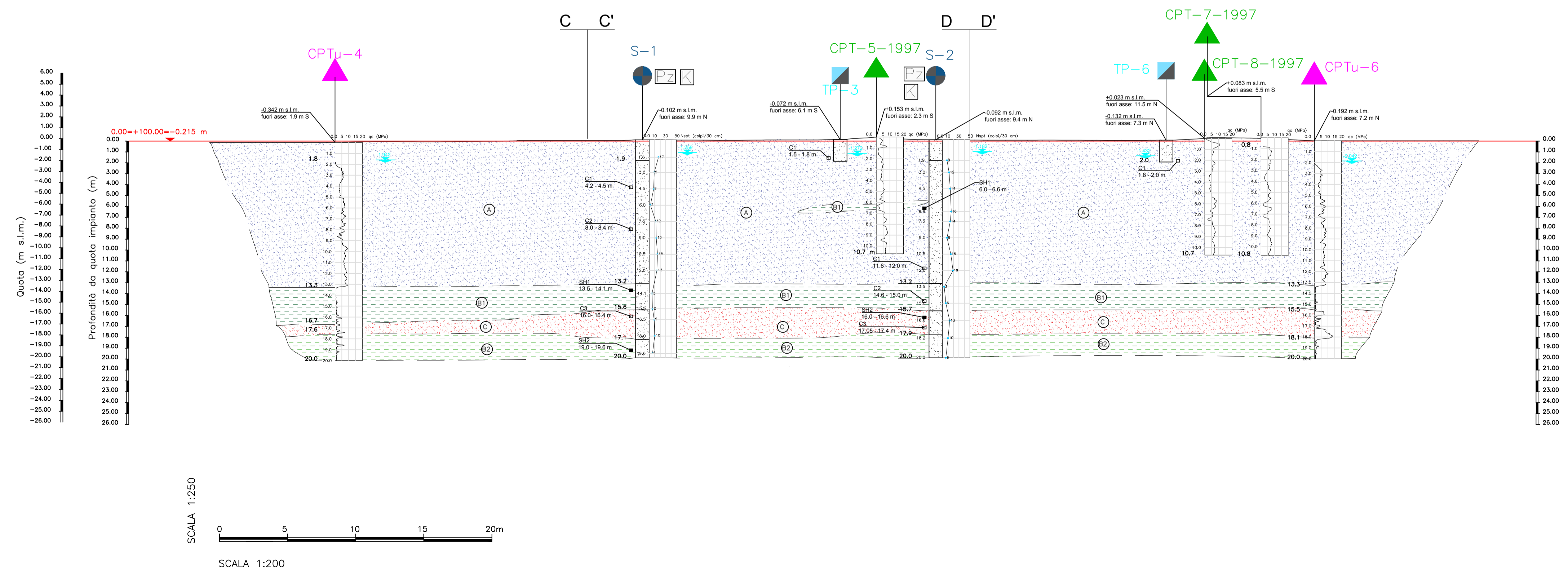
LEGENDA

A	Sabbia fine limosa
B1	Limo argilloso e limo argilloso sabbioso
C	Limo sabbioso e sabbia con limo
B2	Limo argilloso con lenti di limo sabbioso
D	Sabbia limosa
E	Limo con argilla
F	Sabbia e sabbia limosa
	↔ Livello di falda misurato
D D'	Intersezione con altre sezioni

