

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

GEOTECNICA GENERALE

Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto da pk 9+550 a pk 10+075

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF0G 01 D 09 RB OC0001 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Bianchi	Lug. 2017	L. Utzeri	Lug. 2017	D. Aprea	Lug. 2017	Vittozzi Lug. 2017

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA.....	5
2.1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
2.2	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO.....	5
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	6
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
5	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO ED INCLINOMETRICO	15
6	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....	16
7	CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	17
7.1	VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_s	17
7.2	MODULI ELASTICI A PICCOLE DEFORMAZIONI G_0 ED E_0	17
7.3	MODULI ELASTICI OPERATIVI E	18
7.4	MATERIALI INCOERENTI	19
7.4.1	<i>Densità Relativa D_R</i>	19
7.4.2	<i>Angolo d'Attrito efficace ϕ'</i>	20
7.5	MATERIALI COESIVI	22
7.5.1	<i>Coesione Non-Drenato C_u</i>	22
7.5.2	<i>Rapporto di Sovraconsolidazione OCR</i>	22
7.5.3	<i>Modulo Elastico non-drenato E_u</i>	22
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE DA PK 9+550 A PK 10+075.....	24
8.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TRATTO COMPRESO TRA LA PK 9+550 E LA PK 9+600.....	93
8.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TRATTO COMPRESO TRA LA PK 9+600 E LA PK 9+750.....	94
8.3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TRATTO COMPRESO TRA LA PK 9+750 E LA PK 9+782.....	95
8.4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TRATTO COMPRESO TRA LA PK 9+782 E LA PK 9+900.....	96

8.5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TRATTO COMPRESO TRA LA PK 9+900 E LA PK 10+075.....	97
9	DEFINIZIONE DELLA AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	98
9.1	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	98
9.1.1	<i>Prove di riferimento</i>	99
9.1.2	<i>Velocità di propagazione delle onde di taglio.....</i>	99
9.1.3	<i>Classificazione sulla base della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$.....</i>	105
9.1.4	<i>Classificazione sulla base della nel numero equivalente di colpi da prova penetrometrica dinamica $N_{SPT,30}$.....</i>	106
9.1.5	<i>Classificazione sulla base della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$.....</i>	107
9.1.6	<i>Sintesi dei risultati.....</i>	108
9.2	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	109
9.3	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	109
9.3.1	<i>Definizione della Vita Nominale, V_N.....</i>	109
9.3.2	<i>Definizione della classe d'uso, C_U.....</i>	109
9.3.3	<i>Periodo di riferimento dell'azione sismica, V_R.....</i>	110
9.3.4	<i>Definizione dell'azione sismica.....</i>	111

1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio di caratterizzazione geotecnica a supporto della progettazione definitiva del raddoppio del I° lotto funzionale Apice-Hirpinia della tratta Apice - Orsara (itinerario Napoli – Bari; vedasi Figura 1).

La lunghezza complessiva del tracciato in progetto è di circa 18,7 Km, dei quali circa 13 in sotterraneo essendo, infatti, prevista la realizzazione di n.3 gallerie di linea (denominate “Grottaminarda”, “Melito” e “Rocchetta” procedendo dall’inizio della tratta, in Comune di Grottaminarda, verso Apice).

Nella presente relazione si tratterà esclusivamente della caratterizzazione stratigrafica e geotecnica della tratta allo scoperto da pk 9+550 a pk 10+075. Nello studio si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini geognostiche in sito appositamente realizzate nel corso del 2015 per l’aggiornamento del Progetto Preliminare e del 2017 nell’ambito della presente fase progettuale, nonché alle indagini disponibili in campagne pregresse e bibliografiche.

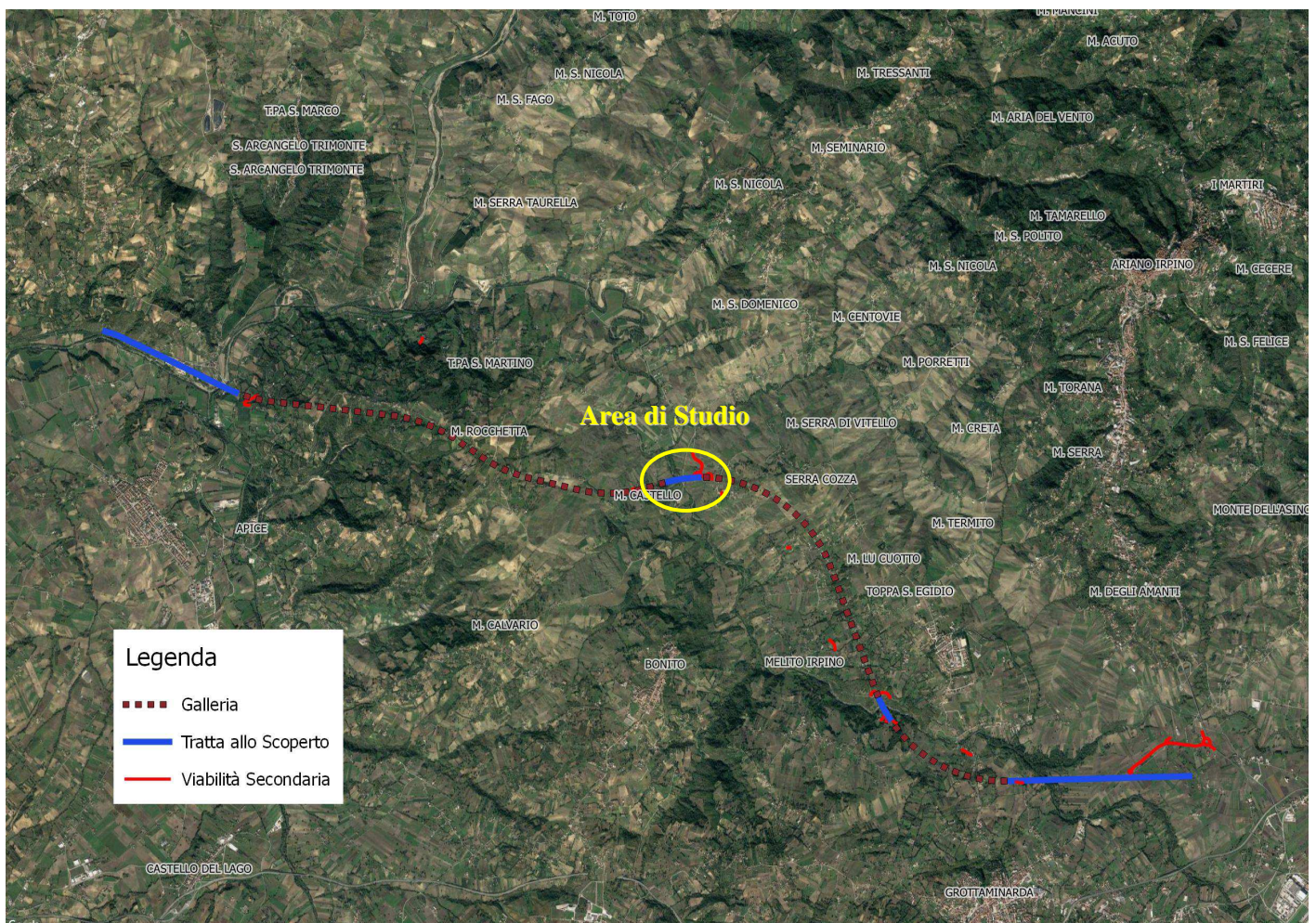


Figura 1: Ubicazione dell'area in studio

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA

2.1 Documentazione di riferimento

Ref. 1 – IF0G 00 D 69 RG GE 0001 001 A – “Relazione Geologica”

Ref. 2 - IF0G 01 D 09 F6 OC 0001 001 A - “Profilo Geotecnico da Pk 0 a Pk 2+700 - Tav. 1 di 2”

Ref. 3 - IF0G 01 D 09 F6 OC 0001 002 A - “Profilo Geotecnico da Pk 0 a Pk 2+700 - Tav. 2 di 2”

Ref. 4 - IF0G 01 D 09 F6 OC 0001 003 A - “Profilo Geotecnico da Pk 4+700 a Pk 5+075”

Ref. 5 - IF0G 01 D 09 F6 OC 0001 004 A - “Profilo Geotecnico da Pk 9+550 a Pk 10+075”

Ref. 6 - IF0G 01 D 09 F6 OC 0001 005 A - “Profilo Geotecnico da Pk 16+625 a Pk 18+713”

Ref. 7 - IF0G 00 D 69 PR GE 0005 001 A - “Prove di Laboratorio” - Tecnolab

Ref. 8 - IF0G 00 D 69 PR GE 0005 002 A - “Prove di Laboratorio” – DIMMS

Ref. 9 - IF0G 00 D 69 SG GE 0005 001 A - “Indagini Geognostiche”

2.2 Normativa e Standard di Riferimento

Ref. 10 - Decreto Ministeriale del 14/01/2008: “Approvazione delle Nuove Norma Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04/02/20018, Supplemento Ordinario n.30.

Ref. 11 - Circolare 01/02/2009, n.617 – Istruzione per l’applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.


Ref. 12 - DM 06/05/2008 – “Integrazione al DM 14/01/2008 di approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Ref. 13 - RFI DTC SI MA IFS 001 A – “Manuale di progettazione delle opere civili”

Ref. 14 - RFI DTC SI SP IFS 001 A – “Capitolato generale tecnico d’appalto delle opere civili”

Ref. 15 - UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Ref. 16 - UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

 <p>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto da pk 9+550 a pk 10+075</p>	<p>COMMESSA IF0G</p>	<p>LOTTO 01 D 09</p>	<p>CODIFICA RB</p>	<p>DOCUMENTO OC0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 6 di 111</p>

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le campagne di indagine geognostiche disponibili lungo tutto il tracciato di circa 19 km sono:

- campagna Co.Fer.I. 1984/86;
- campagna Italferr 2005;
- campagna Italferr 2006;
- campagna Italferr 2008;
- campagna Italferr 2015;
- campagna Italferr 2017.

Nelle differenti campagne indagini sono state eseguite prove in sito (per i certificati della campagna 2017 vedasi [Ref. 9]) consistenti in:

- Sondaggi con:
 - rilievo della stratigrafia,
 - esecuzione di misure di consistenza speditiva mediante pocket penetrometer,
 - esecuzione di prove in foro di tipo SPT, Pressiometriche e Lefranc,
 - prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati,
 - rilievo del livello di falda;
- Prove geofisiche di diverso tipo:
 - prove Multi-channel analysis of surface waves (Masw),
 - prove sismiche in foro di tipo down-hole,
 - 26 profili sismici a rifrazione in onde P;
- Penetrometriche dinamiche di tipo super-pesante (DPSH) nell'area compresa tra le pk 9+400 e 11+050 al fine di identificare gli spessori delle coltri superficiali.

A integrazione delle campagne di indagini in sito sono state eseguite prove di laboratorio i cui risultati sono riportati nei relativi elaborati di riferimento [Ref. 7 e Ref. 8], consistenti in:

- Apertura e descrizione geotecnica dei campioni (dc) con prove speditive di consistenza (pocket e scissometro) e foto (ft);
- Determinazione del peso di volume naturale e secco (γ_n e γ_d);
- Determinazione del peso specifico dei grani solidi (G_s);
- Analisi granulometrica per vagliatura (Gr_{vag}) e per sedimentazione (Gr_{sed});
- Determinazione dei Limiti di Atterberg (LL e LP);
- Classifica delle Terre secondo UNI 10006 (CL);
- Prove di Compressione Edometrica (Ed);
- Prove Triassiali Non consolidate e Non Drenate (TXUU), Consolidate Non Drenate (TXCU) e Consolidate Drenate (TXCD);

- Prove di Taglio Diretto (TD);
- Prove di Resistenza a Compressione (RC) e ad Espansione Laterale Libera (ELL)

Per la caratterizzazione geotecnica della tratta in esame (da pk 9+550 a pk 10+075) sono state analizzate le prove di pertinenza territoriale elencate nelle tabelle seguenti e consistenti in sondaggi, stendimenti sismici e prove di laboratorio.

Tabella 1: Elenco sondaggi di pertinenza della tratta

Sondaggi

ID	Campagna	Viadotto	Coordinate Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [m]	Falda			Strumentazione			Prove in foro				Campioni		MASW
			Est	Nord			Foro [m]	Piez min	Piez max	Piez CA	Piez TA	Inclinometro	SPT [n.]	Permeabilità [prof.m] Lef.=Lefranc Lug.=Lugeon	Pressiometro [prof.m]	Down-hole	Indisturbati [n.]	Rimaneggiati [n.]	
S17	2015		2520749	4552720	250.3	30	9.24	8.8	10.0	-	3.0-30.0	-		Lef. 9.0-11.2	11.2-12.0/ 20.55-21.9		5	1	
S17bis	2017		2520735	4552740	249.5	30	9.1					x	10	Lef. 7.0-8.0 *			5	1	
F12	2017		2520709	4552722	245.2	40	19			-	-	x	8	Lef. 7.0-8.0 *			5	3	
AU14	2017	v	2520609	4552689	227.1	50	10.5	4.9	5.6	-	1.5-16.0	-	6	Lef. 7.0-8.0			4	6	x
AU15	2017	v	2520514	4552663	246.6	50	5.7			-	-	-	5	Lef. 6.8-7.8			1	9	x
ENS4	2017		2520414	4552585	206.4	40	2			-	-	x	7	Lef. 7.0-8.0			3	5	
ENS5	2017	v	2520396	4552699	201.1	29.5		0.8	1.2	28.0-29.4	-	-	8	Lef. 6.0-7.0			3	2	
S19	2015		2520345	4552730	204.4	30	7.9*			-	-	-	5	Lef. 8.5-11.1		x	5		
ENS3	2017	v	2520352	4552636	216.7	50	14.6	12.1	16.7		0-50.0		4	Lef. 6.0-7.0 *			10		
AU16	2017		2520274	4552685	221.1	50	11			-	-	x	7	Lef. 8.0-9.0				10	x
ENS2	2017	v	2520272	4552603	235.1	50	18.8			-	-	x	4	Lef. 8.0-9.0 *			10		
F16	2017		2520128	4552695	244.0	40	19			-	-	x	8	Lef. 7.0-8.0			8		
S20	2015		2520125	4552668	249.3	30	3.8	1.3	2.6	-	3.0-30.0	-		Lef. 9.0-11.2	15.4-16.5		4	2	
S20bis	2015		2520125	4552668	249.3	30						x							

*(artesiano a p.c. sotto 22.5m)

* prova non riuscita

Tabella 2: Elenco prove geofisiche di pertinenza della tratta

Stendimenti sismici

ID	Campagna	Coordinate Gauss-Boaga		Coordinate Gauss-Boaga		Onde	
		Est	Nord	Est	Nord	P	S
AU14_masw	2017	2520609	4552689				x
AU15_masw	2017	2520514	4552663				x
AU16_masw	2017	2520274	4552685				x
K-K'_rifr	2017	2520673	4552720	2521041	4552704	x	
L-L'_rifr	2017	2520749	4552662	2520752	4552762	x	
I-I'_rifr	2017	2520195	4552692	2520000	4552681	x	
J-J'_rifr	2017	2520158	4552740	2520159	4552640	x	

Tabella 3: Elenco prove DPSH di pertinenza della tratta

Prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH

ID	Campagna	Coordinate Gauss-Boaga		Profondità [m]
		Est	Nord	
DPSH-NA-16	2017	2520833.956	4552641.040	3.6
DPSH-NA-02	2017	2520827.232	4552726.518	7.6
DPSH-NA-02 bis	2017	2520818.837	4552730.958	15
DPSH-NA-03	2017	2520746.648	4552728.732	12.8
DPSH-NA-15	2017	2520695.051	4552611.216	9.6
DPSH-NA-06	2017	2520651.792	4552719.841	15.8
DPSH-NA-07	2017	2520649.27	4552779.789	19.2
DPSH-NA-04	2017	2520591.789	4552705.567	22.6
DPSH-NA-05	2017	2520546.46	4552692.244	10.4
DPSH-NA-12	2017	2520560.738	4552603.432	10.2
DPSH-NA-08	2017	2520531.344	4552781.053	14
DPSH-BA-10	2017	2520344.565	4552735.362	9.2
DPSH-BA-07	2017	2520343.727	4552662.092	10.2
DPSH-BA-11	2017	2520405.016	4552492.246	12.8
DPSH-BA-04	2017	2520295.879	4552699.835	8.2
DPSH-BA-09	2017	2520247.19	4552739.798	8

**Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	10 di 111

DPSH-BA-03	2017	2520211.098	4552703.165	7.8
DPSH-BA-08	2017	2520154.015	4552722.035	9
DPSH-BA-06	2017	2520161.572	4552659.867	7.4

Tabella 4: Elenco delle prove di laboratorio di pertinenza della tratta

Sondaggio	Campagna	Campione	Profondità	Prove di laboratorio																
				dc	ft	w	γ_n	γ_{dry}	G_s	Gr_{vag}	Gr_{sed}	LLP	CL	Ed	TXUU	TXCU	TXCD	TD	RC	ELL
ENS4	2017	CI1	5.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X						
ENS4	2017	CI2	10.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X				X	
ENS4	2017	CI3	14.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
ENS4	2017	CR1	19.75	X	X	X	X			X	X	X	X							
ENS4	2017	CR2	25.25	X	X	X	X			X	X		X							
ENS4	2017	CR3	30.25	X	X	X	X			X	X	X	X							
ENS4	2017	CR4	35.25	X	X	X	X			X	X	X	X							
ENS4	2017	CR5	39.75	X	X	X	X			X	X	X	X							
ENS5	2017	CI1	9.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X					X	
ENS5	2017	CI2	14.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X					
ENS5	2017	CI3	19.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
ENS5	2017	CR1	5.25	X	X	X			X	X	X		X							
ENS5	2017	CR2	24.85	X	X	X	X		X	X	X		X							
F12	2017	CI1	5.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X				X	
F12	2017	CI2	10.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X						
F12	2017	CI3	15.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X			X	
F12	2017	CI4	20.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
F12	2017	CI5	30.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
F12	2017	CR1	25.2	X	X	X	X		X	X	X		X							
F12	2017	CR2	35.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
F12	2017	CR3	39.65	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
AU14	2017	CI1	5.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X		
AU14	2017	CI2	10.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X					X		
AU14	2017	CI3	15.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X				
AU14	2017	CI4	20.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X				
AU14	2017	CR1	25.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU14	2017	CR2	30.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU14	2017	CR3	35.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU14	2017	CR4	40.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU14	2017	CR5	45.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU14	2017	CR6	49.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
S17bis	2017	CI1	4.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X					X	
S17bis	2017	CI2	10.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X					X	
S17bis	2017	CI3	15.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X					
S17bis	2017	CI4	20.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X				X	

**Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOG	01 D 09	RB	OC0001 003	A	11 di 111

S17bis	2017	CI5	26.05	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
S17bis	2017	CR1	29.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X					X		X
F16	2017	CI1	5.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X		
F16	2017	CI2	10.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X		
F16	2017	CI3	15.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X					X		
F16	2017	CI4	20.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							X
F16	2017	CI5	25.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
F16	2017	CI6	30.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
F16	2017	CI7	35.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
F16	2017	CI8	39.65	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
S17	2015	CI1	5.225	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X				
S17	2015	CI2	9.7	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X		
S17	2015	CI3	15.325	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X				
S17	2015	CI4	20.375	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X				
S17	2015	CI5	24.8	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X					X	
S17	2015	CR6	25.695	X	X															
S19	2015	CI1	4.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X						
S19	2015	CI2	12.05	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X			X	
S19	2015	CI3	15.75	X	X															
S19	2015	CI4	19.45	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
S19	2015	CI5	24.3	X	X															
S20	2015	CI1	5.2	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X				
S20	2015	CI2	10.15	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
S20	2015	CI3	15.2	X	X	X			X	X	X	X	X							
S20	2015	CI4	19.55	X	X	X			X	X	X	X	X							
S20	2015	CR5	21.65	X	X															
S20	2015	CR6	24.75	X	X															
AU15	2017	CI1	2.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR1	9.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR2	15.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X							
AU15	2017	CR3	19.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR4	24.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR5	29.15	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR6	34.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR7	39.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR8	44.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU15	2017	CR9	49.45	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR1	4.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR2	10.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR3	14.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR4	19.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR5	24.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR6	29.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR7	34.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR8	39.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR9	44.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
AU16	2017	CR10	49.75	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	
ENS2	2017	CI1	5.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X				
ENS2	2017	CI2	10.25	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X	

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il tratto di versante est in destra idrografica del F. Ufita, tra l'imbocco della galleria Melito ed il fondovalle non sembra evidenziare morfologie riconducibili a deformazioni gravitative né attive né quiescenti. Tuttavia le indagini disponibili evidenziano spessori significativi di terreno di basse caratteristiche meccaniche; inoltre immediatamente a sud del tracciato, a circa 50-60 metri di distanza dalle opere in progetto, è presente un corpo di frana attiva.

Superato il corso d'acqua alla pk 9+850, per circa 50 metri è presente un'area di terrazzo alluvionale sub-pianeggiante, dopodiché il versante inizia a salire fino in corrispondenza dell'imbocco della galleria Rocchetta. L'intera porzione di versante fino alla pk 10+050 circa è caratterizzato da una frana attiva per colamento lento, ben evidenziata da marcate ondulazioni della superficie topografica, contropendenze e dal disallineamento degli alberi di ulivi presenti soprattutto nella porzione mediana e basale del versante.

Nell'area è presente la Formazione della Baronia; prevale il membro BNA2 costituito da argille siltose-marnose di colore grigiastro. Sul versante est è presente anche il membro BNA1b costituito da argille marnose e sabbie siltose alternate ad arenarie calcaree.

Il contesto geomorfologico in cui si inserisce il viadotto VI03 appare critico. Sul versante ovest è presente una frana attiva (vedasi Figura 2) per colamento con spessori dell'ordine di 5.0÷7.0 m, mentre sul versante est pur non essendo stato rilevato a livello morfologico un movimento franoso attivo si hanno spessori di oltre 10.0 m di terreno con basse caratteristiche meccaniche; tali resistenze sono paragonabili a quelle misurate nell'area di frana sul versante ovest.

Di seguito si riporta la descrizione geologica dei vari membri della Formazione della Baronia.

FORMAZIONE DELLA BARONIA - MEMBRO PELITICO-ARENACEO DEL F. MISCANO (BNA2).

Argille siltoso-marnose e silt argilloso di colore grigiastro, intensamente bioturbati, con rari piccoli gusci di molluschi; gradualmente si passa a siltiti, silt sabbiosi e sabbie a grana fine o molto fine con intercalazioni di silt argilloso-marnosi di colore grigiastro, lenti di sabbia e rare arenarie. La stratificazione è assente o mal definita, talora è visibile la laminazione piano-parallela per lo più obliterata dall'intensa bioturbazione. Ambiente di piattaforma neritica dal limite con l'epibatiale fino alla transizione con la spiaggia sommersa.

Nella parte intermedia del membro si intercalano, con geometria lentiforme ed assemblaggio caotico dei litotipi, argille e marne varicolori inglobanti ciottoli, olistoliti carbonatici, lembi di strati di arenarie e calcari marnosi e livelli di paraconglomerati ben cementati (BNA2b). Alla base presenta rapporti latero-verticali con BNA1 o un contatto inconforme con le unità pre-plioceniche. Potenza complessiva variabile tra 250 e 700m.

Pliocene inferiore

FORMAZIONE DELLA BARONIA - MEMBRO DEI CONGLOMERATI E DELLE SABBIE DI S. SOSSIO BARONIA (BNA1).

La formazione è costituita da due litofacies principali, considerate eteropiche: la litofacies ruditica è formata da conglomerati arrossati massivi con ciottoli arrotondati di ambiente alluvionale e costiero, cui

si intercalano lenti di arenarie e sabbie siltoso-marnose con laminazione piano-parallela ed incrociata (BNA1a).

La litofacies sabbiosa è formata da sabbie giallognole di ambiente litorale in strati a luoghi amalgamati, intensamente bioturbate, con intercalazioni siltoso-argillose; localmente si rinvencono livelli di arenarie ibride o di paraconglomerati ben cementati (BNA1b).

Contatto inconforme su varie unità. Potenza complessiva circa 400m.

Pliocene inferiore

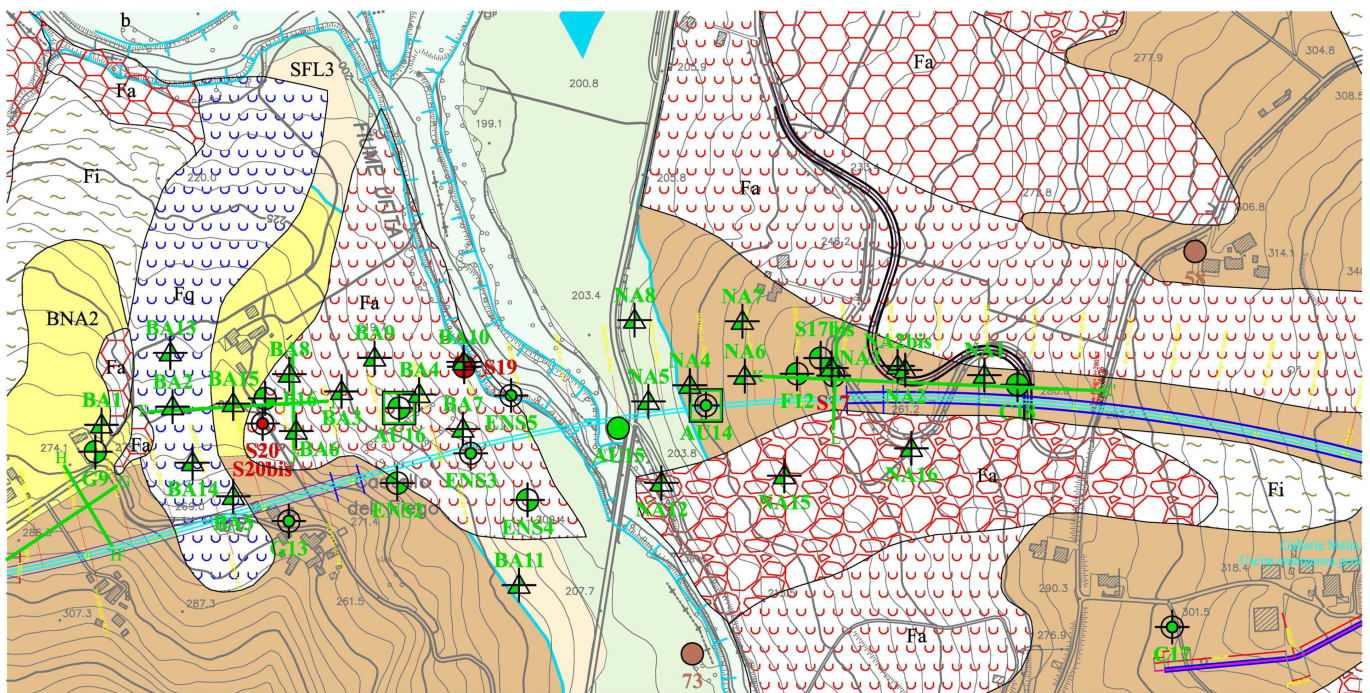


Figura 2: Stralcio della carta geomorfologica con individuate le aree in frana attiva (Fa)

5 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO ED INCLINOMETRICO

La quasi totalità della strumentazione di monitoraggio (piezometri e inclinometri) è stata installata recentemente per cui occorre proseguire le attività di monitoraggio almeno fino a tutto il prossimo periodo invernale/primaverile per avere a disposizione un periodo di osservazione significativo che consenta di definire con certezza i livelli di falda e le profondità dei movimenti di versante, soprattutto per quanto riguarda il versante est.

Nel grafico della figura seguente sono diagrammati le profondità di falda misurate nei piezometri installati da cui risultano livelli molto variabili da verticale a verticale.

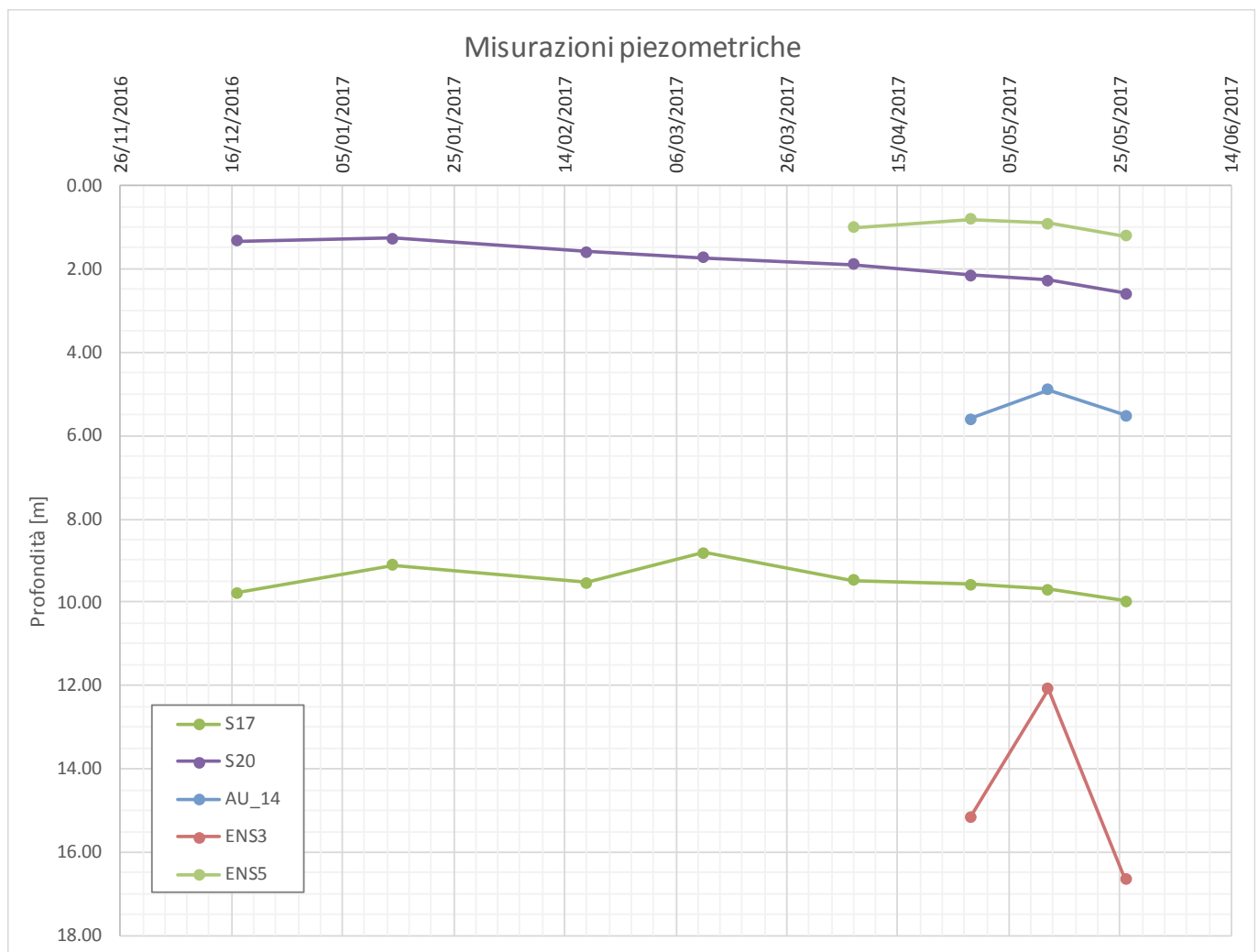


Figura 3: Misurazioni Piezometriche

6 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

Il tracciato attraversa versanti in cui sono presenti le unità tettoniche appartenenti alla Formazione della Baronia. Prevale il membro BNA2 costituito da argille siltose-marnose di colore grigiastro; sul versante est è presente anche il membro BNA1b costituito da argille marnose e sabbie siltose alternate ad arenarie calcaree. In prossimità del Fiume Ufita sono presenti depositi alluvionali di spessore limitato (6.0÷8.0 m) costituiti da argille, limi e ghiaie ad andamento lenticolare. Sul versante ovest è identificabile una coltre di frana attiva con spessori di 5.0÷7.0 m.

In particolare sono state individuate le seguenti unità litostratigrafiche:

- Coltre: coltre di frana, argille e argille limose di colore ocra;
- ALL2_S: sabbia e sabbia limosa;
- BNA1b: Formazione della Baronia, argille marnose e sabbie siltose alternate ad arenarie calcaree;
- BNA2: Formazione della Baronia, argille siltose-marnose di colore grigiastro.

Sulla base dell'interpretazione delle prove lungo l'asse ferroviario è stato elaborato il profilo geotecnico di riferimento, riportato nell'elaborato Ref. 5.

7 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si descrivono le principali correlazioni ed i criteri adottati per l'interpretazione delle prove in sito.

7.1 Velocità delle onde di taglio Vs

In primo luogo è si procede ad una sintesi dei valori di Vs misurati direttamente tramite prove geofisiche quali MASW e Down Hole. Questi valori vengono integrati e messi a confronto con le determinazioni possibili a partire dal valore di N_{spt} misurato in foro di sondaggio.

In particolare la velocità delle onde di taglio nel terreno è stata determinata a partire dai valori di N_{spt} in funzione:

- della tipologia di terreno (argille, sabbie, ghiaie, ...);
- della profondità (z in m).

Di seguito si riportano le correlazioni adottate, ricavate dalla letteratura tecnica:

Autore	Correlazione	applicabilità
Ohta & Goto (1978)	$v_s = 62.1 \cdot N_{SPT}^{0.22} \cdot z^{0.23}$	per terreni argillosi
Lee (1992)	$v_s = 84.5 \cdot N_{SPT}^{0.12} \cdot (z+1)^{0.25}$	per terreni argillosi
Ohta & Goto (1978)	$v_s = 67.8 \cdot N_{SPT}^{0.22} \cdot z^{0.23}$ (sabbia fine) $v_s = 63.9 \cdot N_{SPT}^{0.22} \cdot z^{0.23}$ (sabbia media) $v_s = 66.7 \cdot N_{SPT}^{0.22} \cdot z^{0.23}$ (sabbia grossolana)	per terreni sabbiosi
Seed et al. (1986)	$v_s = 85.0 \cdot N_{SPT}^{0.17} \cdot z^{0.20}$	per terreni sabbiosi
Ohta & Goto (1978)	$v_s = 92.3 \cdot N_{SPT}^{0.22} \cdot z^{0.23}$	per terreni ghiaiosi
Ohta & Goto (1978)	$v_s = 61.6 \cdot N_{SPT}^{0.25} \cdot z^{0.22}$	per tutte le tipologie di terreno

7.2 Moduli elastici a piccole deformazioni G_0 ed E_0

A partire dai valori di v_s si risale ai moduli G_0 ed E_0 sfruttando le formulazioni della teoria dell'elasticità, si noti che per i valori di v_s derivanti da N_{spt} si è scelto di utilizzare la correlazione proposta da Ohta & Goto (1978) valevole per tutte le tipologie di terreno:

$$G_0 = \rho \cdot V_s^2.$$

$$E_0 = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot G_0 = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \rho \cdot V_s^2.$$

assumendo:

$$\rho = \frac{\gamma}{g}, \quad \text{con: } \gamma = 19 \text{ kN/m}^3, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad \nu = 0.3$$

In aggiunta, i valori di tali moduli possono essere determinati a partire dal modulo pressiometrico a piccole deformazioni (E_m) derivante dalle prove effettuate in foro. In particolare il modulo E_0 è direttamente correlabile al modulo pressiometrico a piccole deformazioni attraverso un coefficiente reologico α scelto secondo quanto proposto da Briaud (1992):

$$E_0 = \alpha \cdot E_m,$$

con

$\alpha = 1.0$:	terreni argillosi
$\alpha = 0.5$:	terreni sabbiosi fini
$\alpha = 0.3$:	terreni sabbiosi medi
$\alpha = 0.25$:	terreni ghiaiosi.

Il modulo di taglio G_0 a piccole deformazioni è legato al modulo E_0 dalla relazione:

$$G_0 = \frac{E_0}{2 \cdot (1 + \nu)} = \frac{\alpha \cdot E_0}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

7.3 Moduli elastici operativi E

La determinazione del modulo elastico utilizzabile in calcoli geotecnici è influenzato dal livello deformativo cui è soggetto il terreno a seguito del fenomeno studiato e quindi del relativo fattore di sicurezza adottato. In particolare il livello deformativo può essere legato al parametro:

$$\frac{q}{q_{ult}} = \frac{1}{FOS},$$

con:

q	=	tensione mobilitata,
q_{ult}	=	tensione ultima,

FOS = Fattore di sicurezza.

Secondo Burns & Mayne (1996) si può quindi determinare il rapporto tra il modulo operativo da utilizzare e il modulo elastico a piccole deformazioni E_0 mediante la relazione seguente.

$$\frac{E}{E_0} = 1 - \left(\frac{q}{q_{ult}} \right)^{0.3}$$

Considerando i due casi quindi di:

- Rilevati, FOS≈1.375;
- Fondazioni e Opere di Sostegno, FOS≈3;

è possibile calcolare il rapporto tra i moduli come segue:

$$E \approx \frac{E_0}{10} \text{ per il cedimento di rilevati;}$$

$$E \approx \frac{E_0}{5} \text{ per il cedimento delle opere di sostegno e per le fondazioni.}$$

7.4 Materiali Incoerenti

7.4.1 Densità Relativa D_R

La valutazione della densità relativa è stata fatta secondo le determinazioni da letteratura tecnica a partire dal valore di N_{spt} misurato in foro di sondaggio. Di seguito si presentano le correlazioni utilizzate ed il relativo ambito di validità.

Autore	Correlazione
Gibbs e Holtz (1957)	$D_R = 1.5 \cdot \left(\frac{N_{spt}}{F} \right)^{0.222} - 0.6$ $F = 0.65 \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right)^2 + 16.8 \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right) + 14$
Meyerhof (1957)	$D_R = 0.21 \cdot \sqrt{\frac{N_{spt}}{\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} + 0.7}}$

Bazaara (1967)	$D_R = \sqrt{\frac{N_{spt}}{20 \cdot \left(a + b \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)}}$ $\text{con} \begin{cases} a = 1; b = 4.1 & \text{per } \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \leq 0.732 \\ a = 3.24; b = 1.024 & \text{per } \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} > 0.732 \end{cases}$
Skempton (1986)	$D_R = \sqrt{\frac{C_N \cdot N_{spt}}{60}}$ $C_N = \begin{cases} \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} & \text{per sabbie fini} \\ \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} & \text{per sabbie grosse} \end{cases}$
Yoshida & Kokusho (1988)	$D_R = 0.22 \cdot N_{spt}^{0.57} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{-0.14} \quad \text{per sabbia fine}$ $D_R = 0.18 \cdot N_{spt}^{0.57} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{-0.14} \quad \text{per sabbia 75\%, ghiaia 25\%}$ $D_R = 0.25 \cdot N_{spt}^{0.44} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{-0.13} \quad \text{per sabbia 50\%, ghiaia 50\%}$ $D_R = 0.25 \cdot N_{spt}^{0.46} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{-0.12} \quad \text{per tutti i terreni granulari}$

7.4.2 Angolo d'Attrito efficace ϕ'

Per la determinazione del valore dell'angolo d'attrito efficace nei terreni granulari si è proceduto secondo due metodologie: una diretta basata sul valore di N_{spt} misurato in foro di sondaggio ed una indiretta a partire dal valore

di densità relativa attraverso la correlazione di Skempton (1986) per i terreni sabbiosi e Yoshida & Kokusho (1988) per le ghiaie.

Per la determinazione diretta si è fatto riferimento alle seguenti formulazioni:

- Peck, Hanson & Thornburn (1974) approssimata con l'equazione di Wolff (1989);

$$\varphi[\circ] = 27.1 + 0.3 \cdot C_N \cdot N_{spt} - 0.00054 \cdot (C_N \cdot N_{spt})^2$$

$$C_N = \begin{cases} \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} & \text{per sabbie fini} \\ \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} & \text{per sabbie grosse} \end{cases}$$

- Schmertmann (1975) corrispondente all'equazione di Kulhawy & Mayne (1980)

$$\varphi' = \tan^{-1} \left(\frac{N_{spt}}{12.2 + 20.3 \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)} \right)^{0.34}$$

Per la determinazione indiretta si è fatto riferimento alle seguenti formulazioni:

- Schmertmann (1977)

$$\varphi'[\circ] = 28 + 0.14 \cdot D_R \text{ per Sabbia fine uniforme}$$

$$\varphi'[\circ] = 31.5 + 0.115 \cdot D_R \text{ per Sabbia media uniforme e sabbia fine ben gradata}$$

$$\varphi'[\circ] = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \text{ per Sabbia grossa uniforme e sabbia ben gradata}$$

$$\varphi'[\circ] = 38 + 0.08 \cdot D_R \text{ per Ghiaia media e fine e sabbia e ghiaia poco limosa}$$

- Correlazione da Eurocodice 7 per sabbie silicee

D_R	Grana Fine	Grana Media
[%]	Ben gradata	Ben Gradata

40	36	38
60	38	41
80	41	43
100	43	44

7.5 Materiali coesivi

7.5.1 Coesione Non-Drenato C_u

Il valore di coesione non drenata è stato determinato a partire dal valore di N_{spt} misurato in foro di sondaggio mediante la correlazione di Stroud (1974):

$$C_u = f_1 \cdot N_{60},$$

con $f_1 = 5$.

7.5.2 Rapporto di Sovraconsolidazione OCR

Secondo quanto riportato nelle British Standard BS 8004:2015 il rapporto tra la coesione non drenata (C_u) e la tensione verticale efficace può essere correlato al valore del rapporto di sovraconsolidazione mediante la seguente relazione:

$$\frac{C_u}{\sigma'_{v0}} = k_1 \cdot OCR^{k_2},$$

con: $k_1 = 0.23$ $k_2 = 0.8$.

Invertendo la correlazione sopra riportata è possibile quindi determinare il valore del rapporto di sovraconsolidazione in funzione del valore di C_u e della tensione verticale efficace come riportato sotto.

$$OCR = \left(\frac{1}{k_1} \cdot \frac{C_u}{\sigma'_{v0}} \right)^{\frac{1}{k_2}}$$

7.5.3 Modulo Elastico non-drenato E_u

Il valore del modulo elastico non drenato è stato stimato a partire dal valore di C_u mediante la relazione riportata di seguito (vedasi Figura 4):

$$E_{u,50} = k \cdot C_u$$

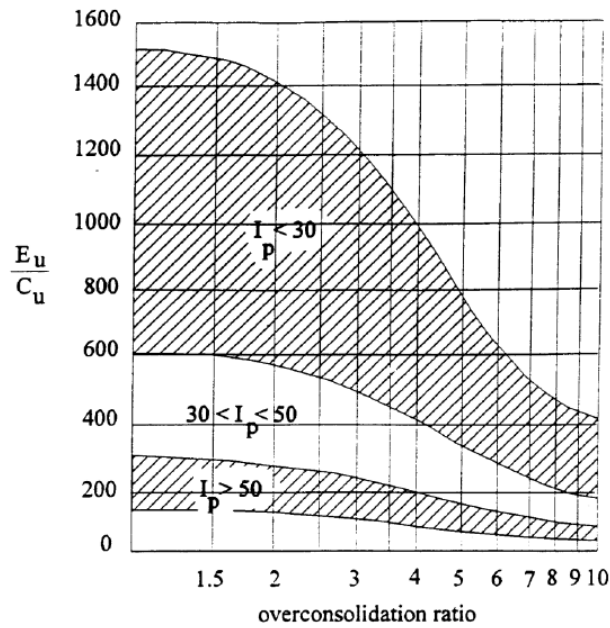


Figura 4: Correlazione di Duncan e Buchignani (1976)

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE DA pk 9+550 A pk 10+075

Si ritiene opportuno evidenziare che il contesto geomorfologico in cui si inserisce il viadotto VI03 appare critico. Sul versante ovest è presente una frana attiva per colamento con spessori dell'ordine di 5.0÷7.0 m, mentre sul versante est pur non essendo stato rilevato a livello morfologico un movimento franoso attivo si hanno spessori di oltre 10.0 m di terreno con basse caratteristiche meccaniche; tali resistenze sono paragonabili a quelle misurate nell'area di frana sul versante ovest.

La quasi totalità della strumentazione di monitoraggio (piezometri e inclinometri) è stata installata recentemente per cui occorre proseguire le attività di monitoraggio almeno fino a tutto il prossimo periodo invernale/primaverile per avere a disposizione un periodo di osservazione significativo che consenta di definire con certezza i livelli di falda e le profondità dei movimenti di versante.

Sulla base delle indagini disponibili sono state individuate le seguenti unità geotecniche:

Coltre: coltre di frana, argille e argille limose di colore ocra;

ALL2_S: sabbia e sabbia limosa;

BNA2: Formazione della Baronìa, argille siltose-marnose di colore grigiastro;

BNA1b: Formazione della Baronìa, argille marnose e sabbie siltose alternate ad arenarie calcaree.

Si segnala che le resistenze di punta misurate con le DPSH nella coltre di frana sono paragonabili a quelle riscontrate nei primi 10÷15 m della formazione BNA1b.

Nella Tabella 5 si riporta la stratigrafia di riferimento e la profondità di falda per il tratto compreso tra la pk 9+550 e la pk 10+075. Nella Tabella 6 si riportano gli intervalli di variazione dei parametri geotecnici caratteristici. A seguire si riporta la sintesi grafica dell'interpretazione delle indagini di pertinenza con rappresentato i range indicati in Tabella 6.

A partire dalla caratterizzazione geotecnica generale della tratta, nei paragrafi successivi sono individuate delle sottotratte omogenee in termini sia stratigrafici che di parametri geotecnici.