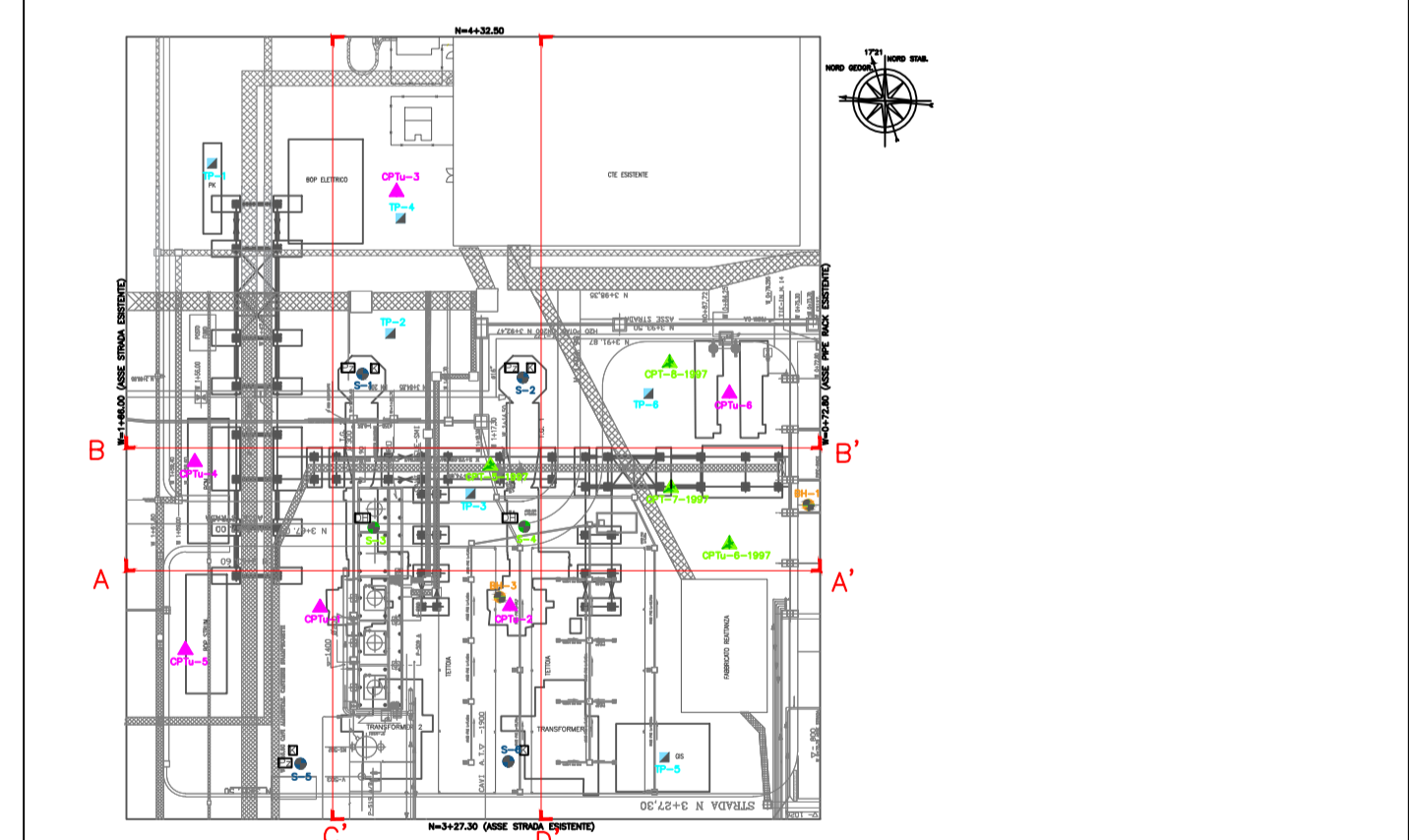
LEGENDA

	QUANTITA'	
S-XX	SONDAGGIO a carotaggio con esecuzione SPT ogni 1.5 m - profondità 20.0 m da p.c.	4
S-XX	SONDAGGIO a carotaggio con esecuzione SPT ogni 1.5 m - profondità 30.0 m da p.c.	2
CPTu-XX	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE con PIEZOCONO - profondità 20.0 m da p.c. o rifiuto meccanico	6
TP-XX	POZZETTI con esecuzione di prove di carico su piastra	6
	PIEZOMETRO lunghezza 20.0 m	3
	PROVE DI PERMEABILITA'	4
	DOWN-HOLE	2
CPT-CPTu	PROVE CPT E CPTu - 1997	4
BH-XX	SONDAGGIO con esecuzione SPT - 1997	2
	CAMPIONE RIMANEGLIATO	23
	CAMPIONE INDISTURBATO	13


SEZIONE B-B'