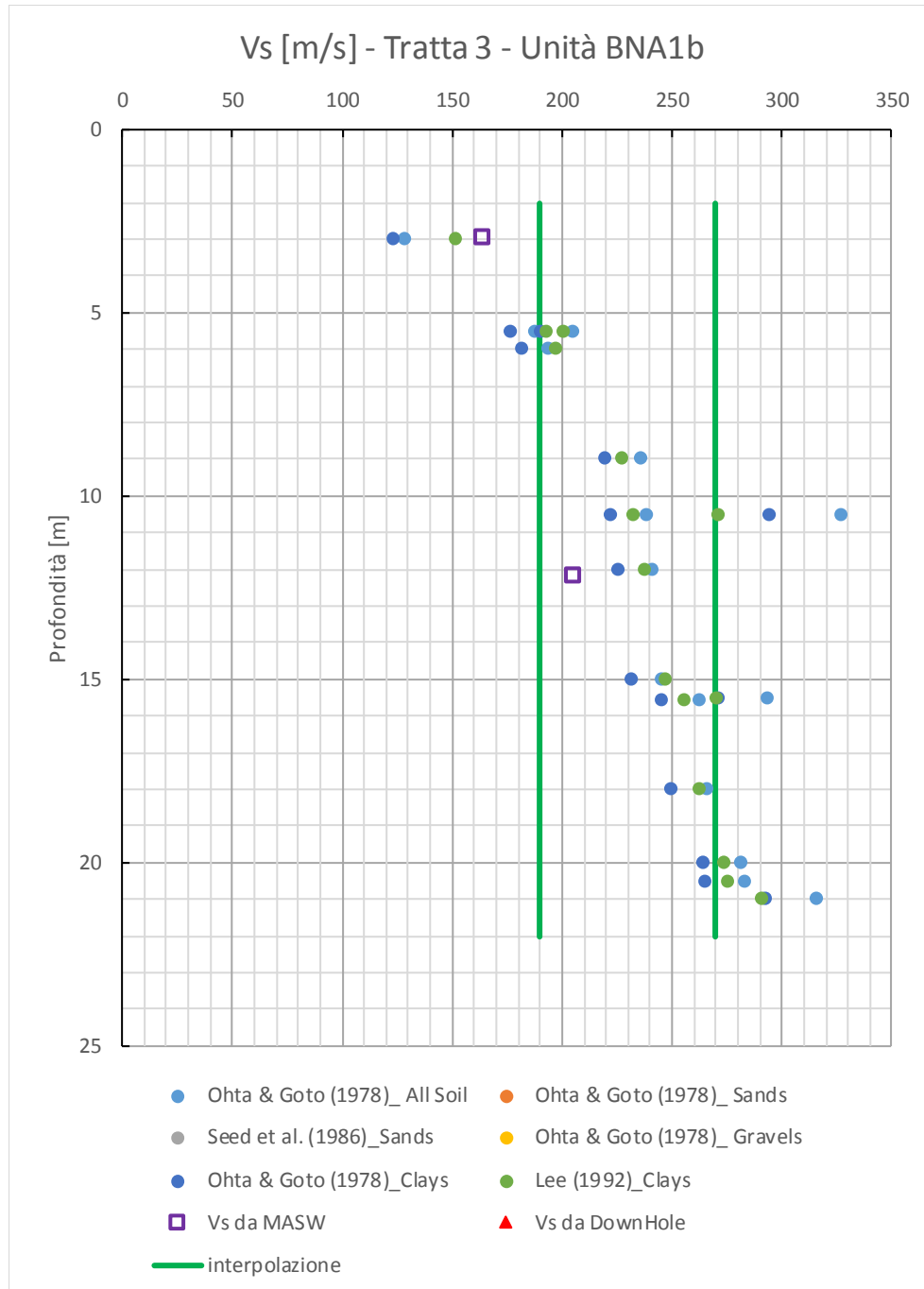
Tabella 5: Stratigrafia e falda di riferimento da pk 9+550 a pk 10+075.

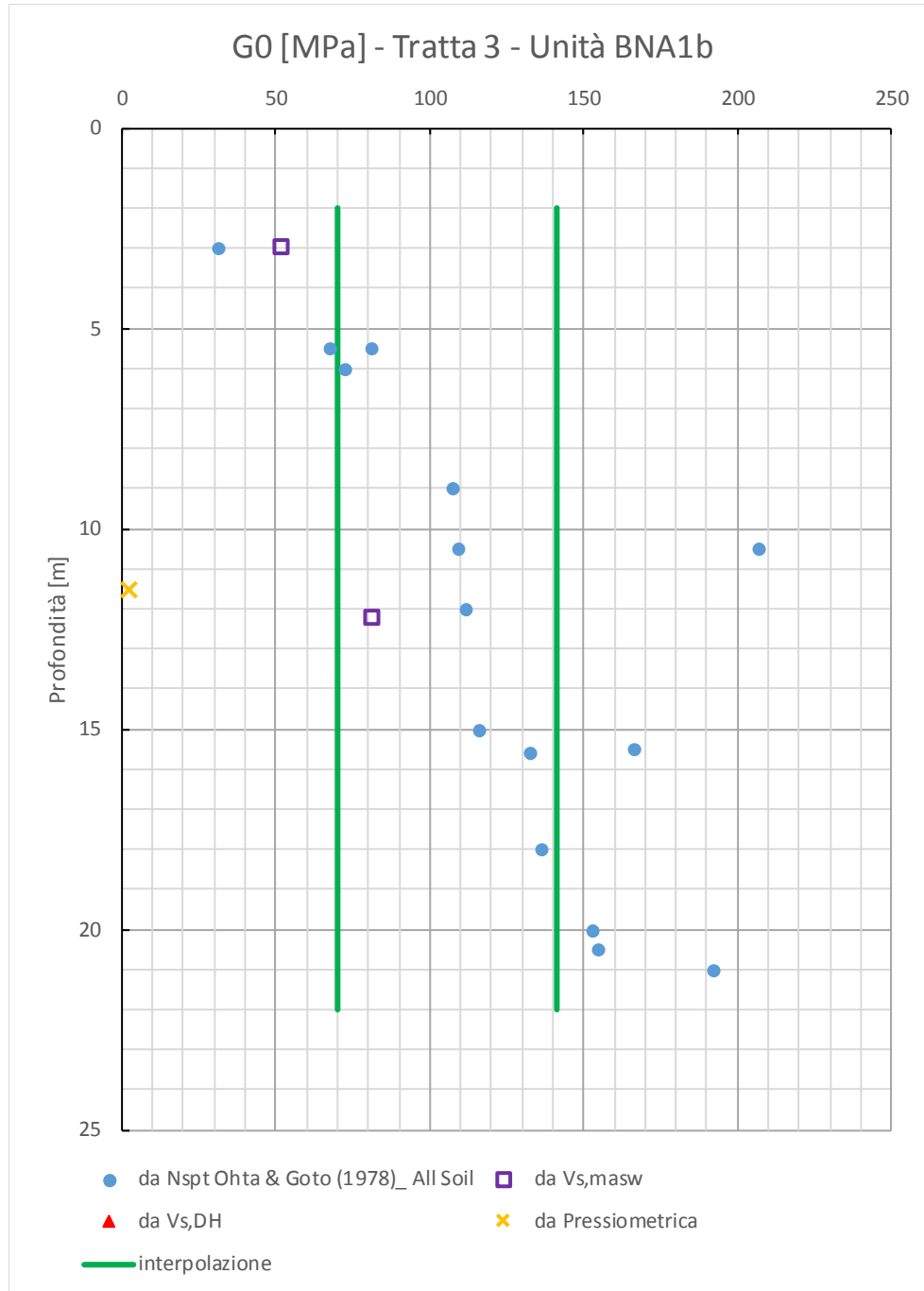
Stratigrafia			Falda	
Quota base strato [m s.l.m.]	Spessore strato [m]	Unità di riferimento	Quota [m s.l.m.]	Profondità da p.c. [m]
var.	15.0÷23.0	BNA1b	var.	0.00
var.	1.5÷7.5	ALL2_S		
var.	5.0	Coltre		
var.	>30.0	BNA2		

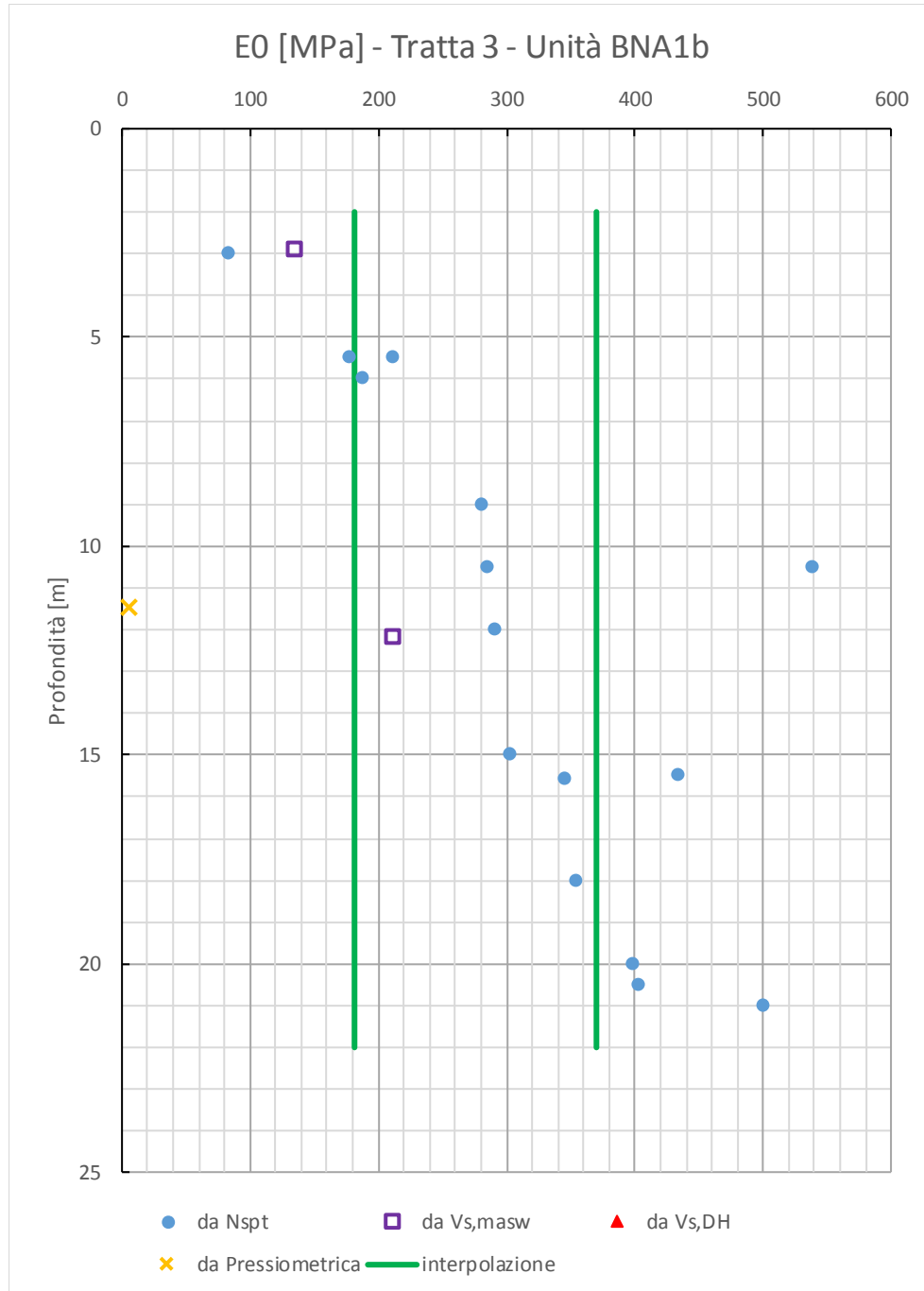
Tabella 6: Parametri geotecnici caratteristici da pk 9+550 a pk 10+075 (valore medio indicato tra parentesi quadre []).

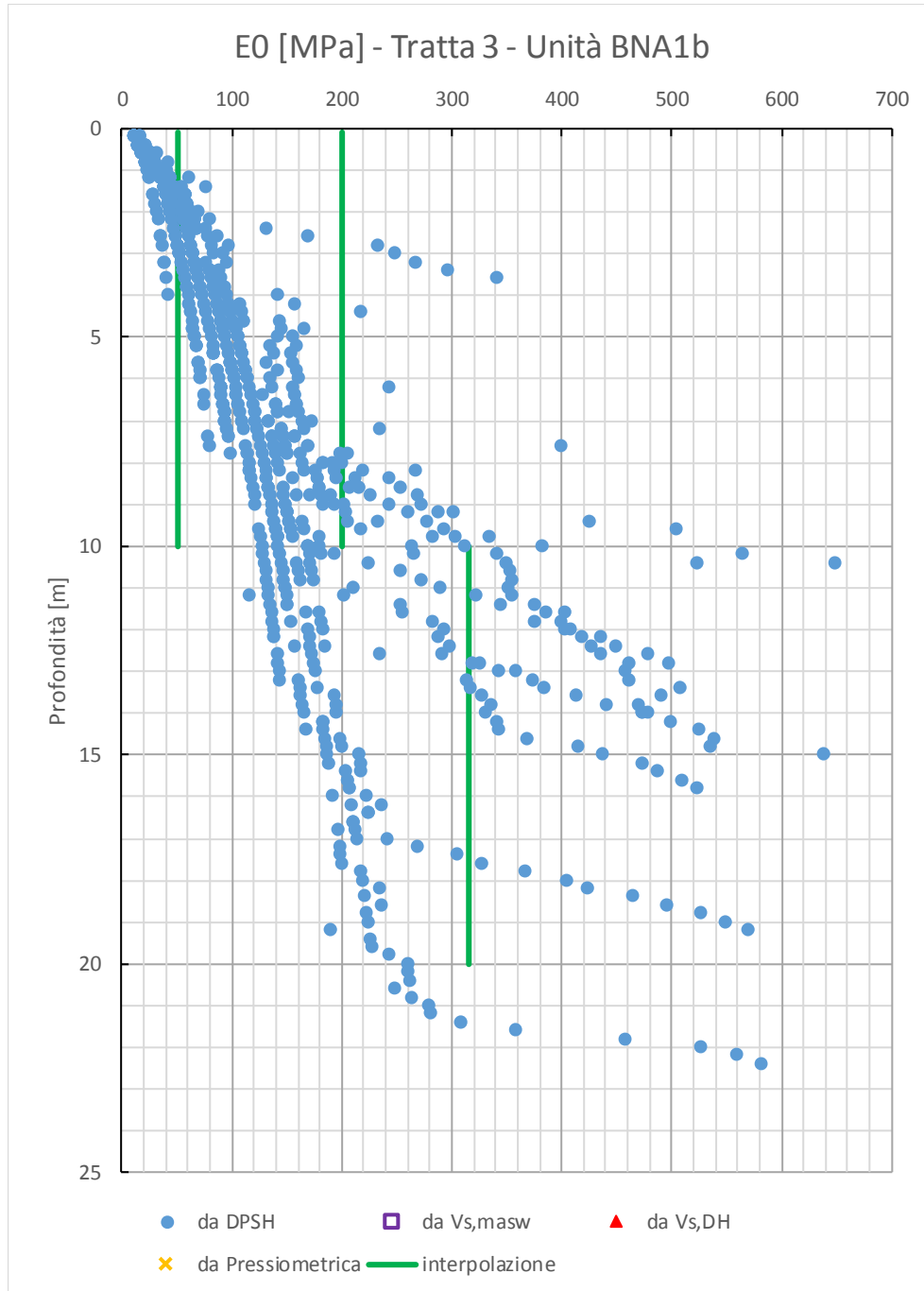
	Coltre	ALL2_S	BNA1b		BNA2	
γ [kN/m ³]	19.0÷21.0 [20]	18.0÷20.0 [19]	19.0÷21.0 [20]		20÷23 [21]	
w [%]	18÷23 [20]	-	18÷24 [20]		10÷18 [13]	
LL [%]	25÷50 [38]	-	30÷55 [45]		30÷65 [50]	
$q_u/2$ [kPa]	-	-	-		z>30m	2500÷3500 [2500]
c_u [kPa]	10÷80 [25] (***)	-	z≤10m	20÷100 [30] (***)	z≤15m	200÷500 [300]
			z>10m	80÷180 [60] (***)	z≤30m	350÷500 [400]
					z>30m	2500÷3500 [2500]
ϕ' [°]	18÷22 [21]	25÷30 [28]	20÷25 [22]		22÷26 [23]	
c' [kPa]	0÷5 [0]	0	5÷20 [2 fino a 10m, 10 da 10m]		18÷30 [20]	
E_u/C_u	485÷605 [605]	-	403÷605 [605 fino a 10m, 559 da 10m]		169÷559 [485]	
E_0 [MPa]	28÷165 [45] (***)	110÷200 [165]	z≤10m	50÷200 [180] (***)	z≤15m	315÷805 [395]
			z>10m	180÷370 [315]	z>15m	615÷1810 [725]
$E_{op,1}$ (*) [MPa]	5.6÷32 [9] (***)	22÷40 [33]	z≤10m	10÷40 [36] (***)	z≤15m	63÷161 [79]
			z>10m	36÷72 [63]	z>15m	123÷362 [145]
$E_{op,2}$ (**) [MPa]	2.8÷16.5 [4.5] (***)	11.0÷20.0 [16.5]	z≤10m	5.0÷20.0 [18.0] (***)	z≤15m	31.5÷80.5 [39.5]
			z>10m	18.0÷37.0 [31.5]	z>15m	61.5÷181.0 [72.5]
c_r [-]	$1.0 \cdot 10^{-2} \div 2.0 \cdot 10^{-2}$ [1.5·10 ⁻²]	-	$5.0 \cdot 10^{-3} \div 3.0 \cdot 10^{-2}$ [1.5·10 ⁻²]		$5.0 \cdot 10^{-3} \div 1.5 \cdot 10^{-2}$ [1.0·10 ⁻²]	
c_c [-]	$1.0 \cdot 10^{-1} \div 1.5 \cdot 10^{-1}$ [1.2·10 ⁻¹]	-	$7.0 \cdot 10^{-2} \div 1.0 \cdot 10^{-1}$ [8.4·10 ⁻²]		$6.0 \cdot 10^{-2} \div 1.0 \cdot 10^{-1}$ [7.5·10 ⁻²]	
c_{ae}	$2.5 \cdot 10^{-3} \div 3.0 \cdot 10^{-3}$ [2.7·10 ⁻³]	-	$2.5 \cdot 10^{-3} \div 3.1 \cdot 10^{-3}$ [2.7·10 ⁻³]		$1.7 \cdot 10^{-3} \div 2.6 \cdot 10^{-3}$ [2.1·10 ⁻³]	
c_v [m ² /s]	$1.3 \cdot 10^{-5} \div 6.9 \cdot 10^{-5}$ [2.5·10 ⁻⁵]	-	$6.9 \cdot 10^{-6} \div 4.5 \cdot 10^{-5}$ [1.3·10 ⁻⁵]		$6.9 \cdot 10^{-6} \div 4.9 \cdot 10^{-5}$ [1.3·10 ⁻⁵]	
e_0 [-]	0.55÷0.65 [0.6]	0.65÷0.7 [0.67]	0.55÷0.65 [0.6]		0.35÷0.5 [0.4]	
OCR [-]	1÷3 [1] (***)	-	1÷4 [1 fino a 10m, 2 da 10m] (***)		2÷10 [3]	
ν' [-]	0.3	0.3	0.3		0.3	
k [m/s]	No dati disponibili	$1.35 \cdot 10^{-6} \div 1.4 \cdot 10^{-6}$ [1.38·10 ⁻⁶]	$2.5 \cdot 10^{-9} \div 1.4 \cdot 10^{-8}$ [8.0·10 ⁻⁹]		$6.0 \cdot 10^{-10} \div 3.0 \cdot 10^{-7}$ [5.0·10 ⁻⁹]	

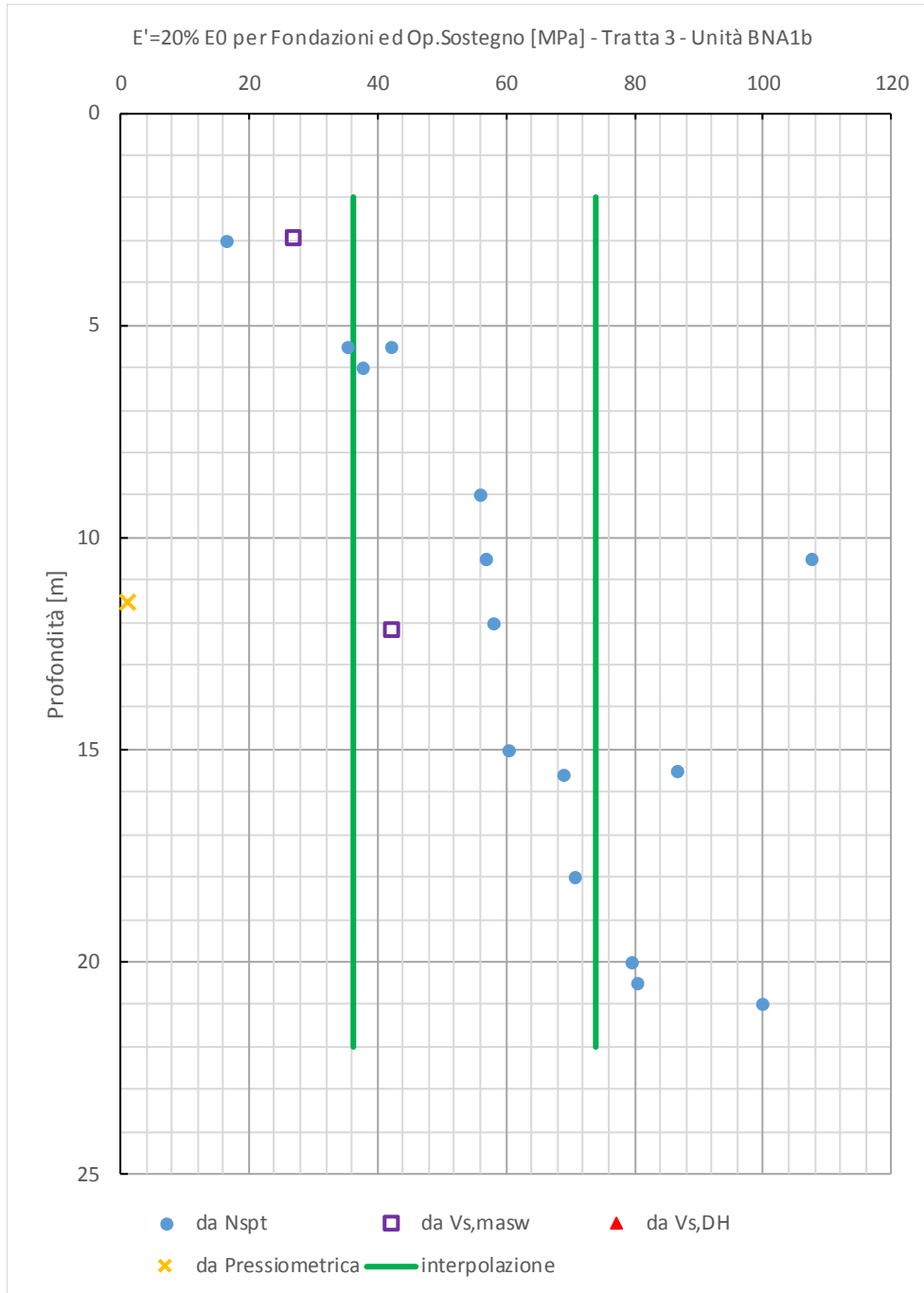
(***) Parametri valutati da prove DPSH dedicate