PIANTA CHIAVE SCALA 1:1000



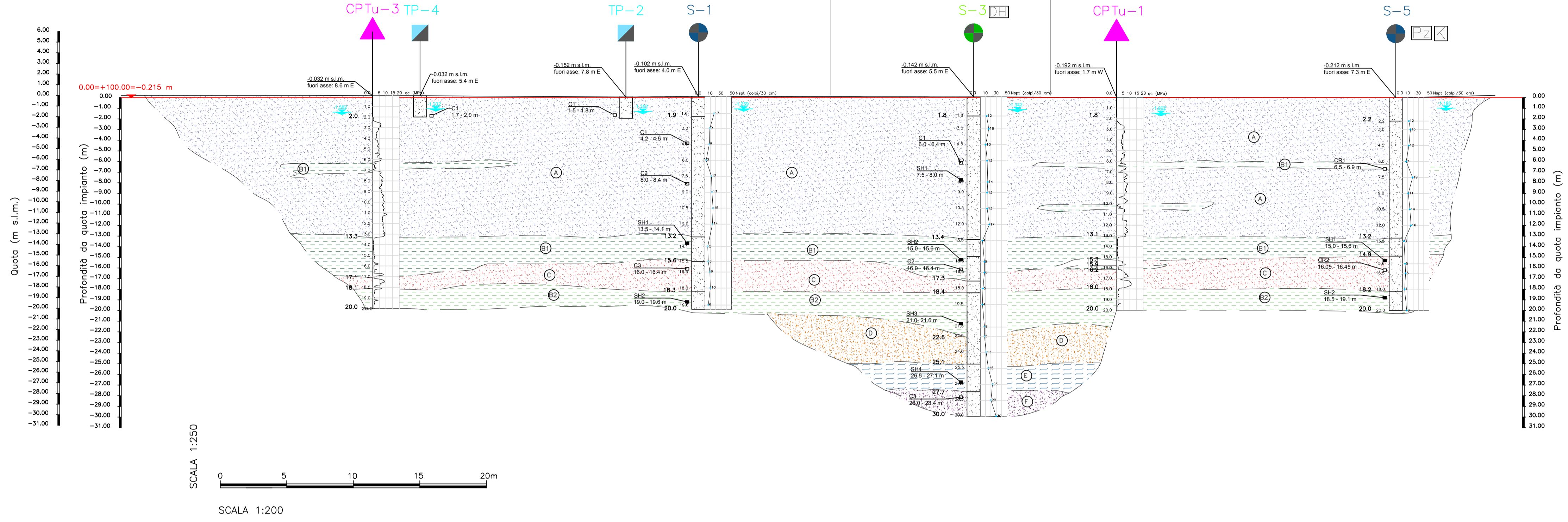
EX-DE	00	27/05/2022	EMISS 0	M.Ciozzani	L. Finardi	E. Cipolla	APP CONT_0	APP COMP_0
Validity Status	Revision Number	Date	Description	Contractor Prepared	Contractor Checked	Contractor Approved	Company Checked	Company Approved
Company Logo and Business Name		Project Name		EniPower Document ID EniPower RA-IV-2205-CI-E-A1700 Job N. IV-RAVE-2205				
Contractor Logo and Business Name		Arkad Incico SpA		Contractor Document ID 20102-0100-C70-RE-00100 Contract N. 3500054652				
Vendor Logo and Business Name		N.A.		Vendor Document ID N.A. Contract N. N.A.				
Facility and Sub-Facility Name		Ravenna C.le Gas - Area 11		Scale		Sheet of Sheet		
Facility and Sub-Facility Name		SEZIONI STRATIGRAFICHE A-A' E B-B'		X 1:200; Y 1:250		2/3		
Supersedes by N.		N.A.		Supersedes N. 017101BXXXXNNNN		Plant Area 11 Plant Unit 20		

	Company Document ID	017101DARVA1700	Sheet of Sheets 158 / 159	
	Eni Power Document ID	RA-IV-2205-CI-E-A1700		
	Contractor Document ID	20102-0100-C70-RE-00100	Validity Status	Revision Number
	Vendor Document ID	/	EX-DE	00

## ALLEGATO 3

### SEZIONI STRATIGRAFICHE C-C' e D-D'

SEZIONE C-C'



RIFERIMENTI	
Numero	Descrizione
20102-0000-C70-SP-00010	Planimetria

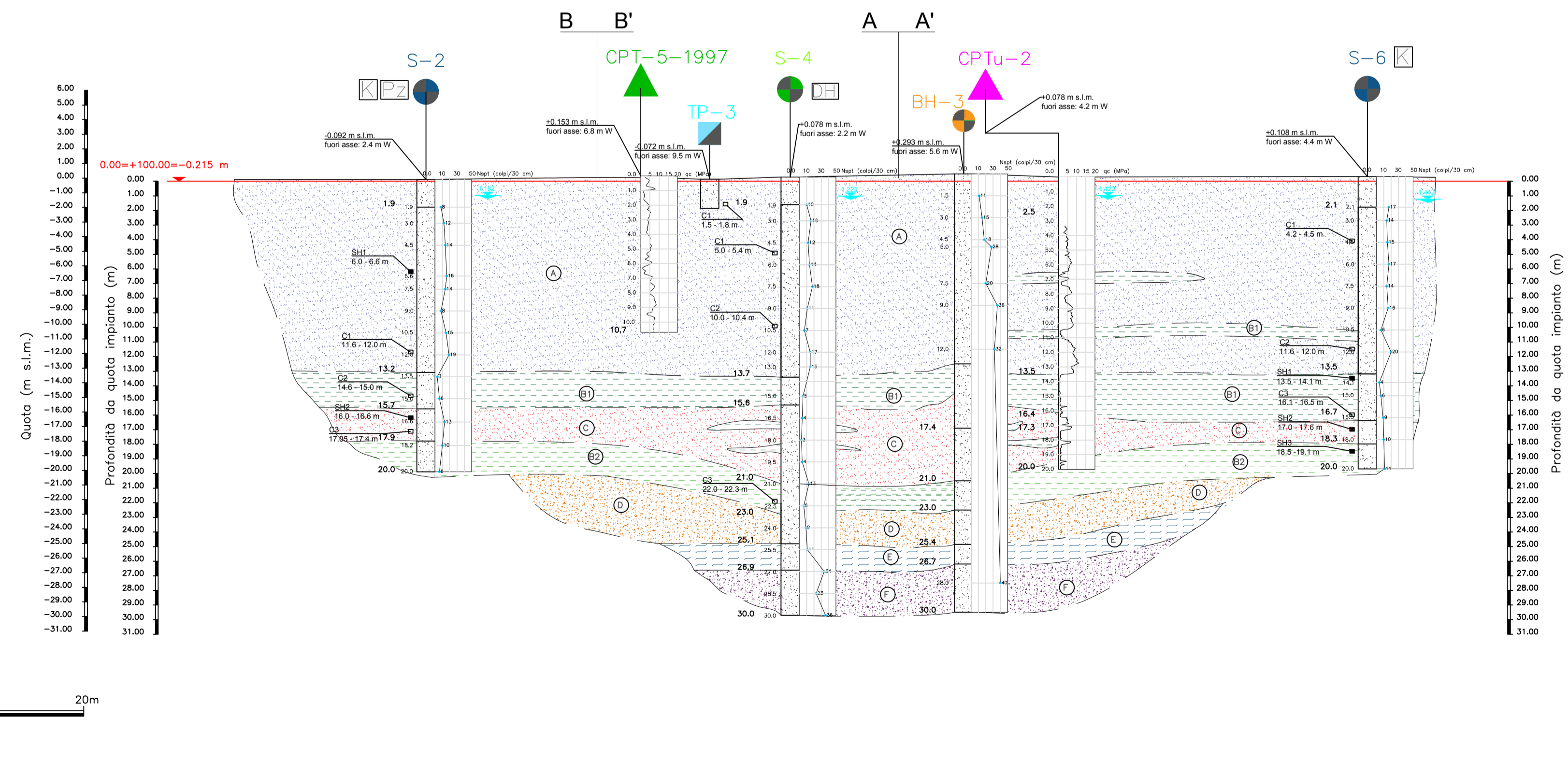
LEGENDA

A	Sabbia fine limosa
B1	Limo argilloso e limo argilloso sabbioso
C	Limo sabbioso e sabbia con limo
B2	Limo argilloso con lenti di limo sabbioso
D	Sabbia limosa
E	Limo con argilla
F	Sabbia e sabbia limosa
Livello di falda misurato	
D D' Intersezione con altre sezioni	