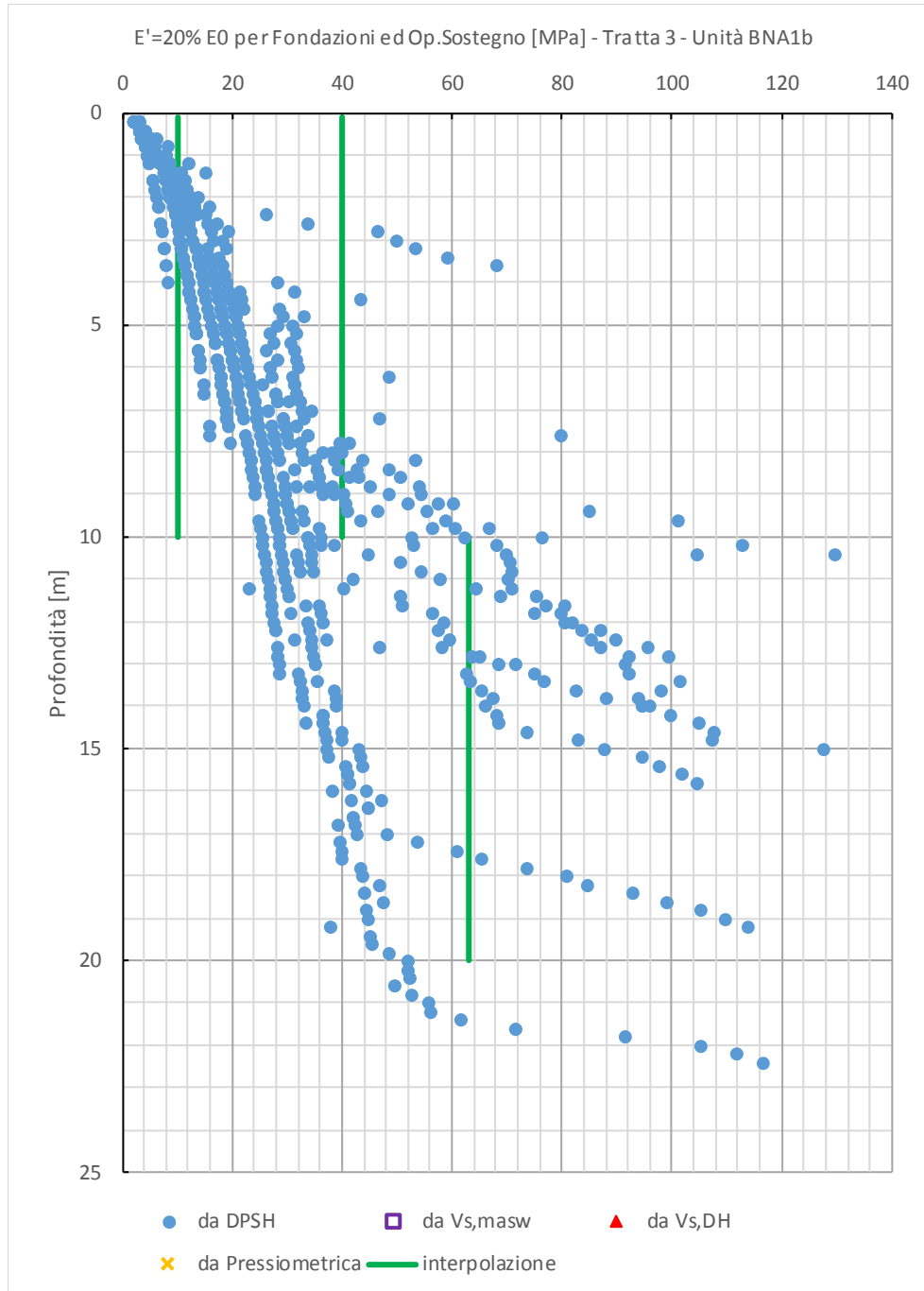


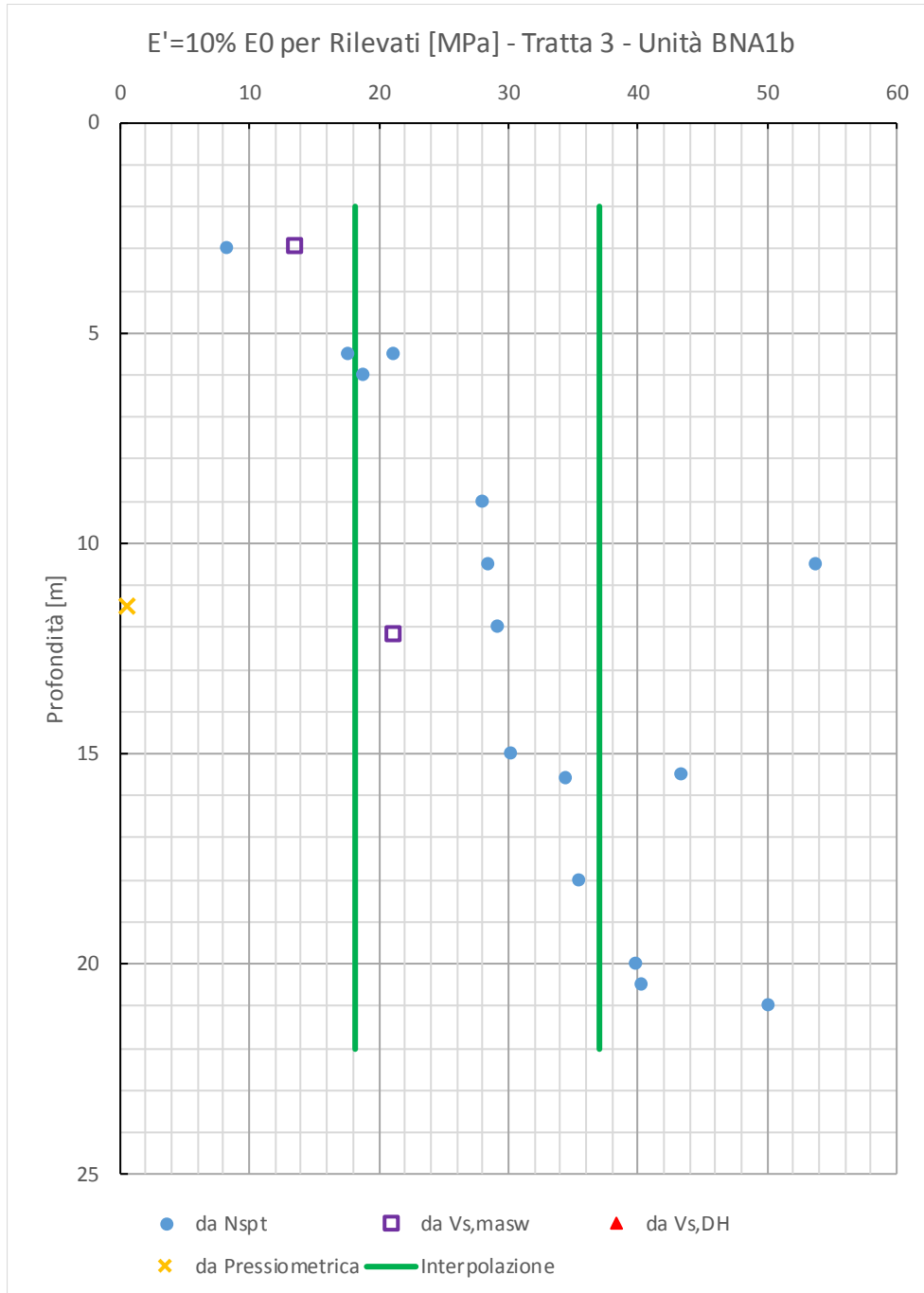


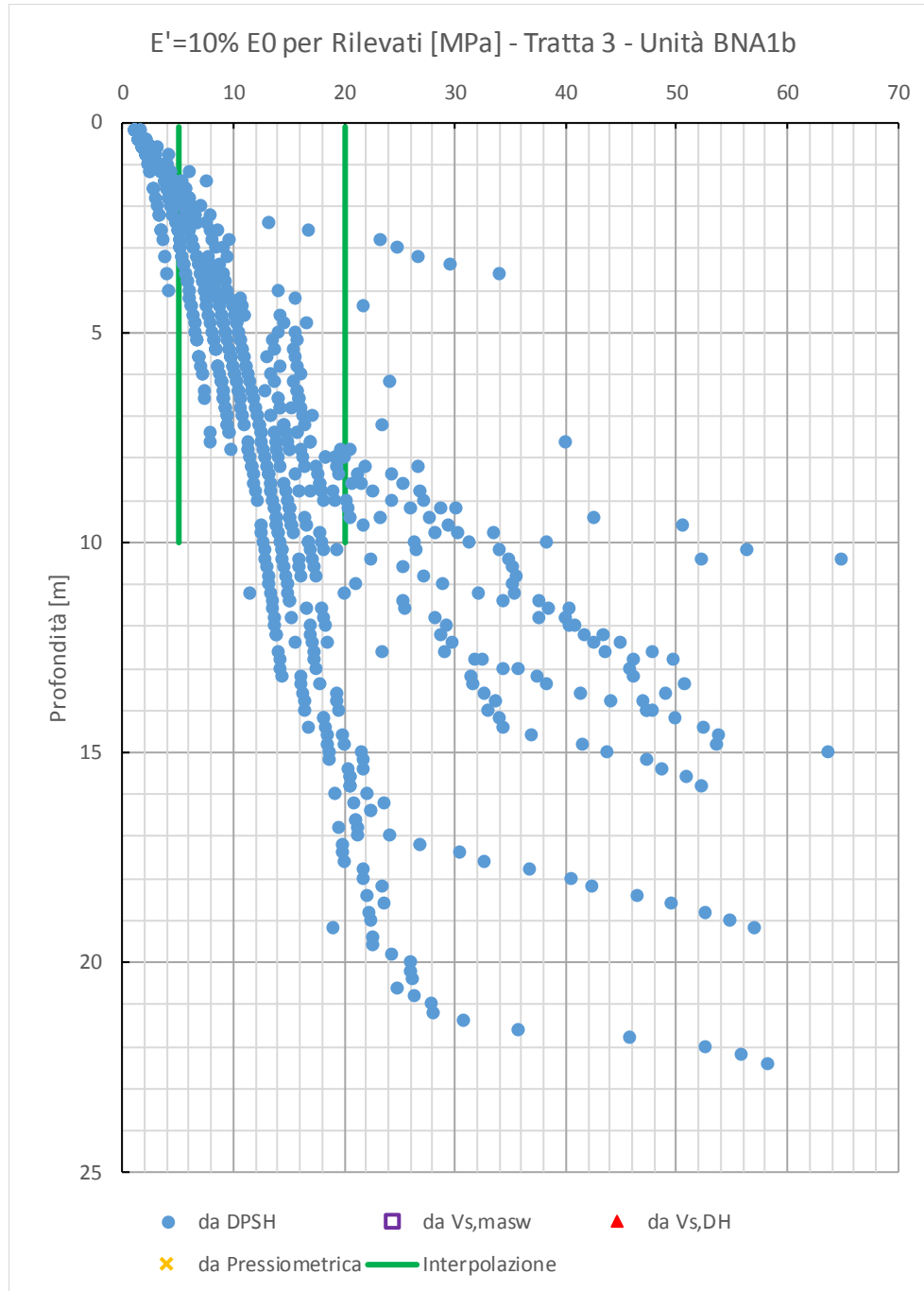




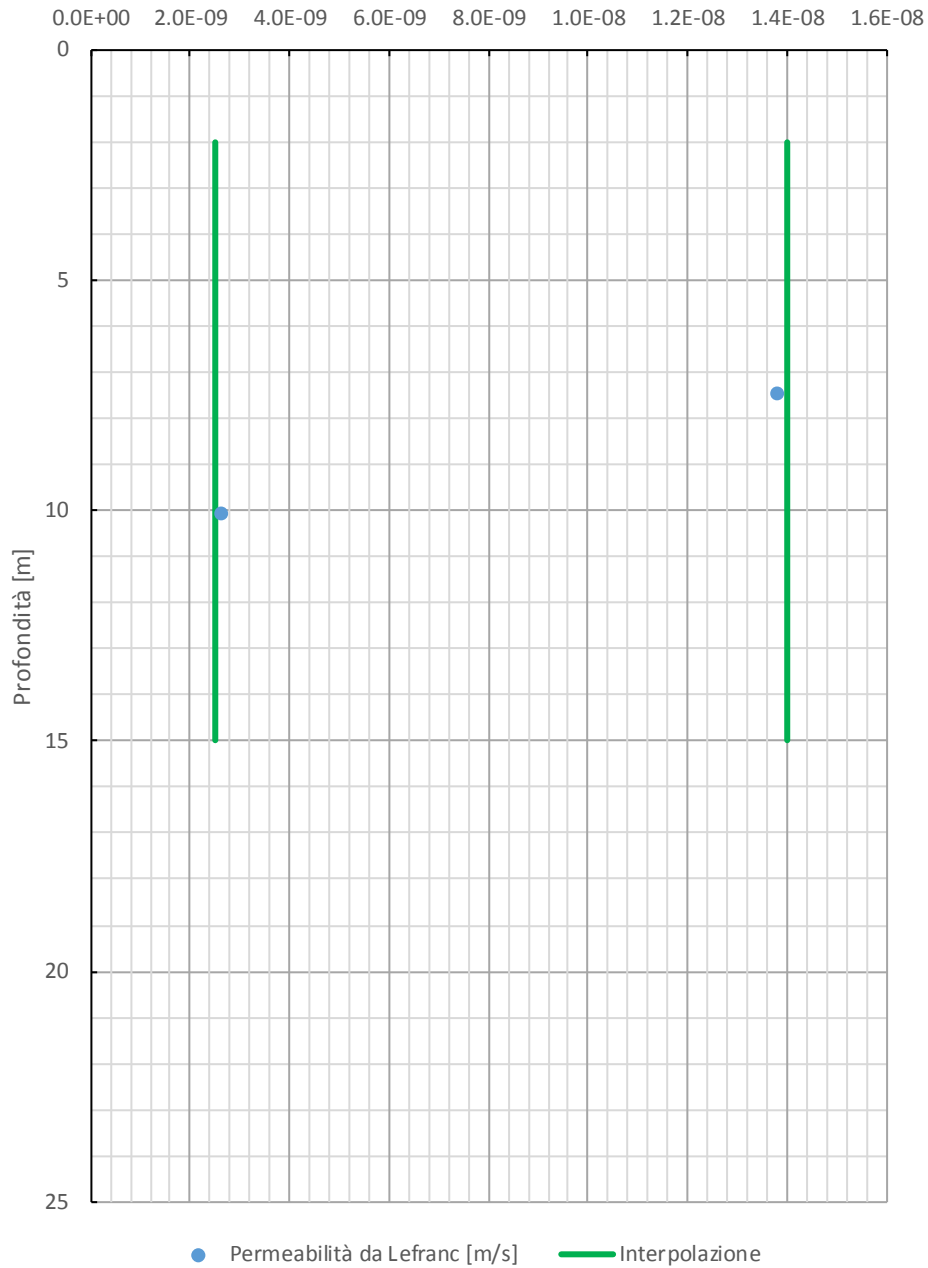


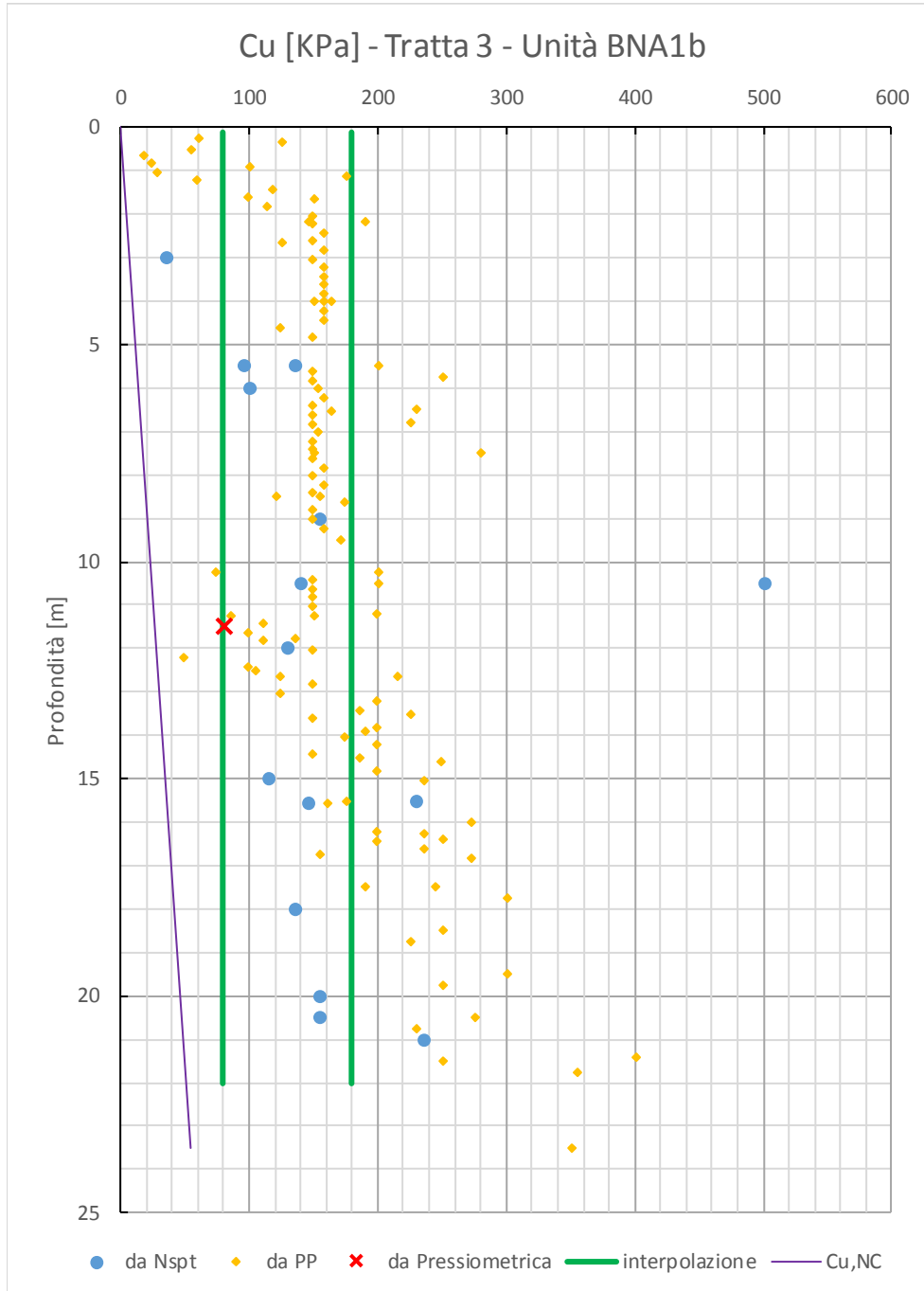


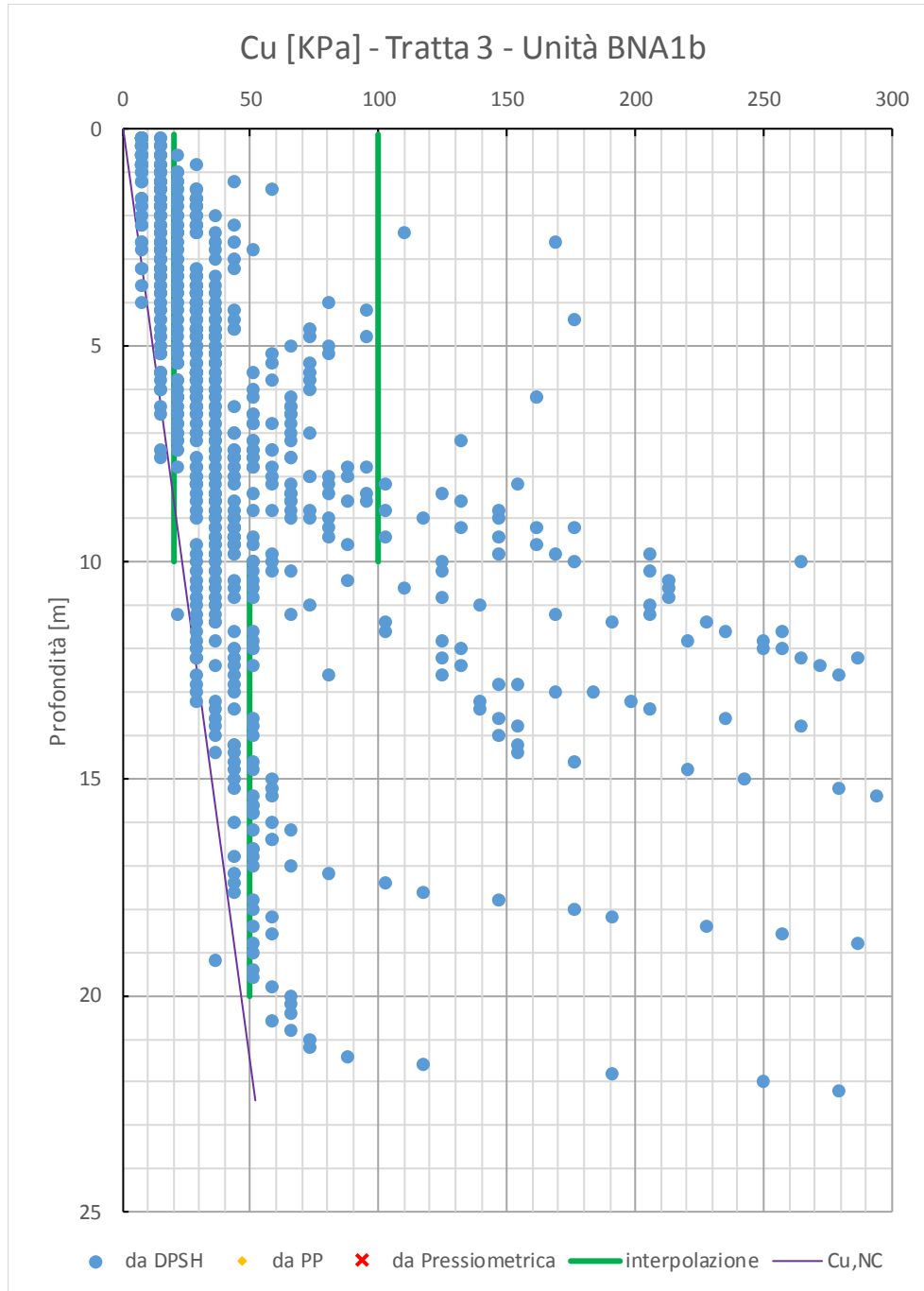


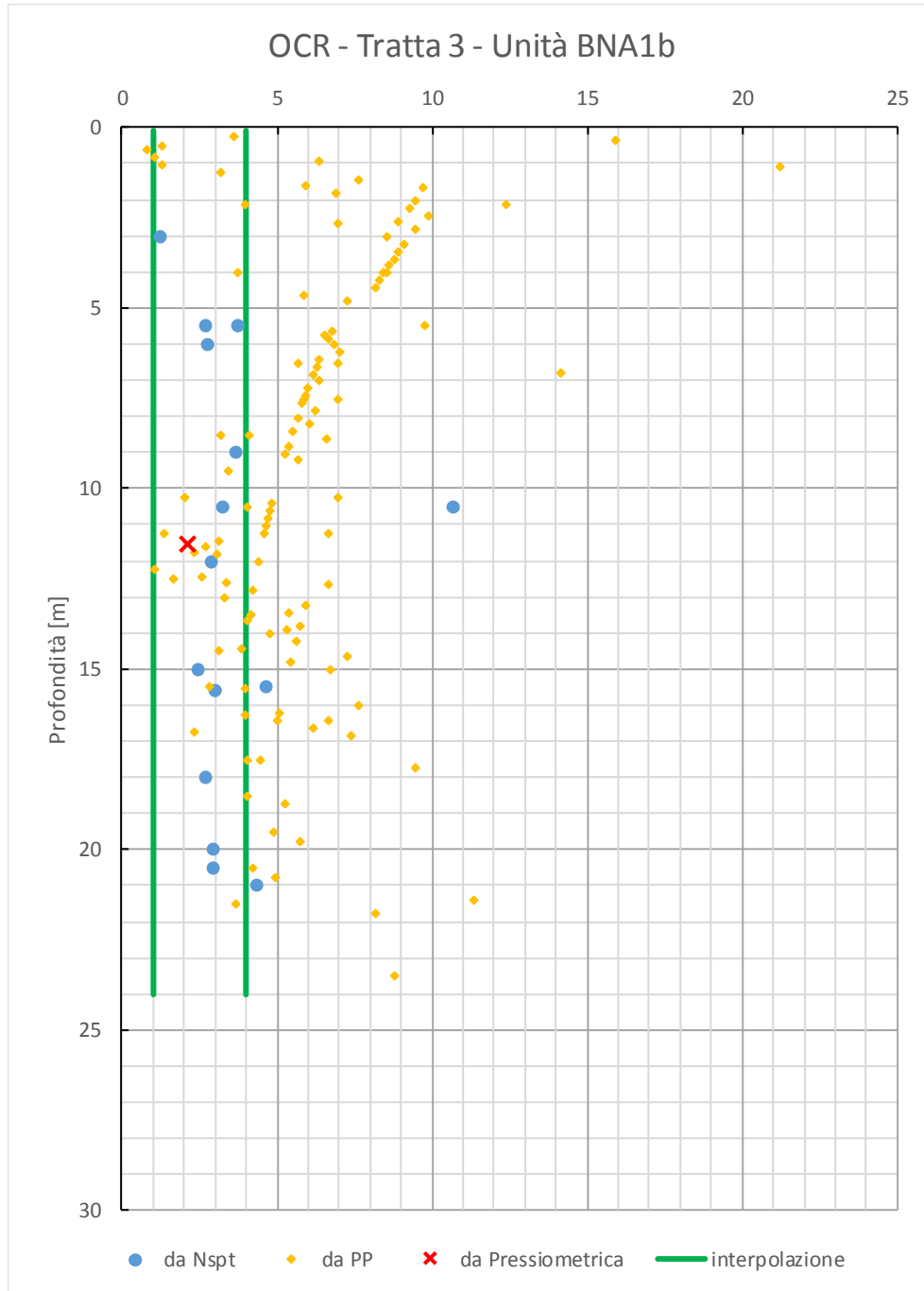


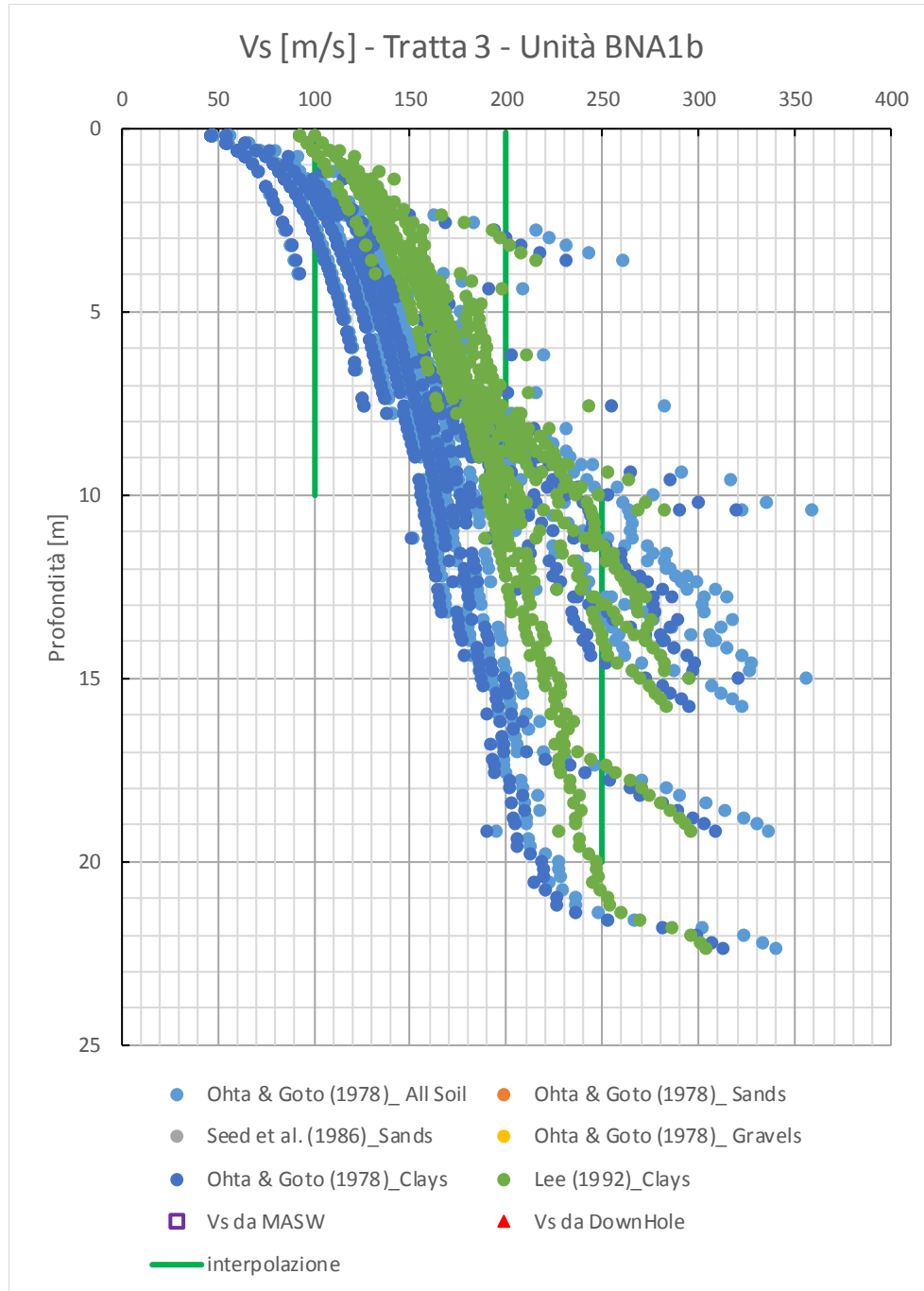
Permeabilità da Lefranc [m/s] - Tratta 3 - Unità BNA1b