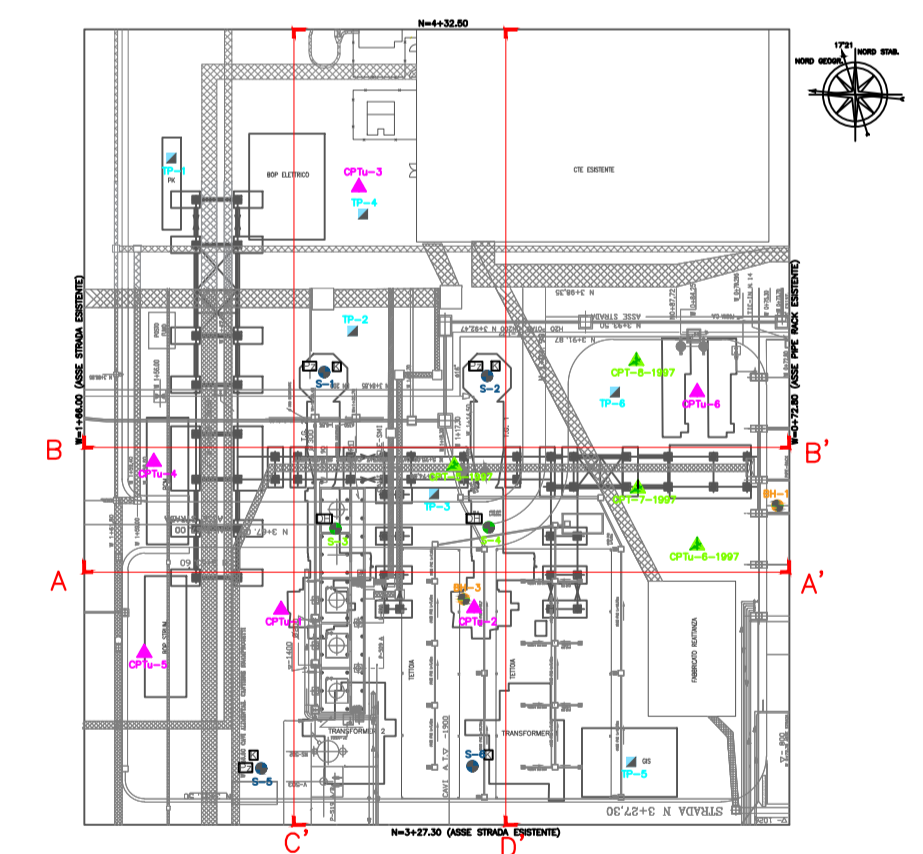
LEGENDA

Simbolo	Descrizione	QUANTITA'
S-XX	SONDAGGIO a carotaggio con esecuzione SPT ogni 1.5 m - profondità 20.0 m da p.c.	4
S-XX	SONDAGGIO a carotaggio con esecuzione SPT ogni 1.5 m - profondità 30.0 m da p.c.	2
CPTu-XX	PROVE PENETROMETRICHE STAZIONE con PIEZOCONO - profondità 20.0 m da p.c. o rifiuto meccanico	6
TP-XX	POZZETTI con esecuzione di prove di carico su piastra	6
PZ	PIEZOMETRO lunghezza 20.0 m	3
P	PROVE DI PERMEABILITA'	4
DH	DOWN-HOLE	2
CPT-CPTu	PROVE CPT E CPTu - 1997 - profondità 10.7-10.8 m da P.C.	4
BH-XX	SONDAGGIO con esecuzione SPT - 1997 - profondità 30 m da P.C.	2
□	CAMPIONE RIMANEGGIATO	23
■	CAMPIONE INDISTURBATO	13

SEZIONE D-D'



PIANTA CHIAVE SCALA 1:1000



EX-DE	00	27/05/2022	EMISS 0	M.Ciozzani	L. Finardi	E. Cipolla	APP CONT_0	APP COMP_0
Validity Status	Revision Number	Date	Description	Contractor Prepared	Contractor Checked	Contractor Approved	Company Checked	Company Approved
Company Logo and Business Name		Project Name		EniPower Document ID EniPower				
enipower		PROGETTO PEAKERS		RA-IV-2205-CI-E-A1700				
enipower				Job N. IV-RAVE-2205				
Contractor Logo and Business Name		Contractor Document ID		Company Document ID				
Arkad Inco spa		20102-0100-C70-RE-00100		017101DARVA1700				
Vendor Logo and Business Name		Contract N.		Job N.				
N.A.		3500054652		JA0737				
Facility and SubFacility Name		Scale		Contractor Document ID				
Ravenna C.le Gas - Area 11		X 1:200; Y 1:250		20102-0100-C70-RE-00100				
Facility and Sub Facility Name		Supersedes N.		Contract N.				
SEZIONI STRATIGRAFICHE C-C' E D-D'		11		N.A.				
		Plant Area		Sheet of Sheet				
		11		3/3				
		Plant Unit		Superseded by N.				
		20		N.A.				