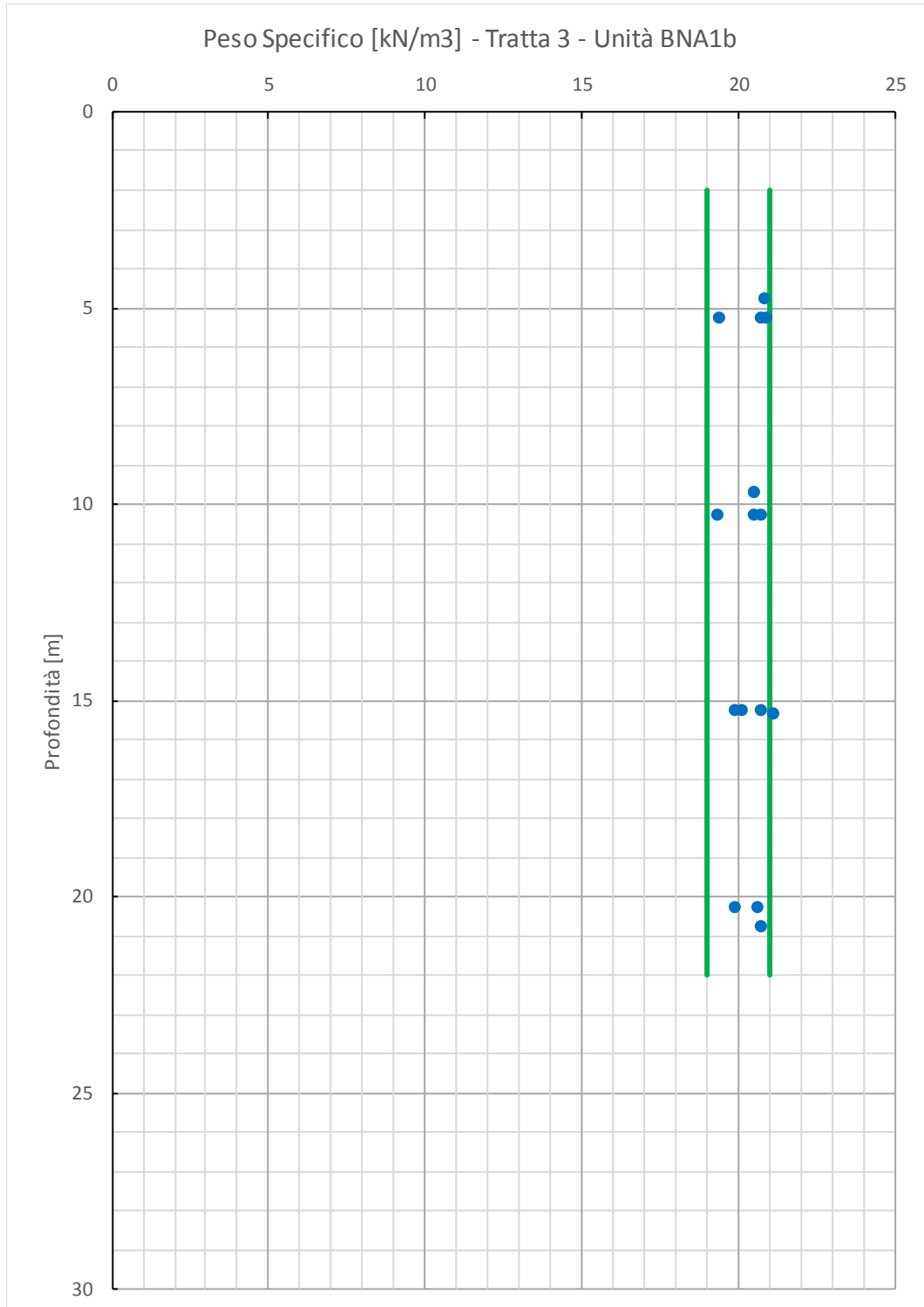


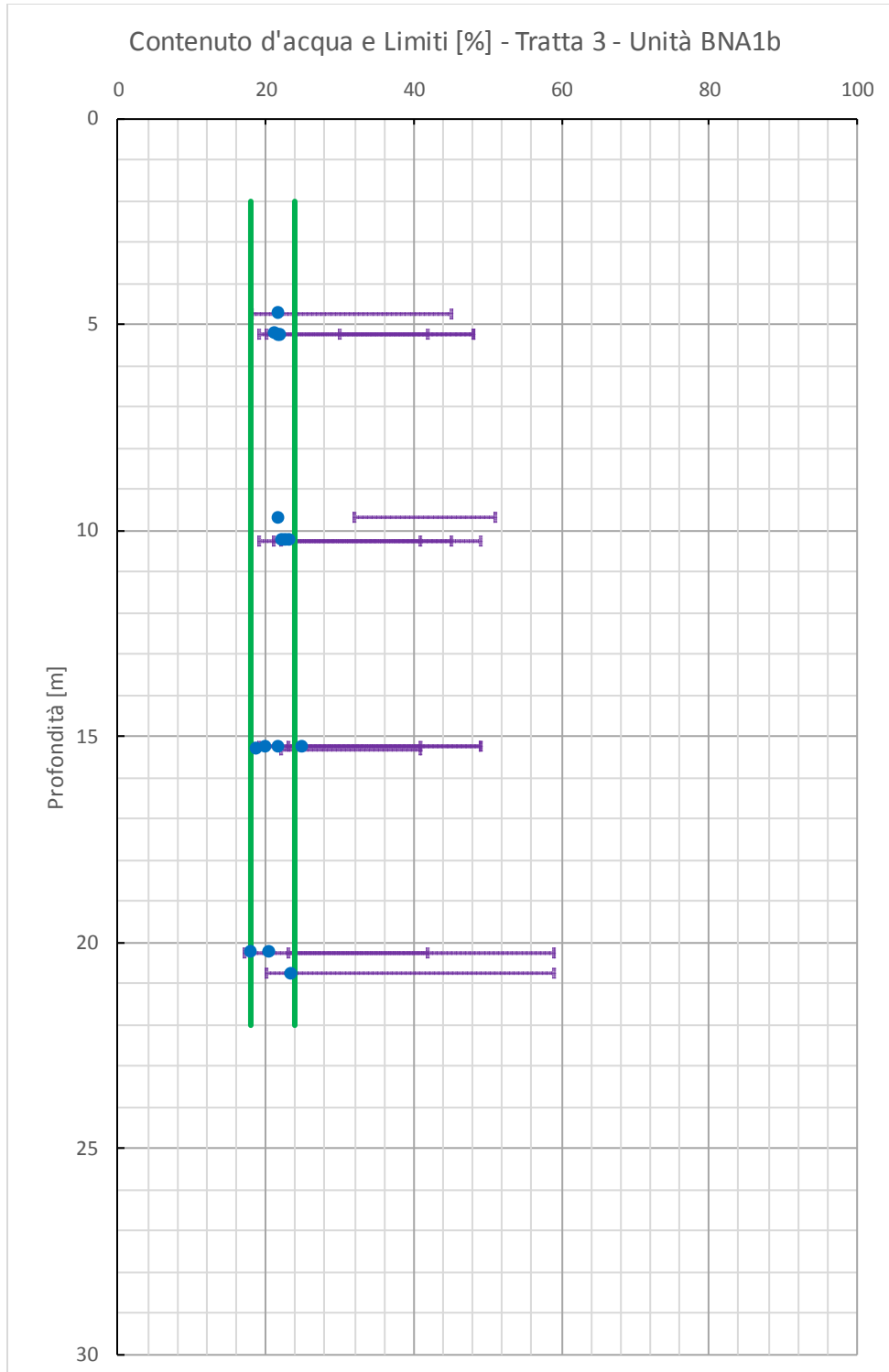


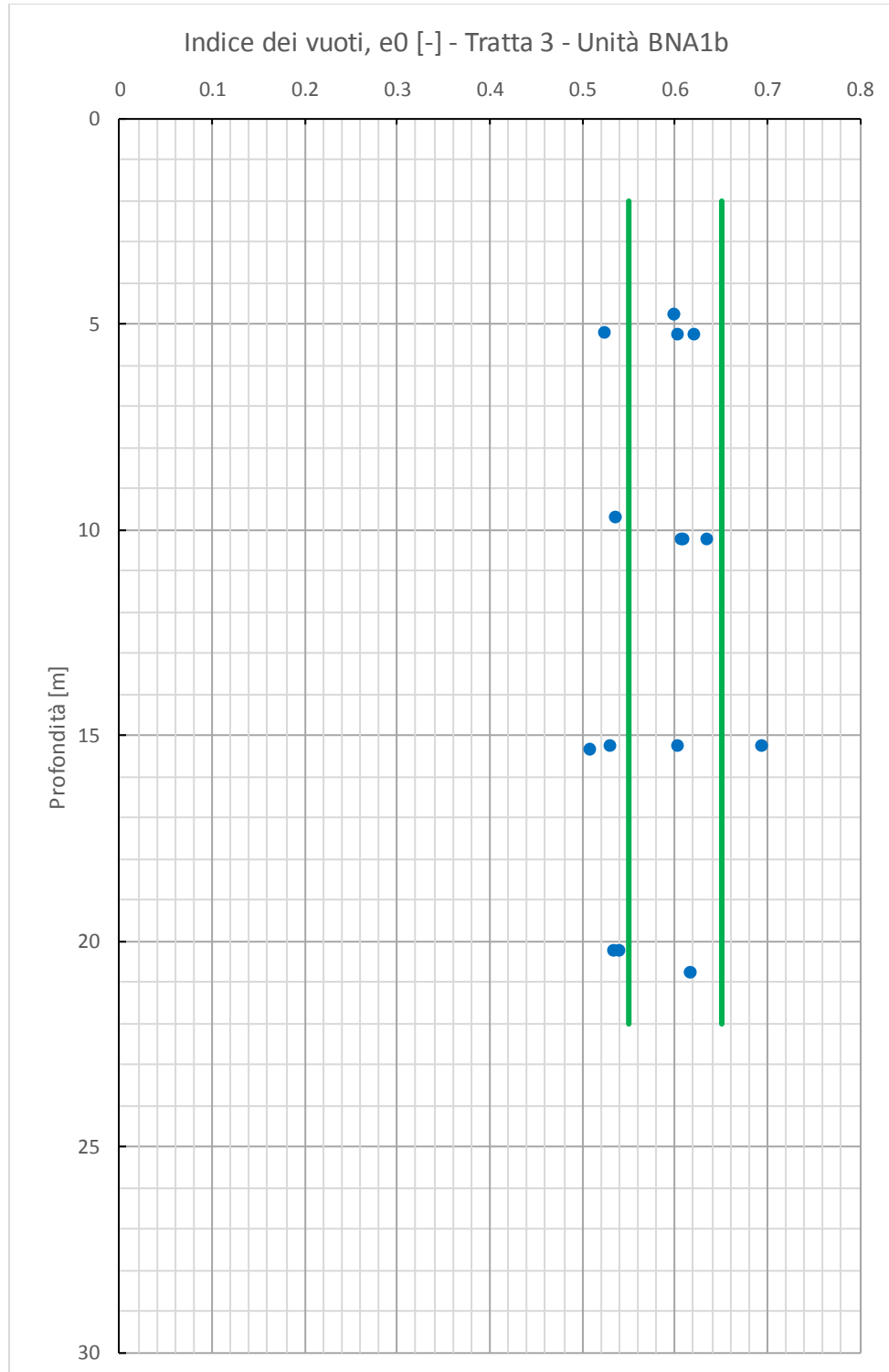




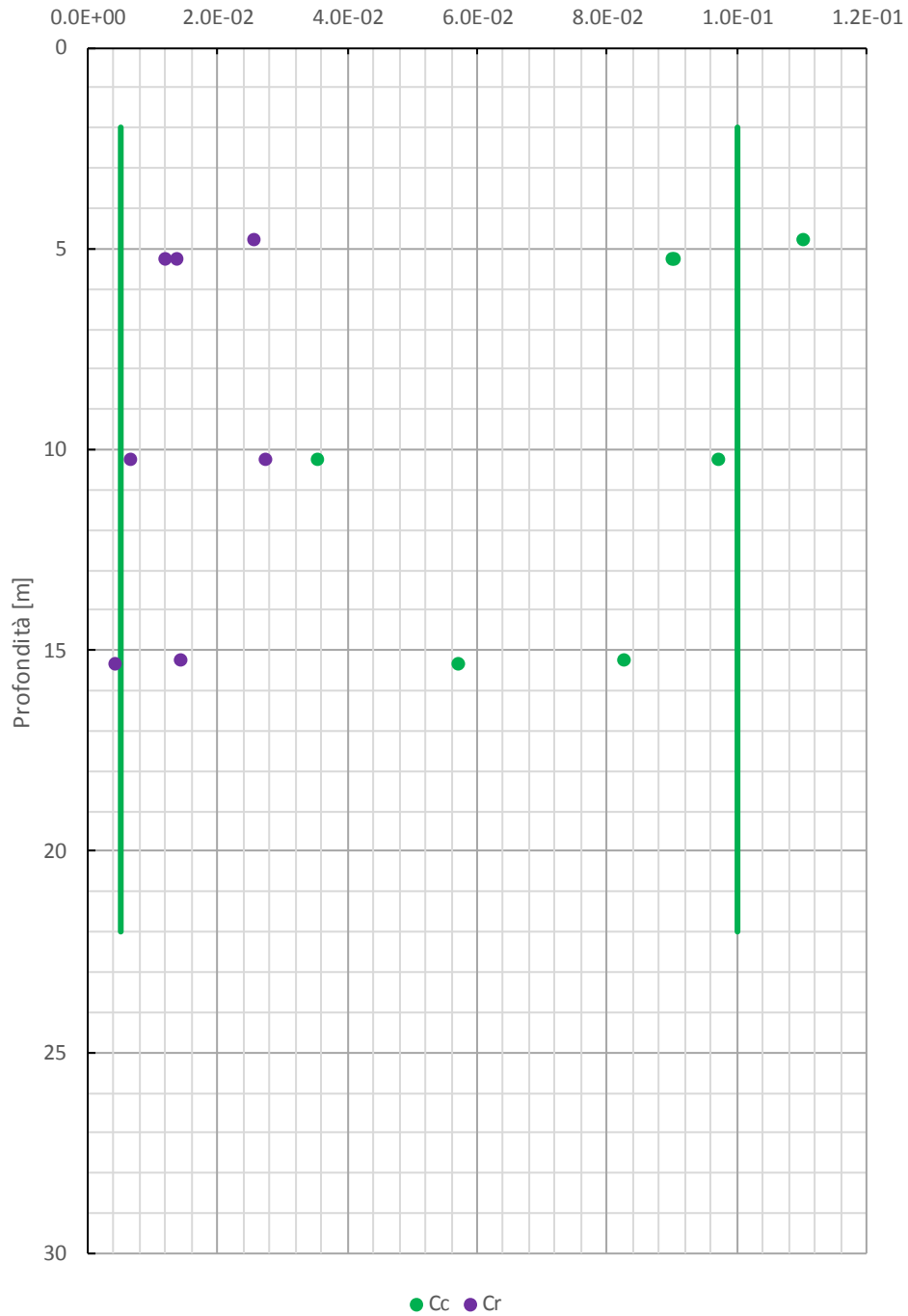


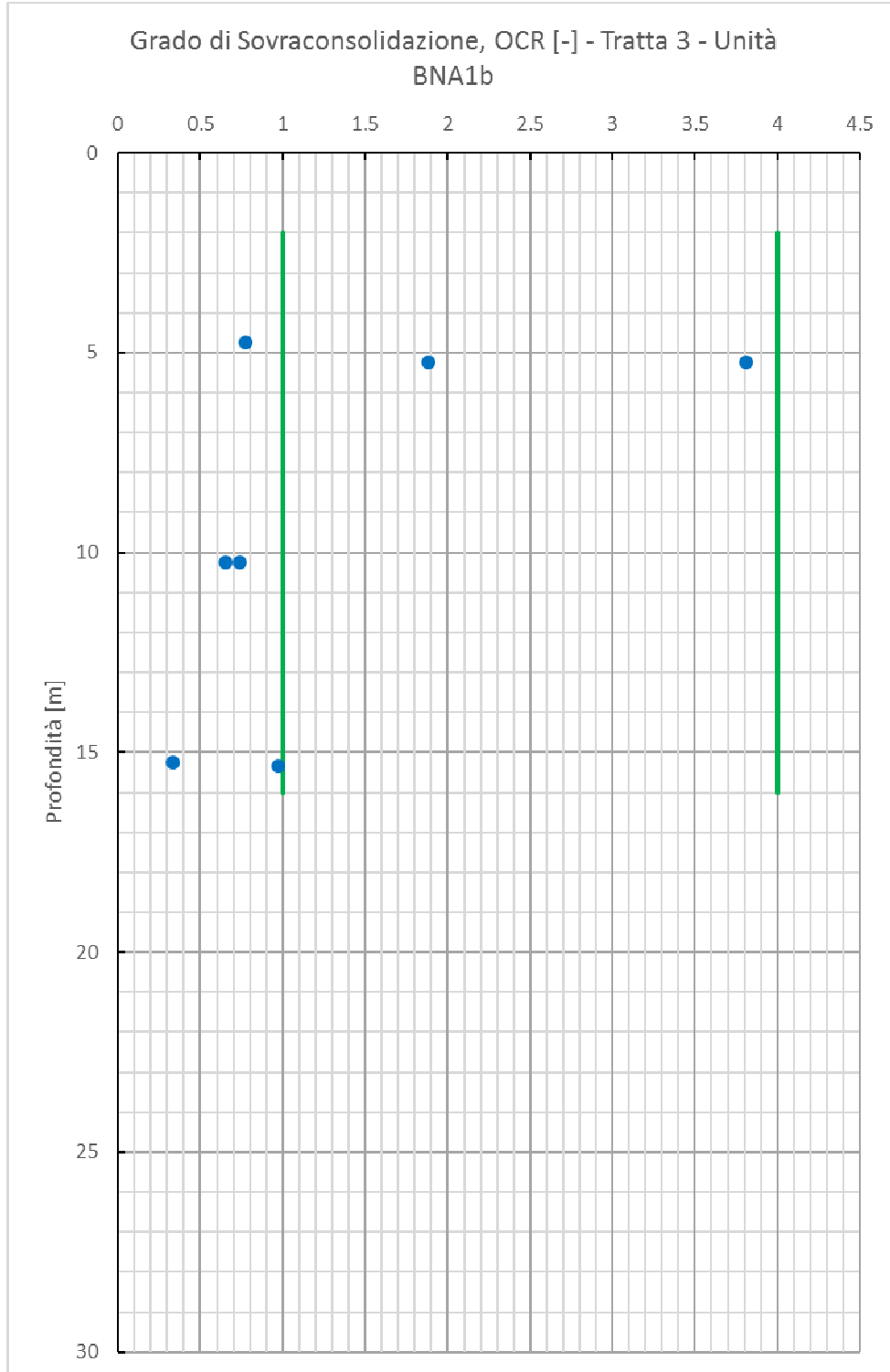


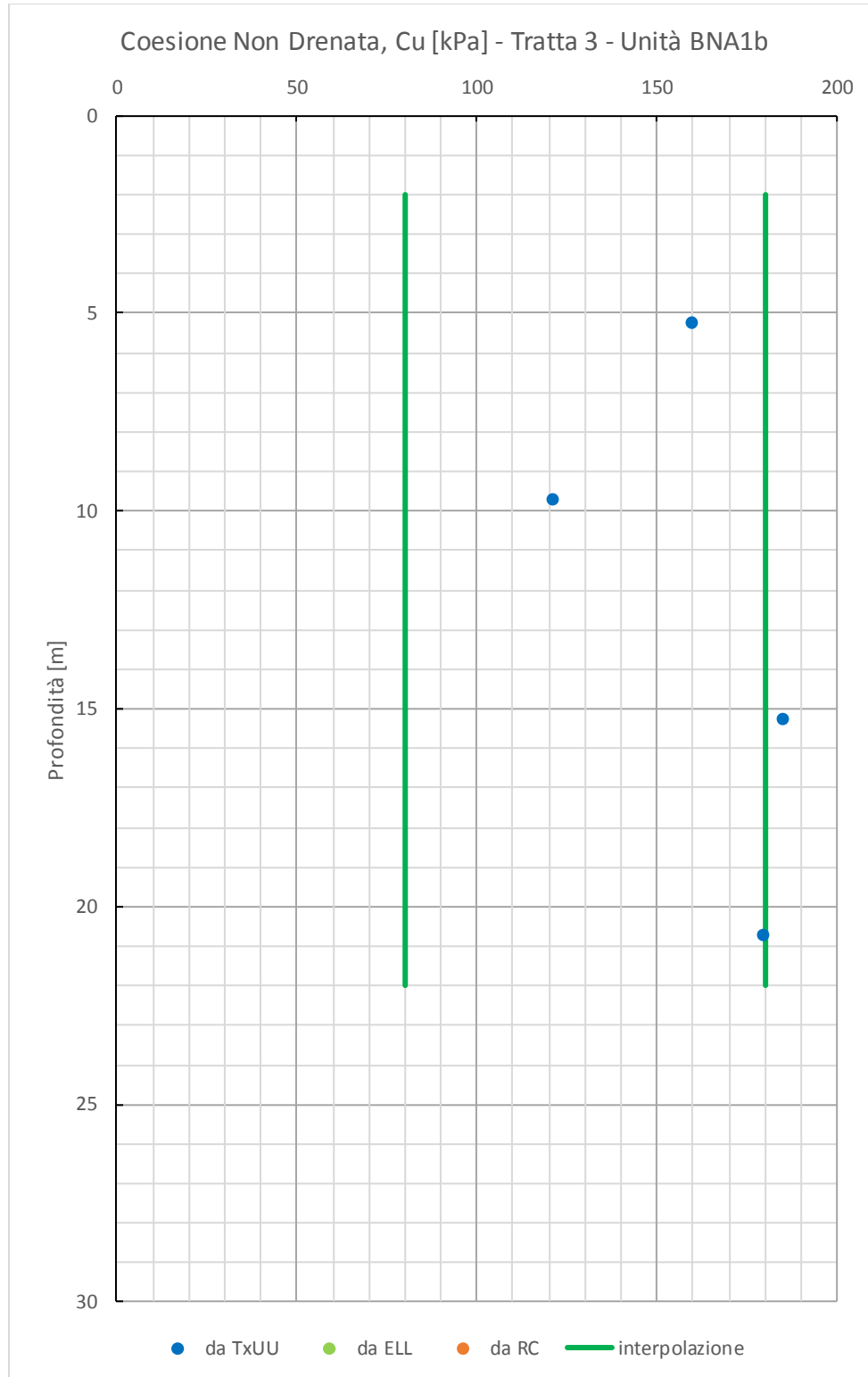


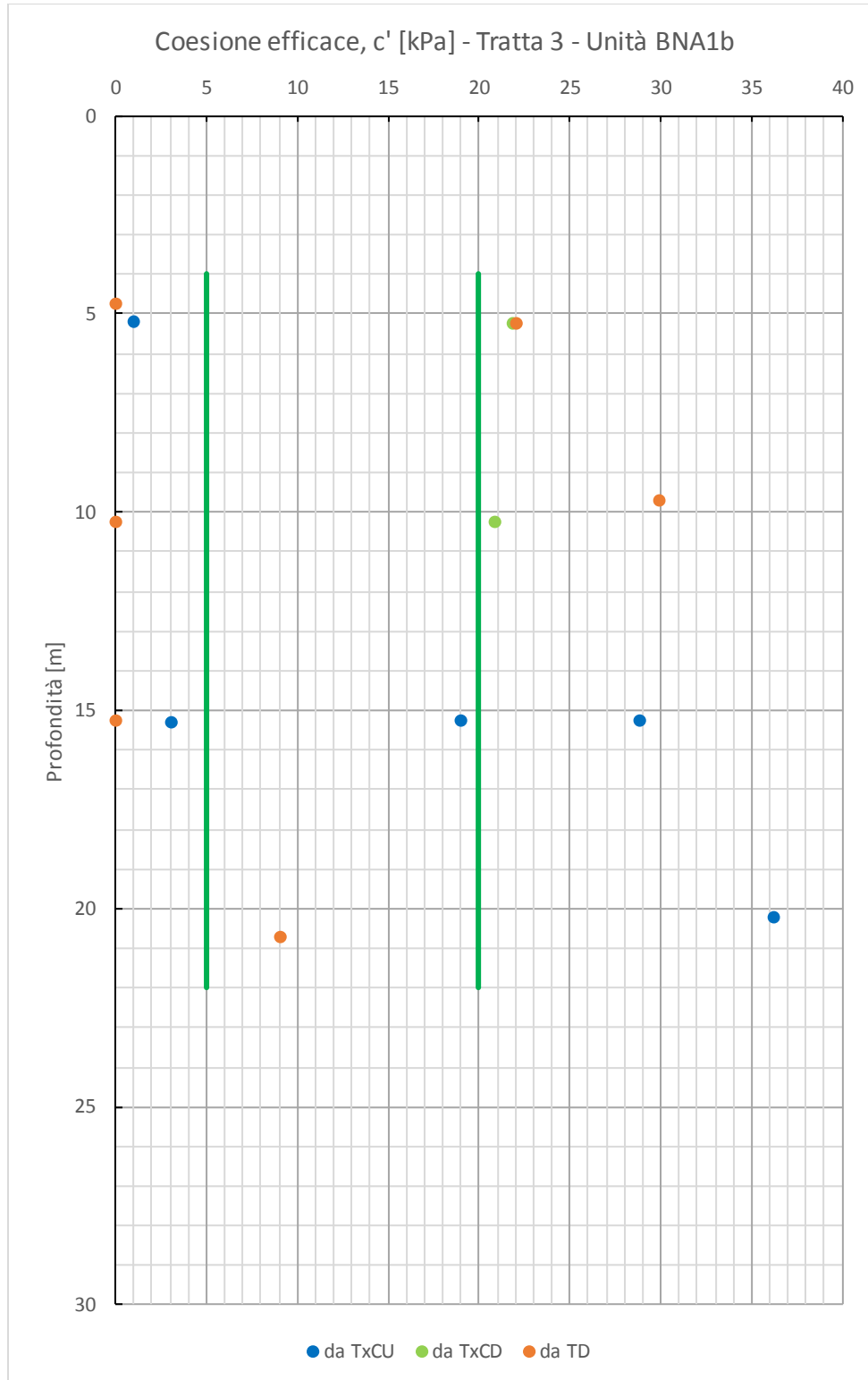


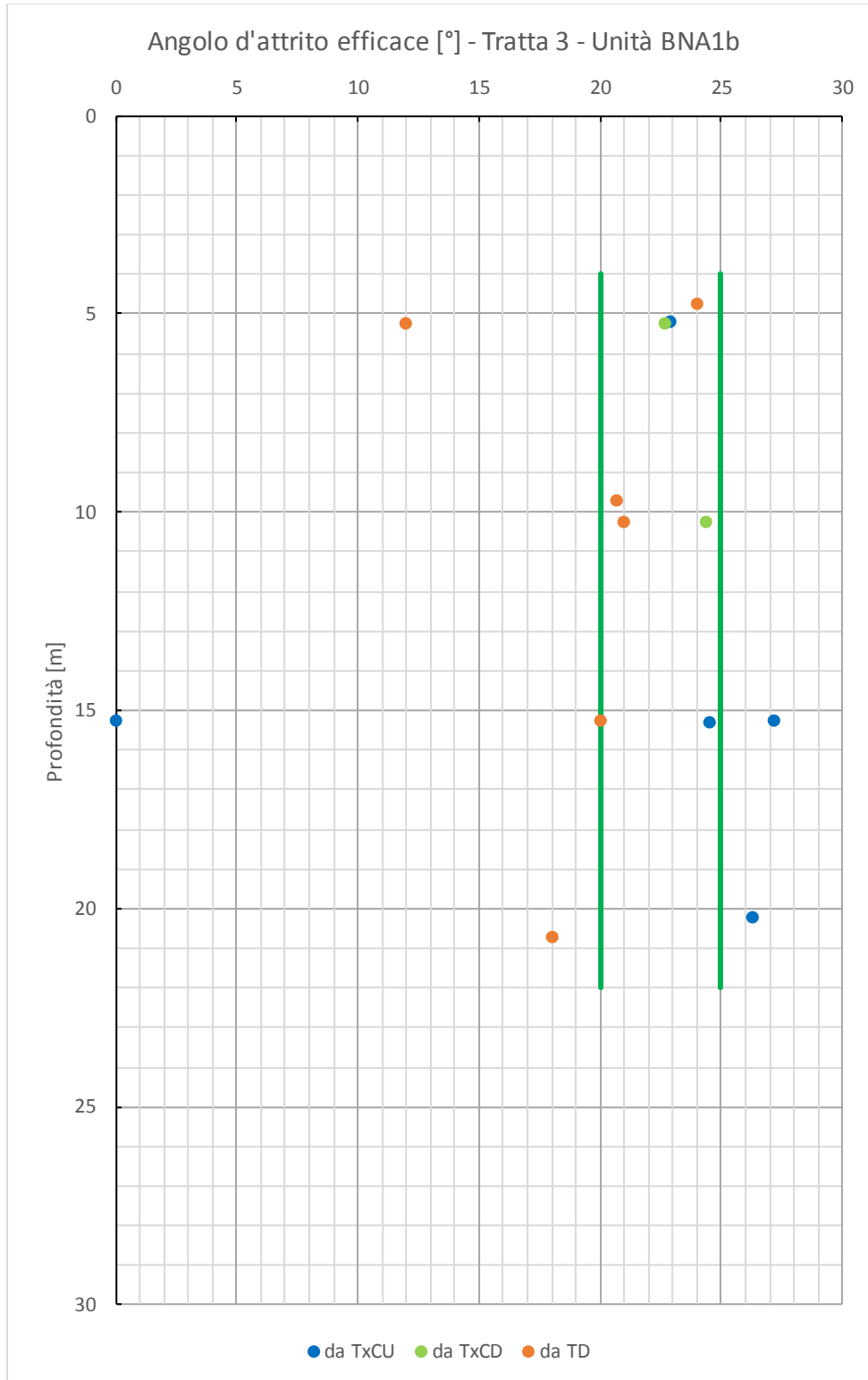
Indice di Compressibilità (Cc) e di Ricarico (Cr) - Tratta 3 -
Unità BNA1b

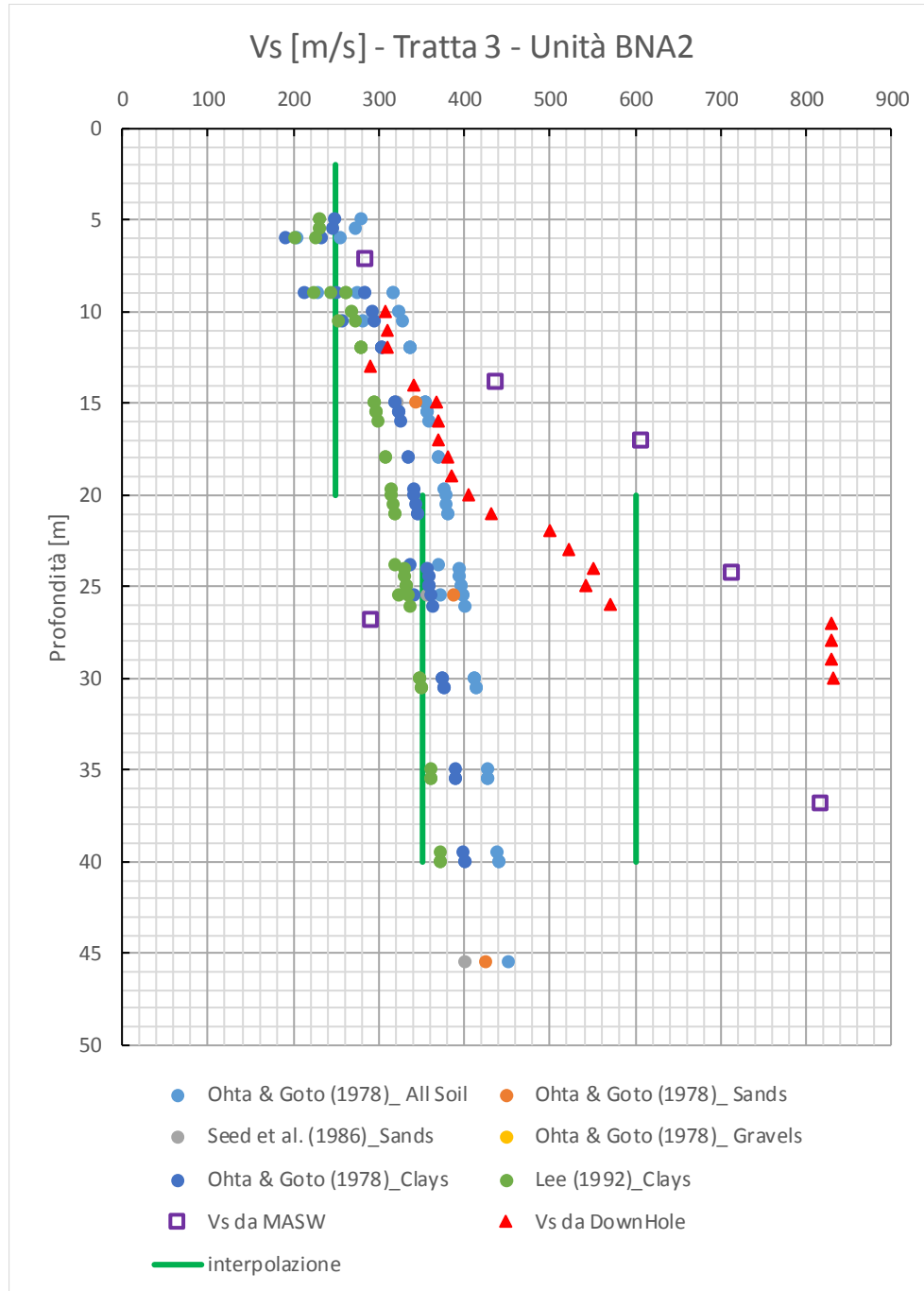


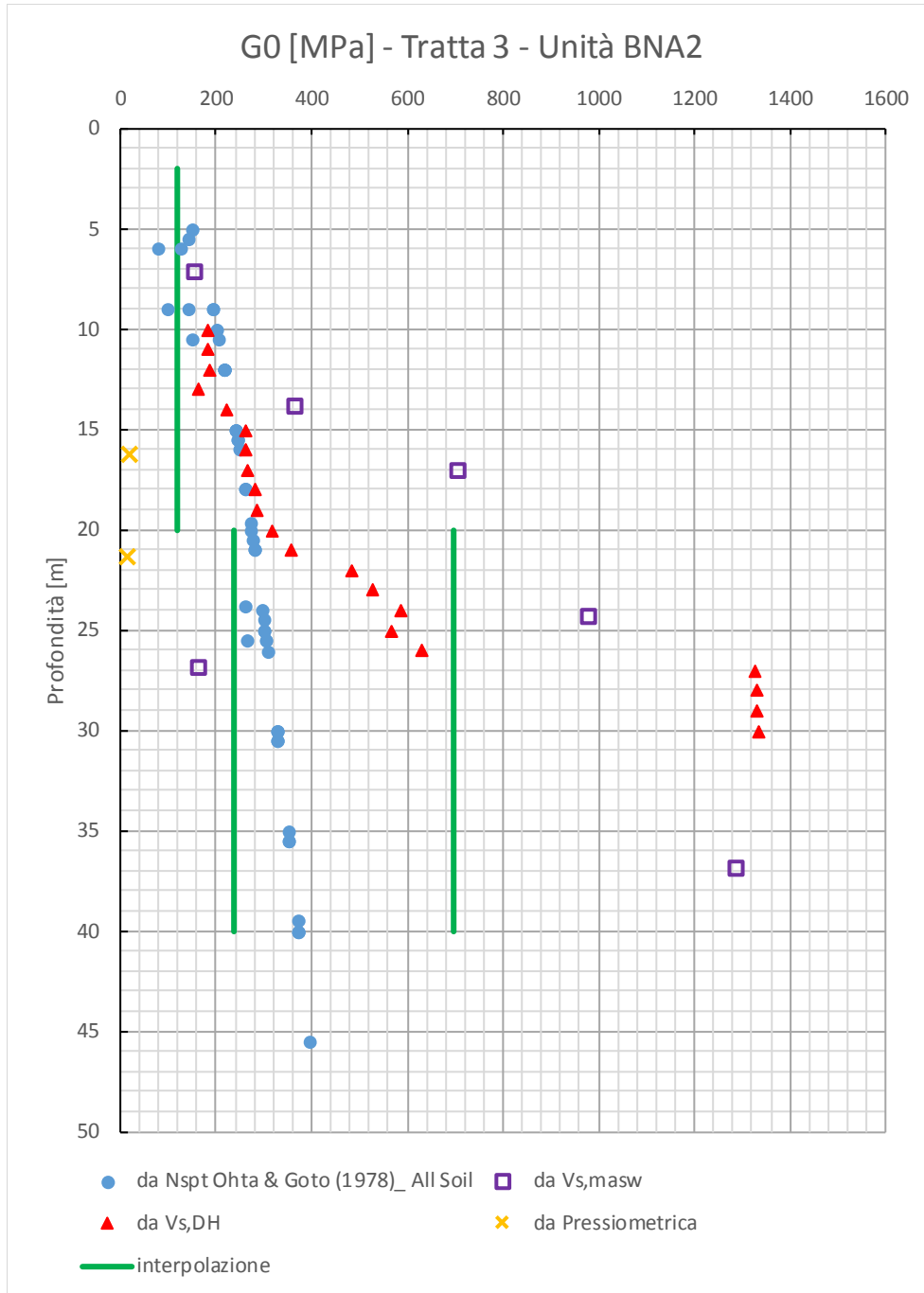






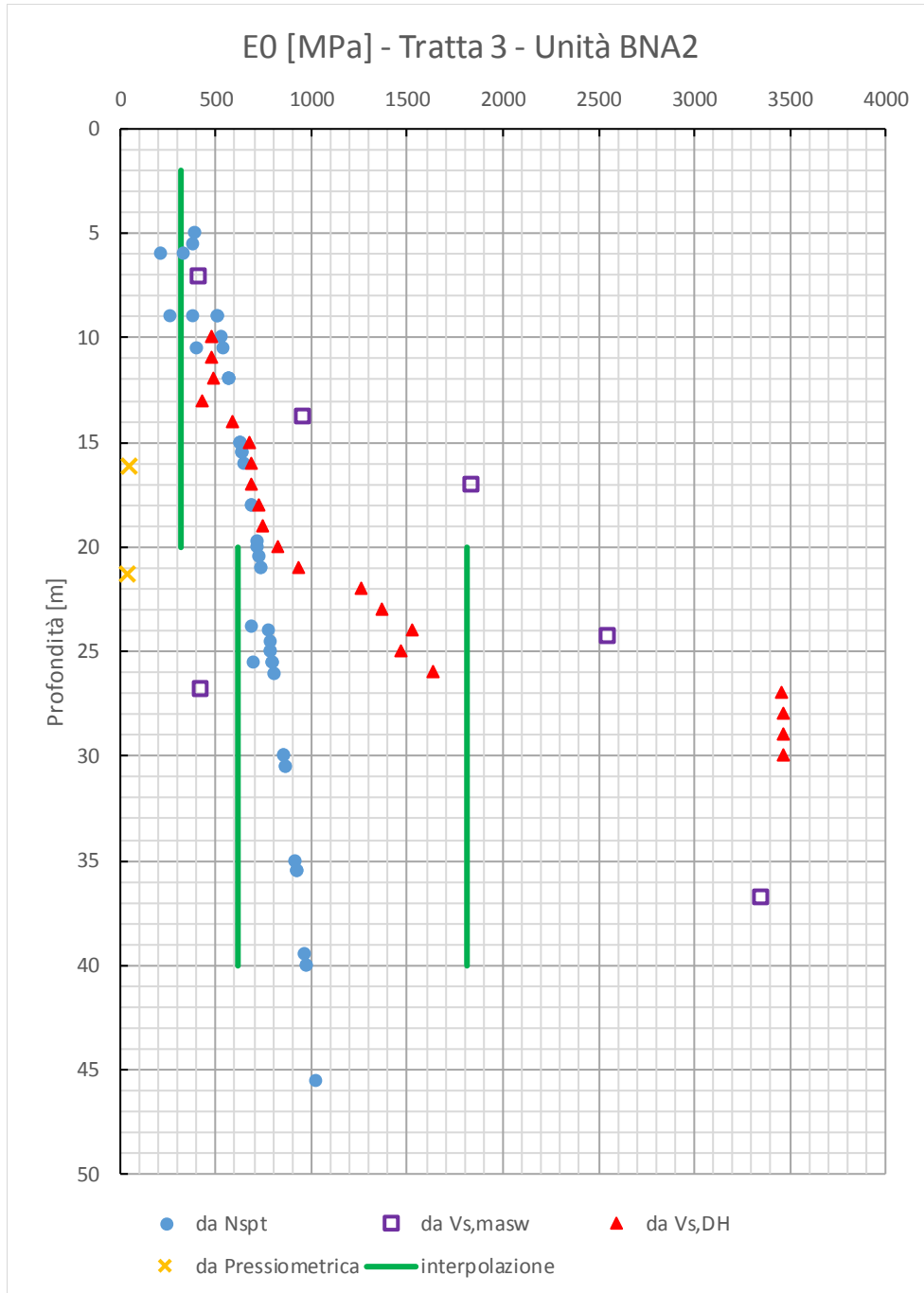






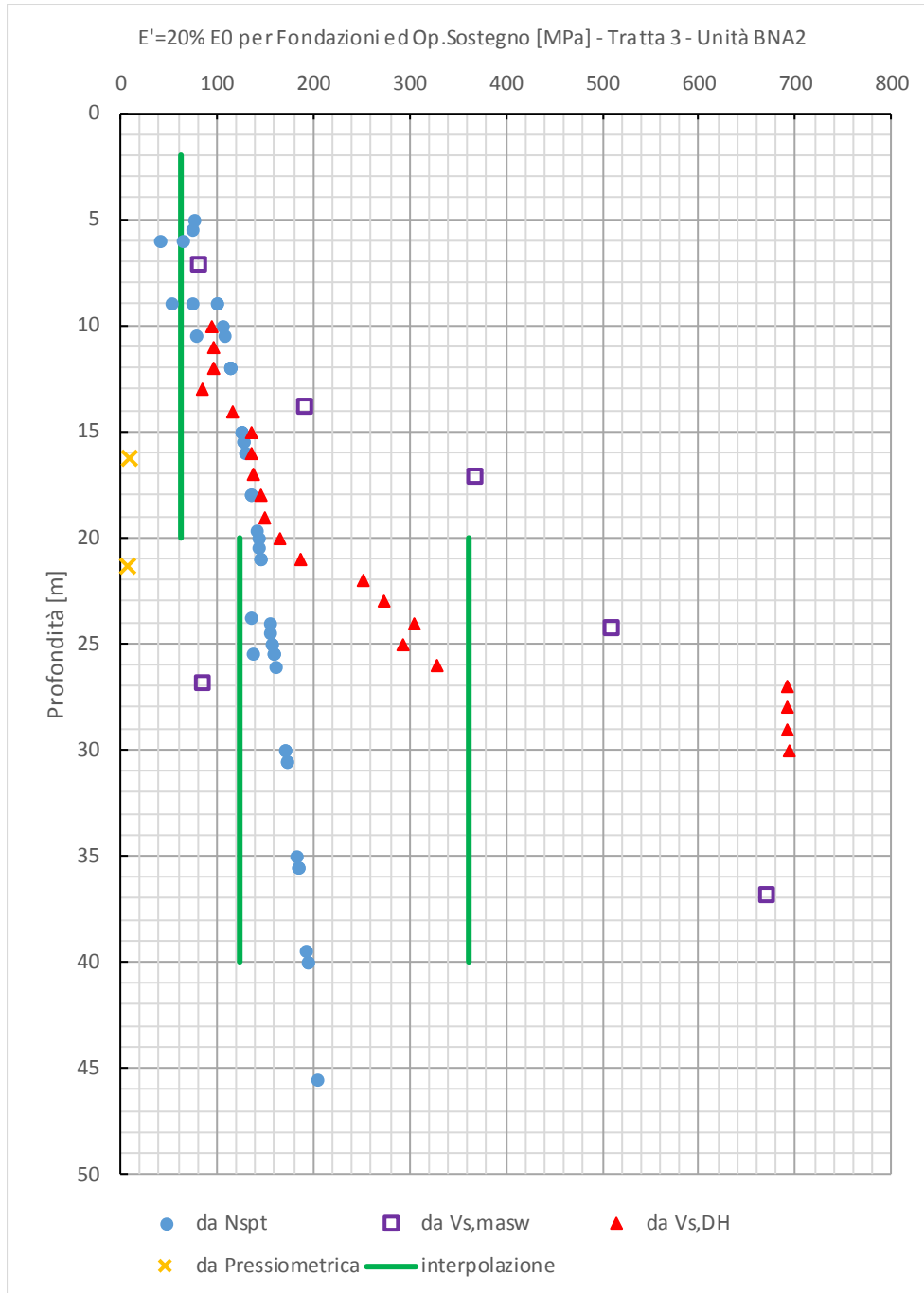
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075

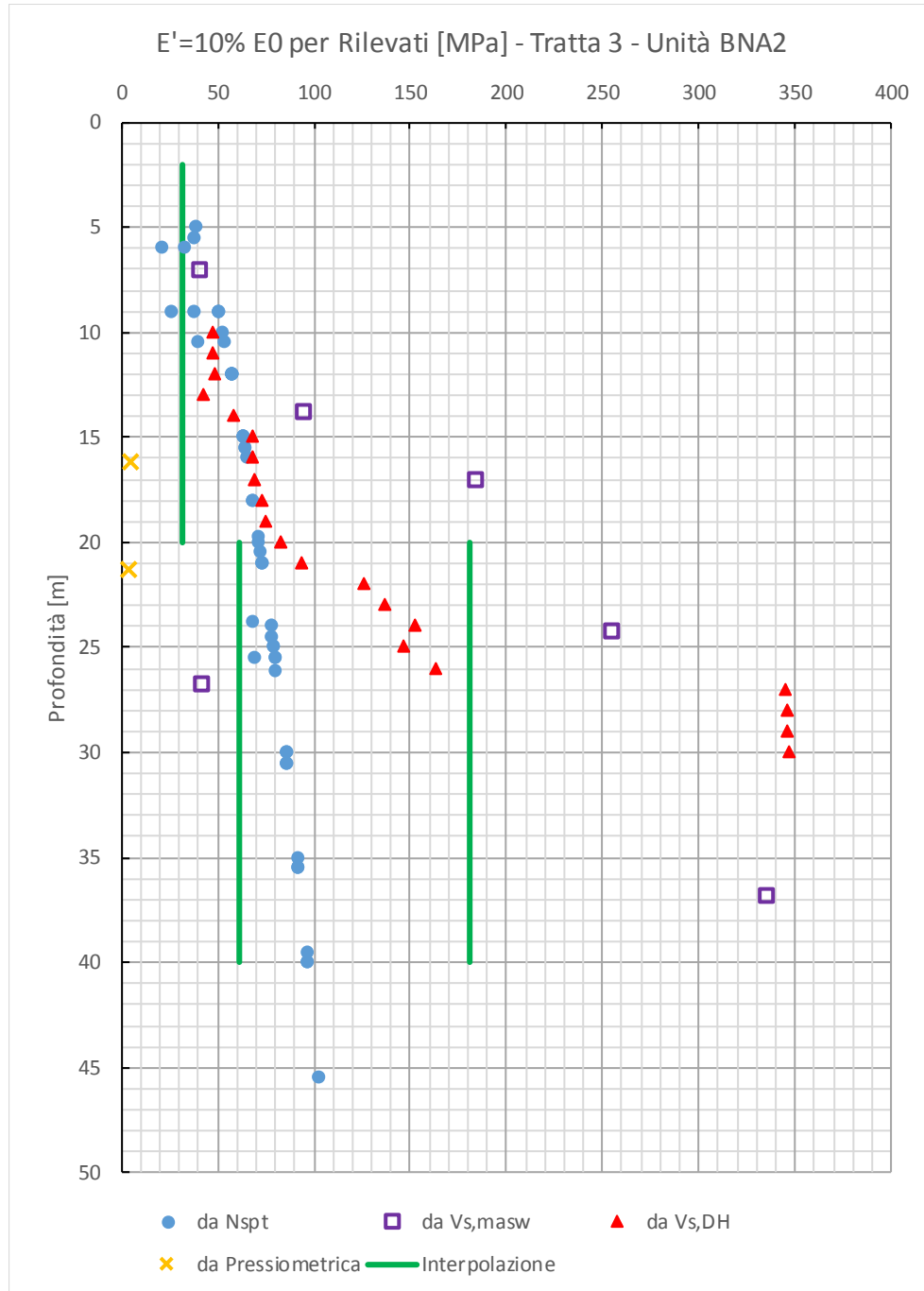
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	49 di 111

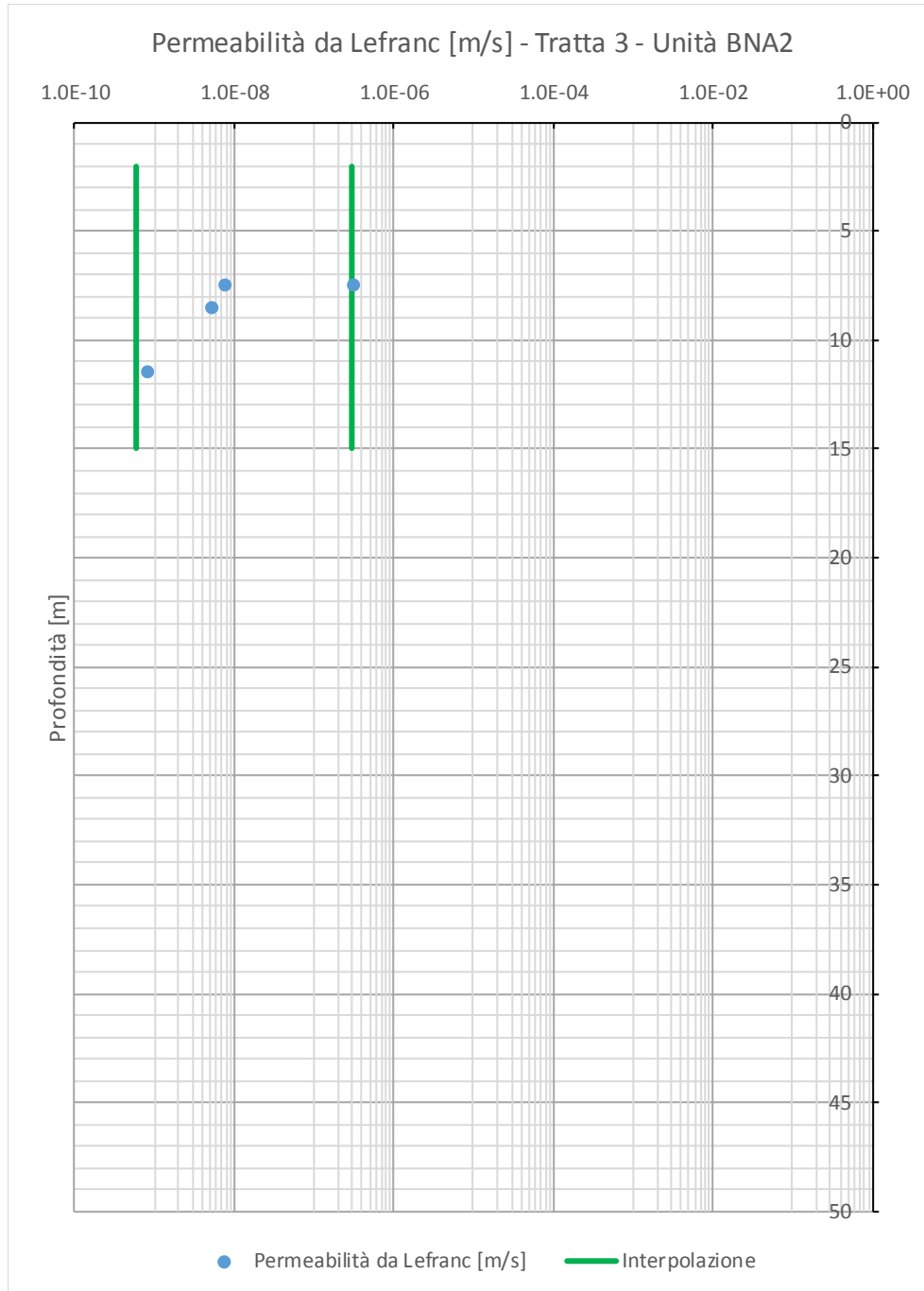


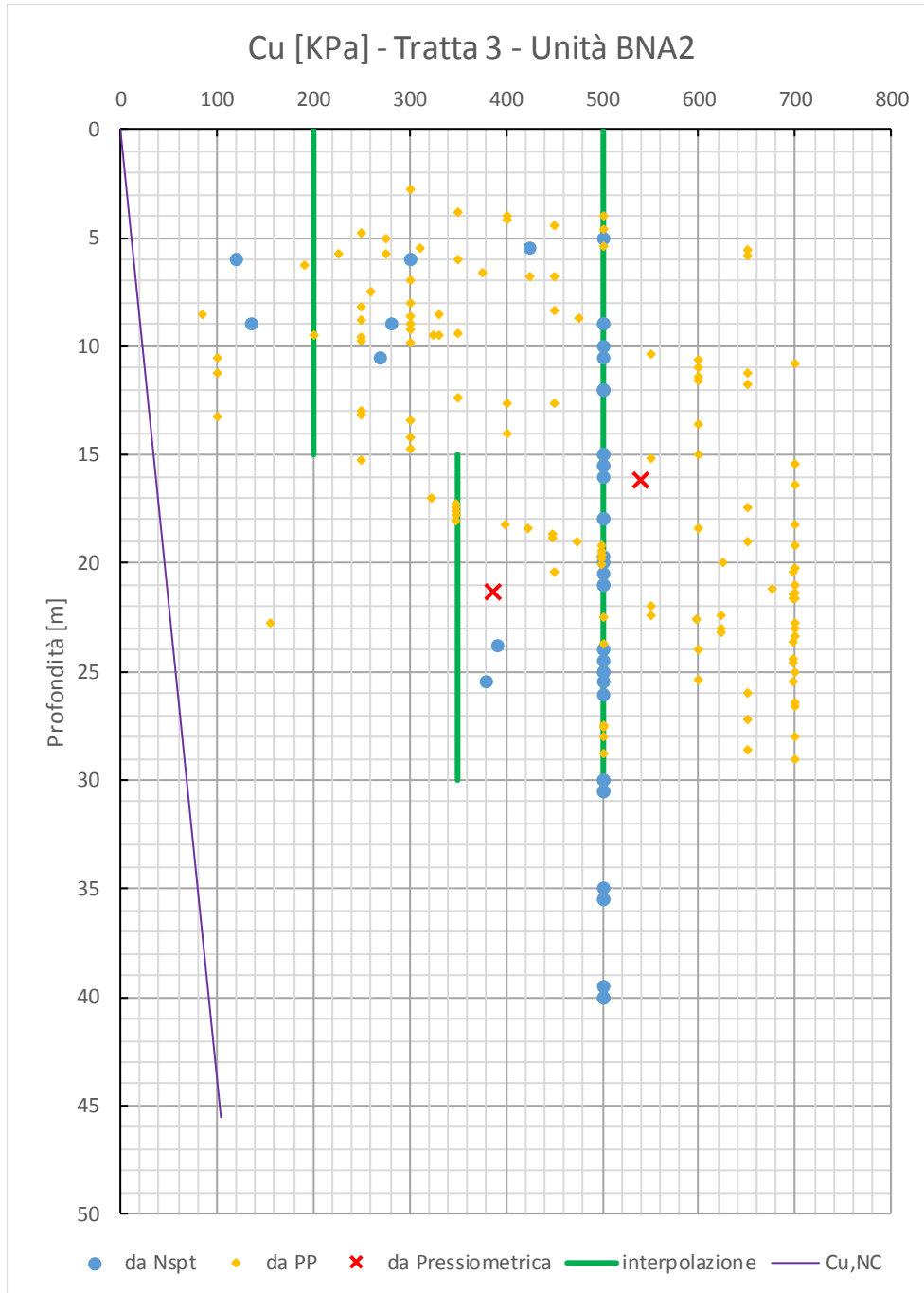
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075

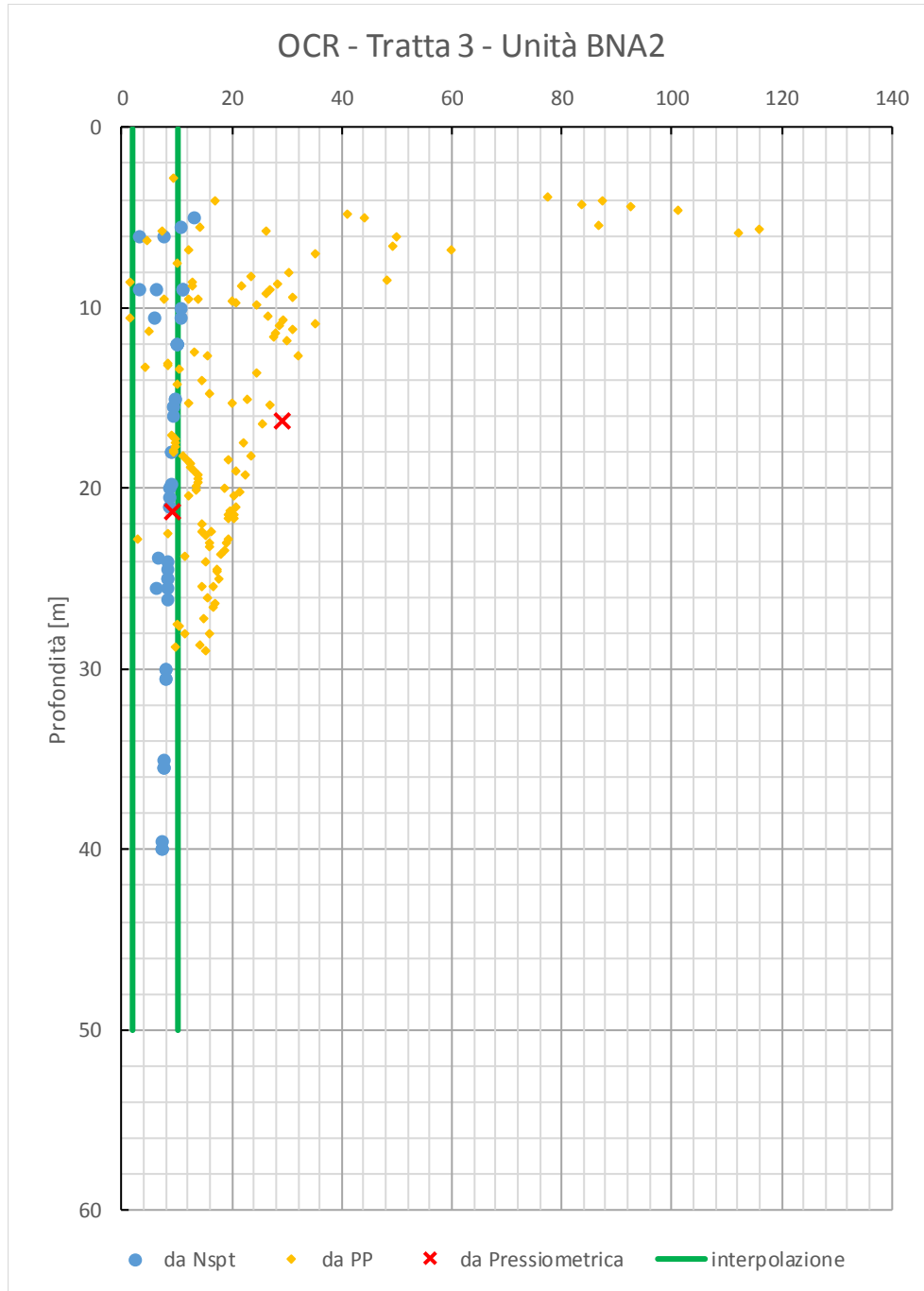
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	50 di 111

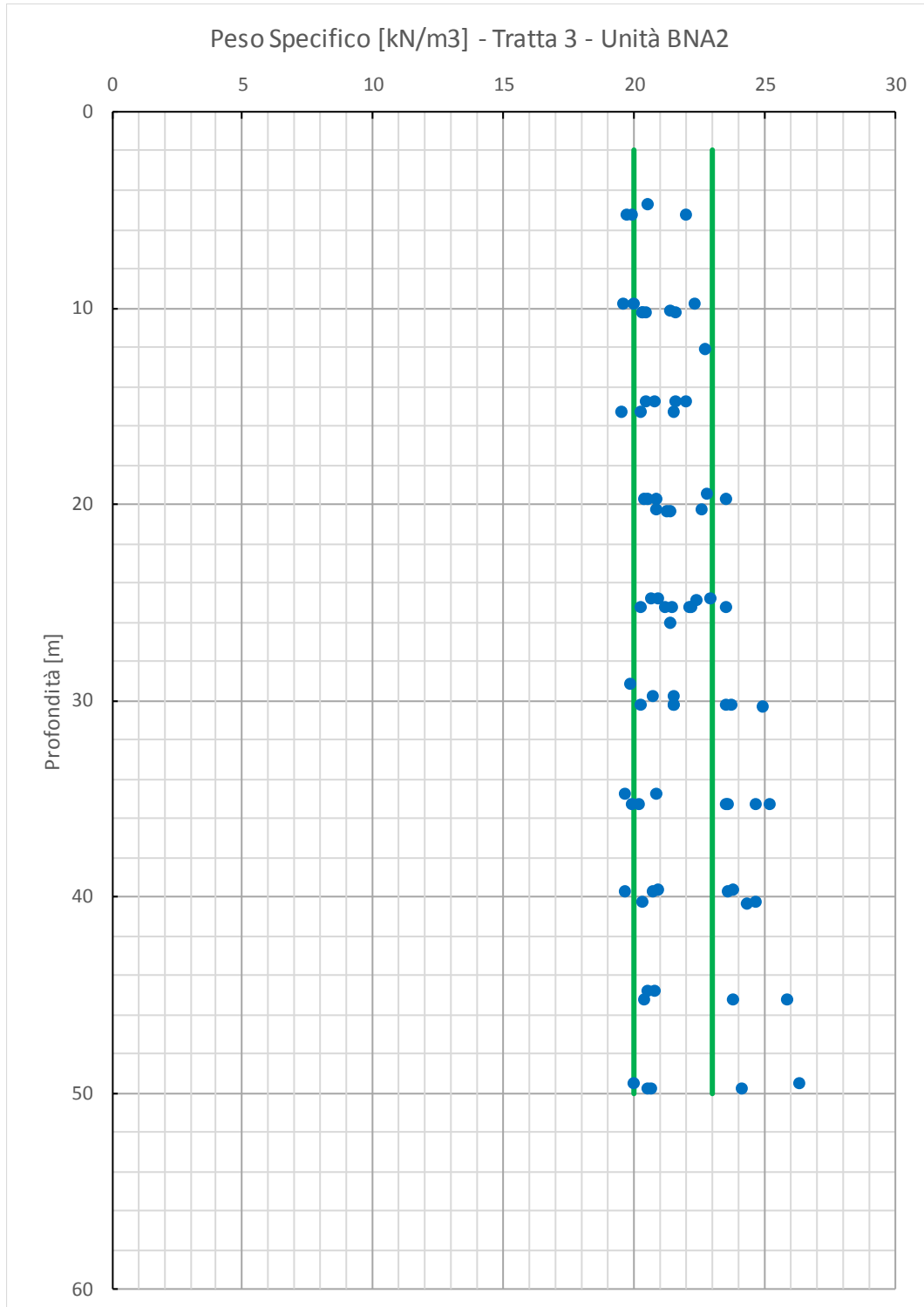


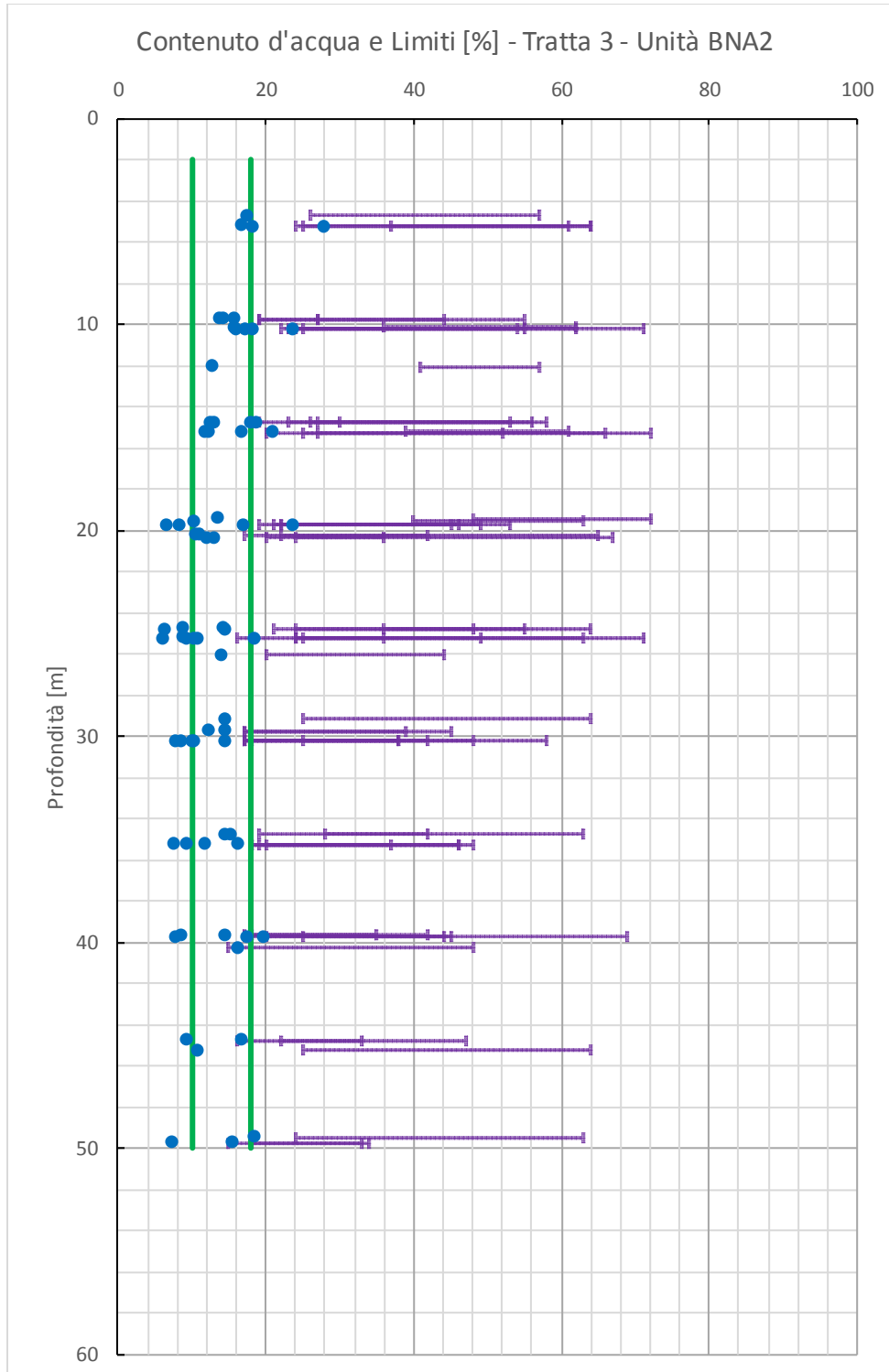


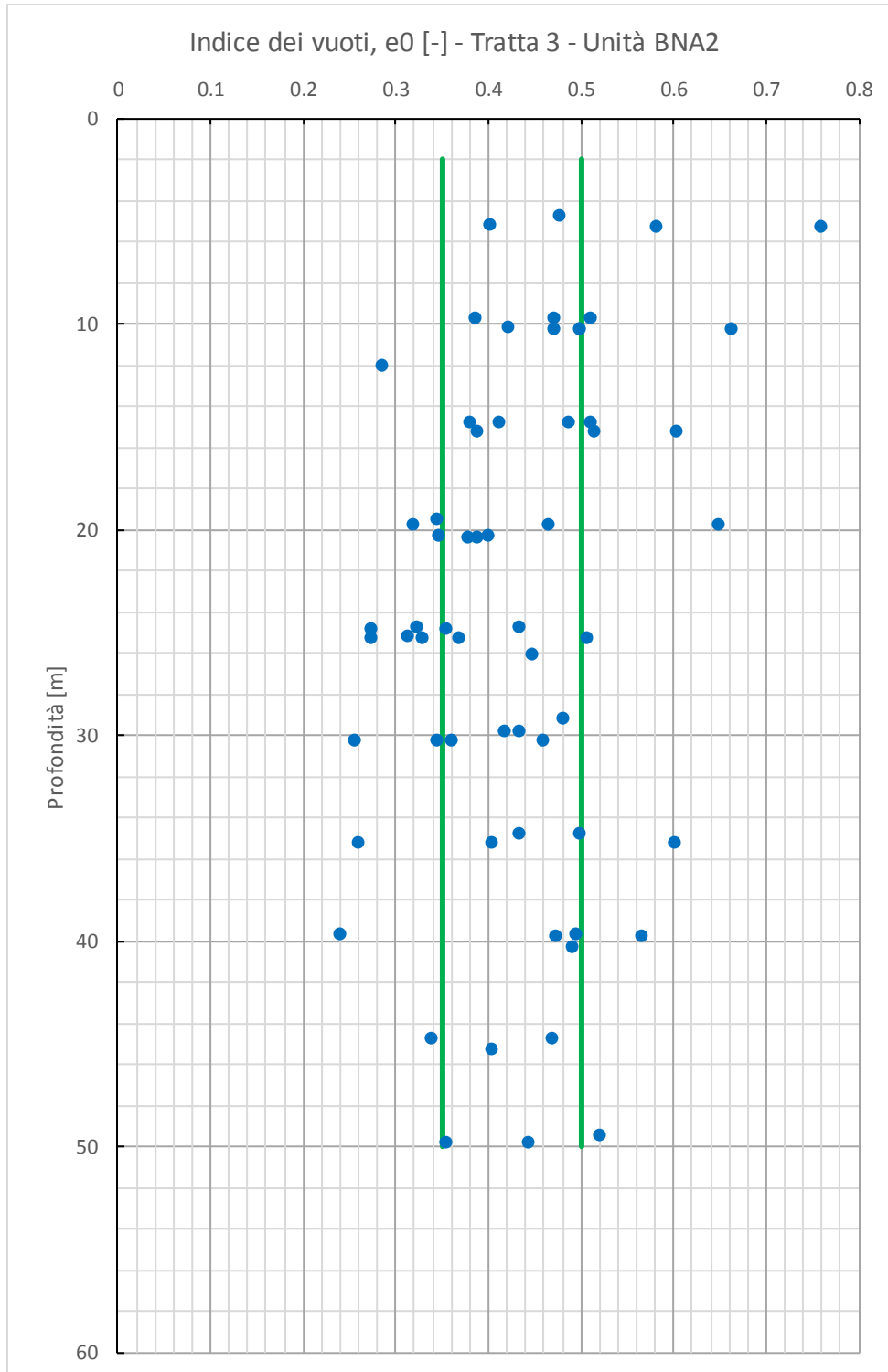




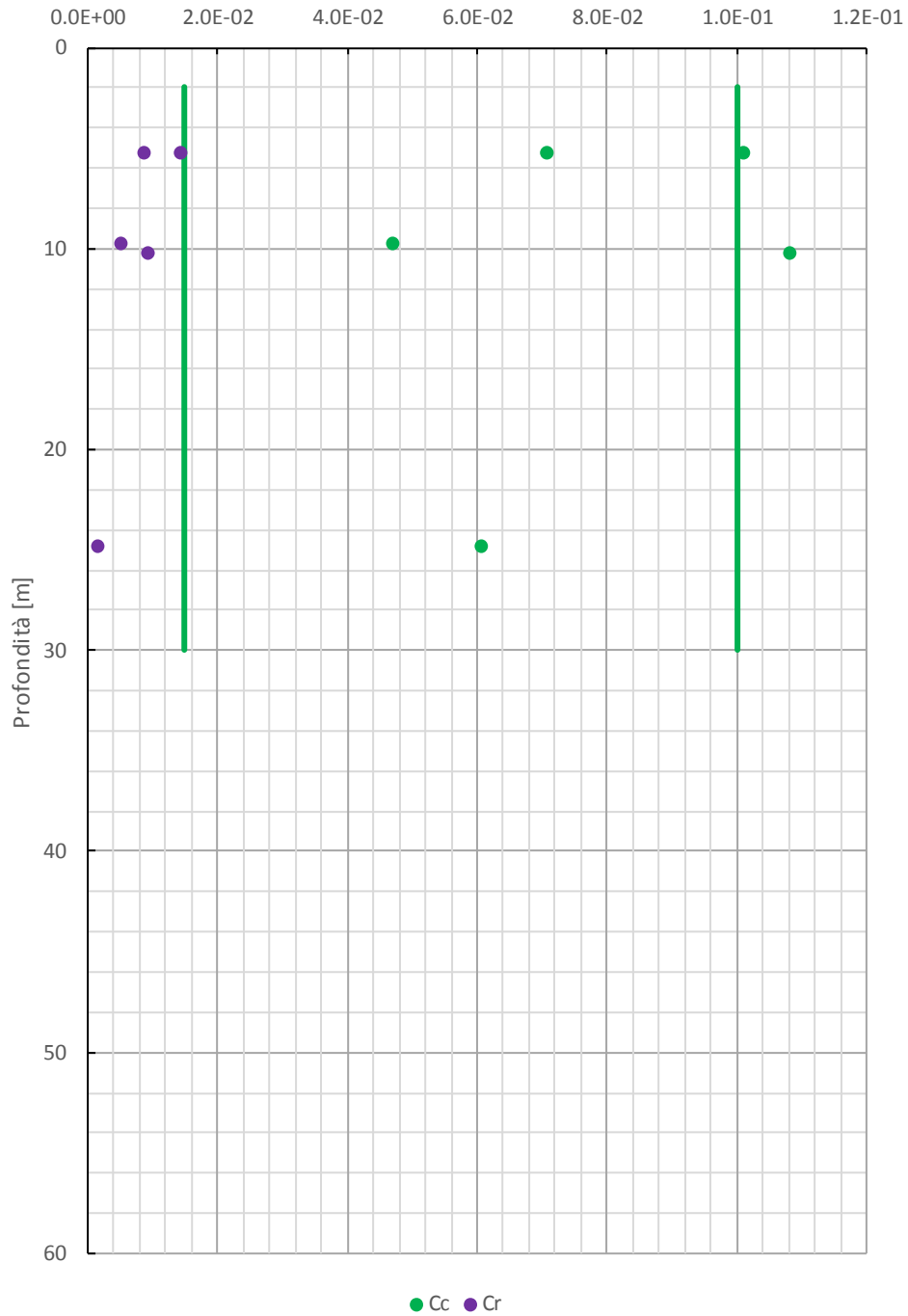


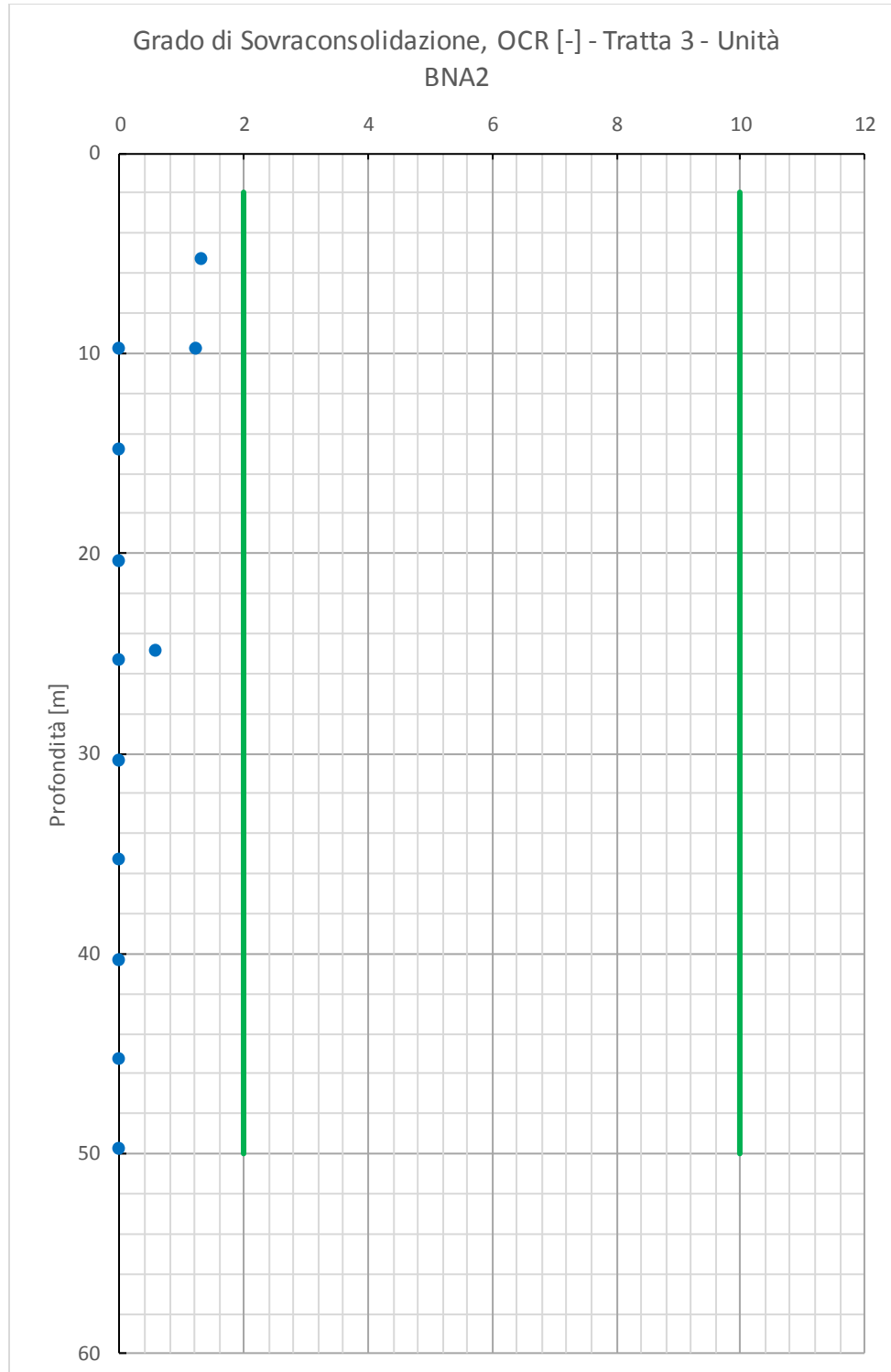


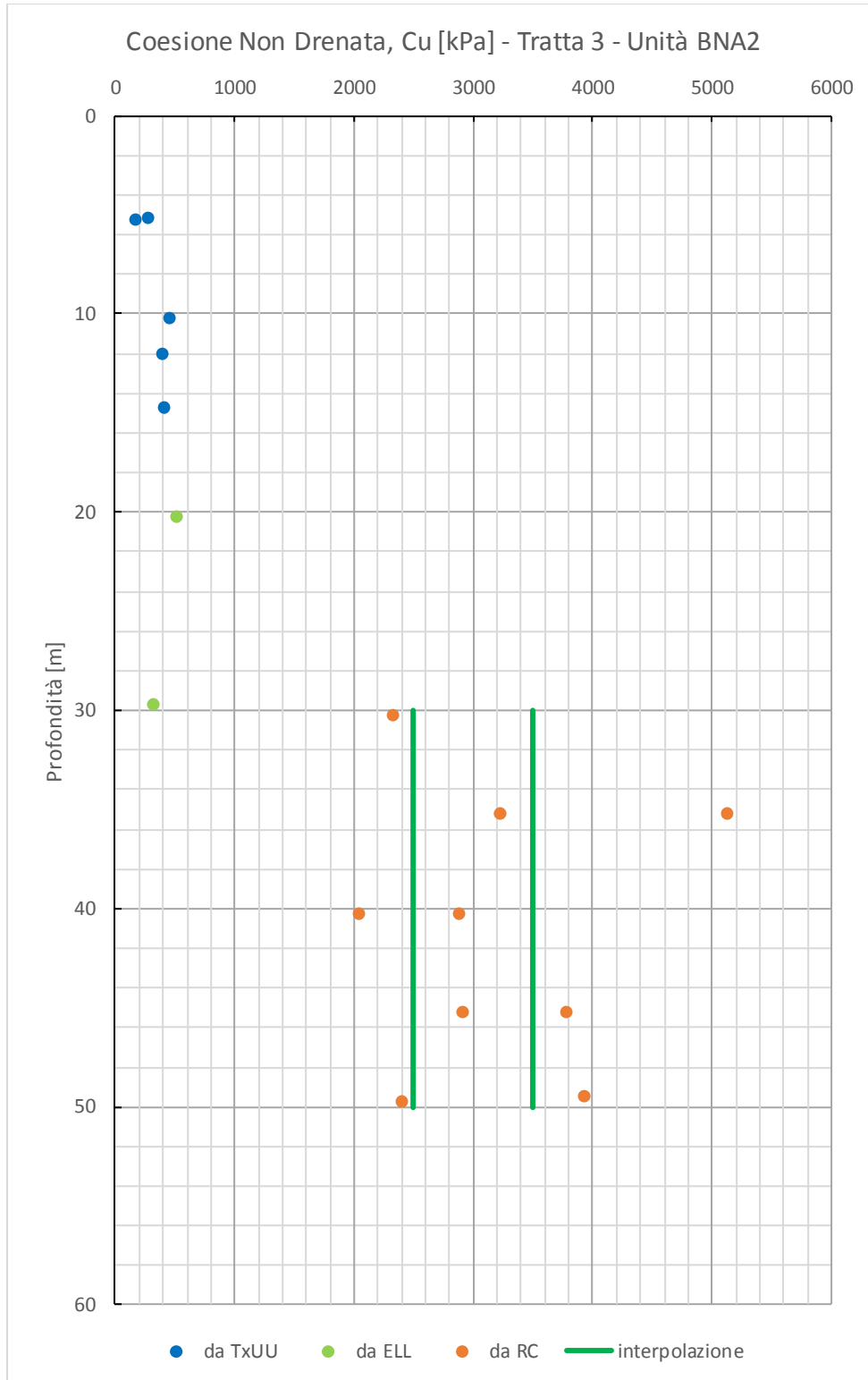


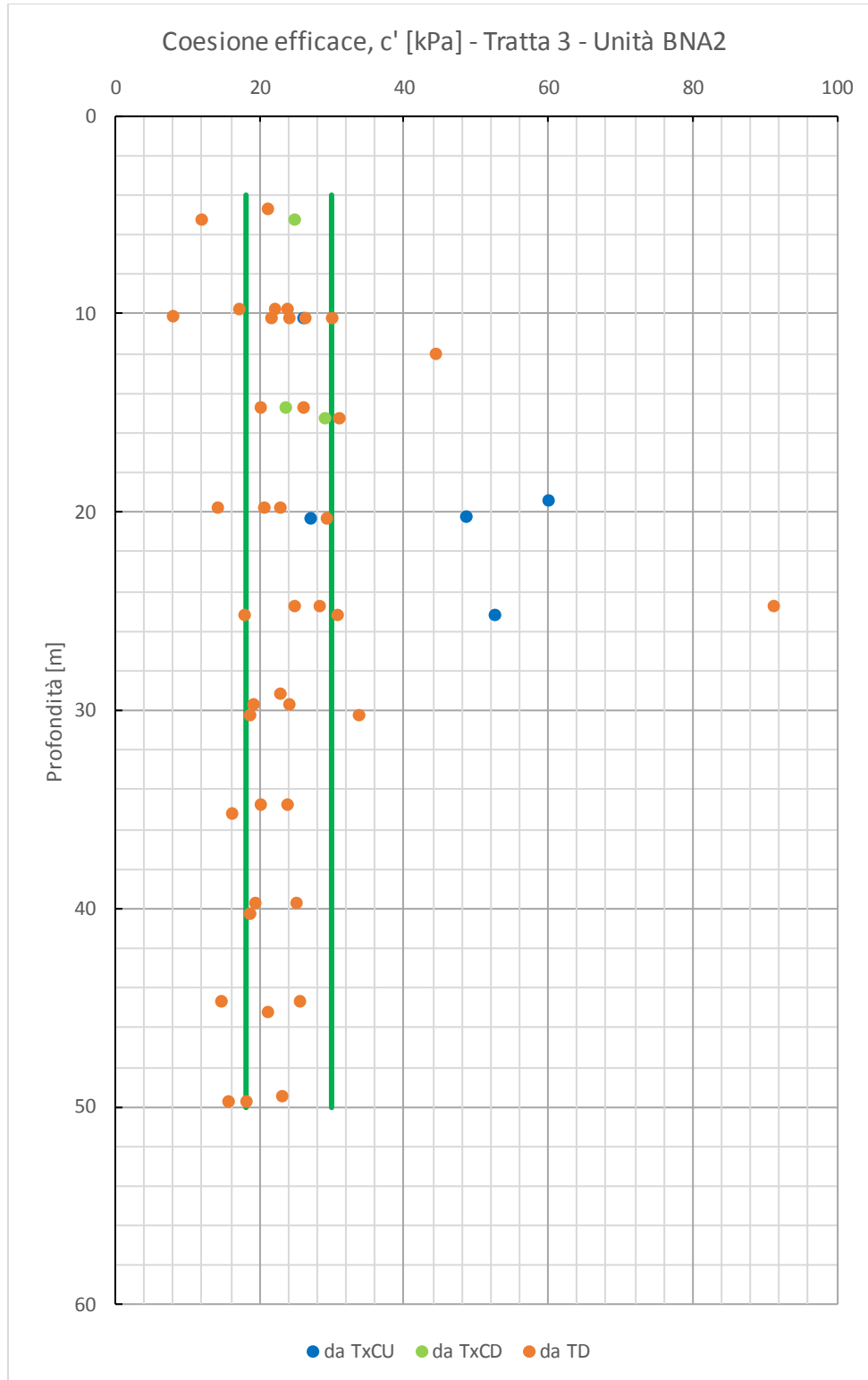


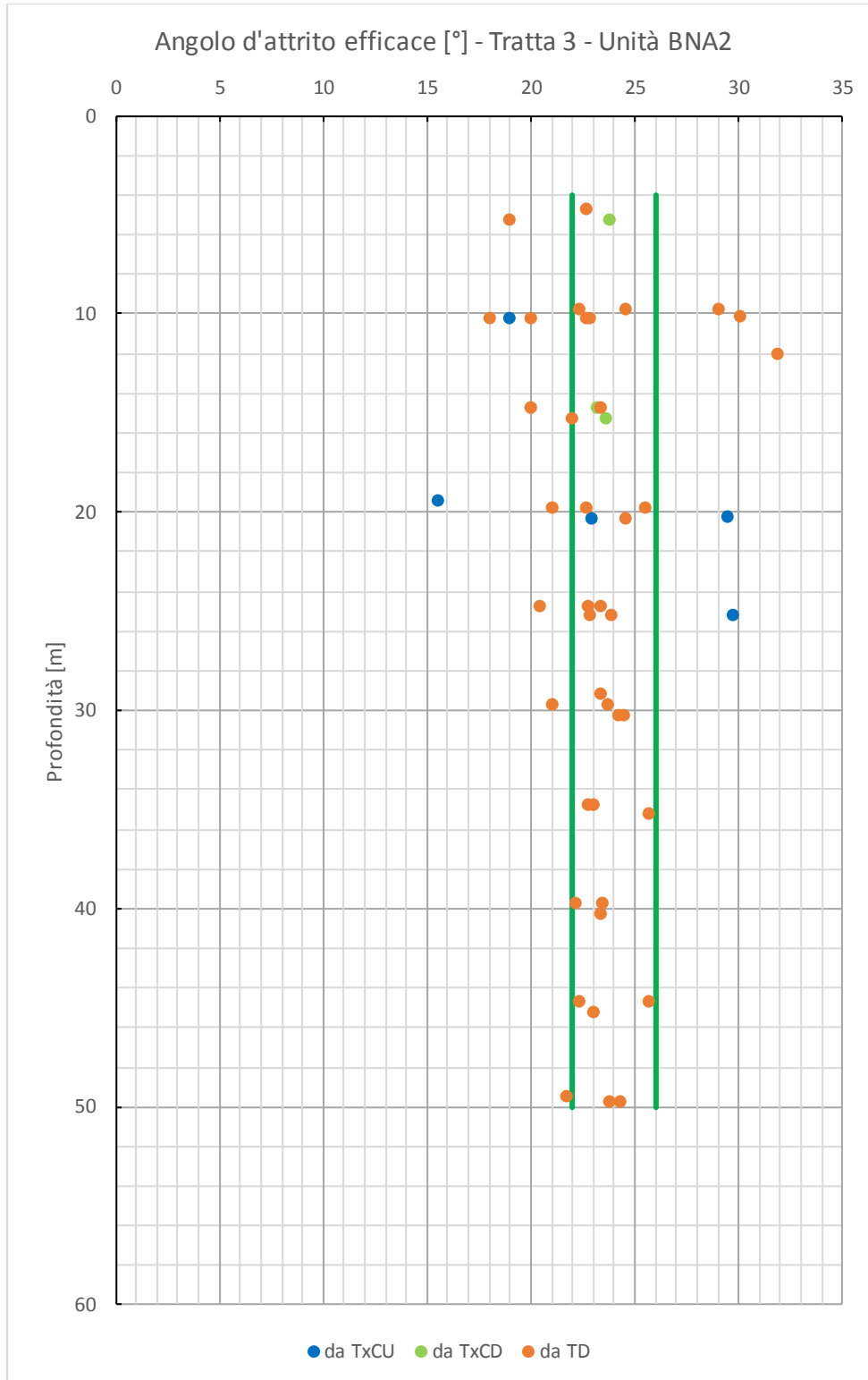
Indice di Compressibilità (Cc) e di Ricarico (Cr) - Tratta 3 -
Unità BNA2

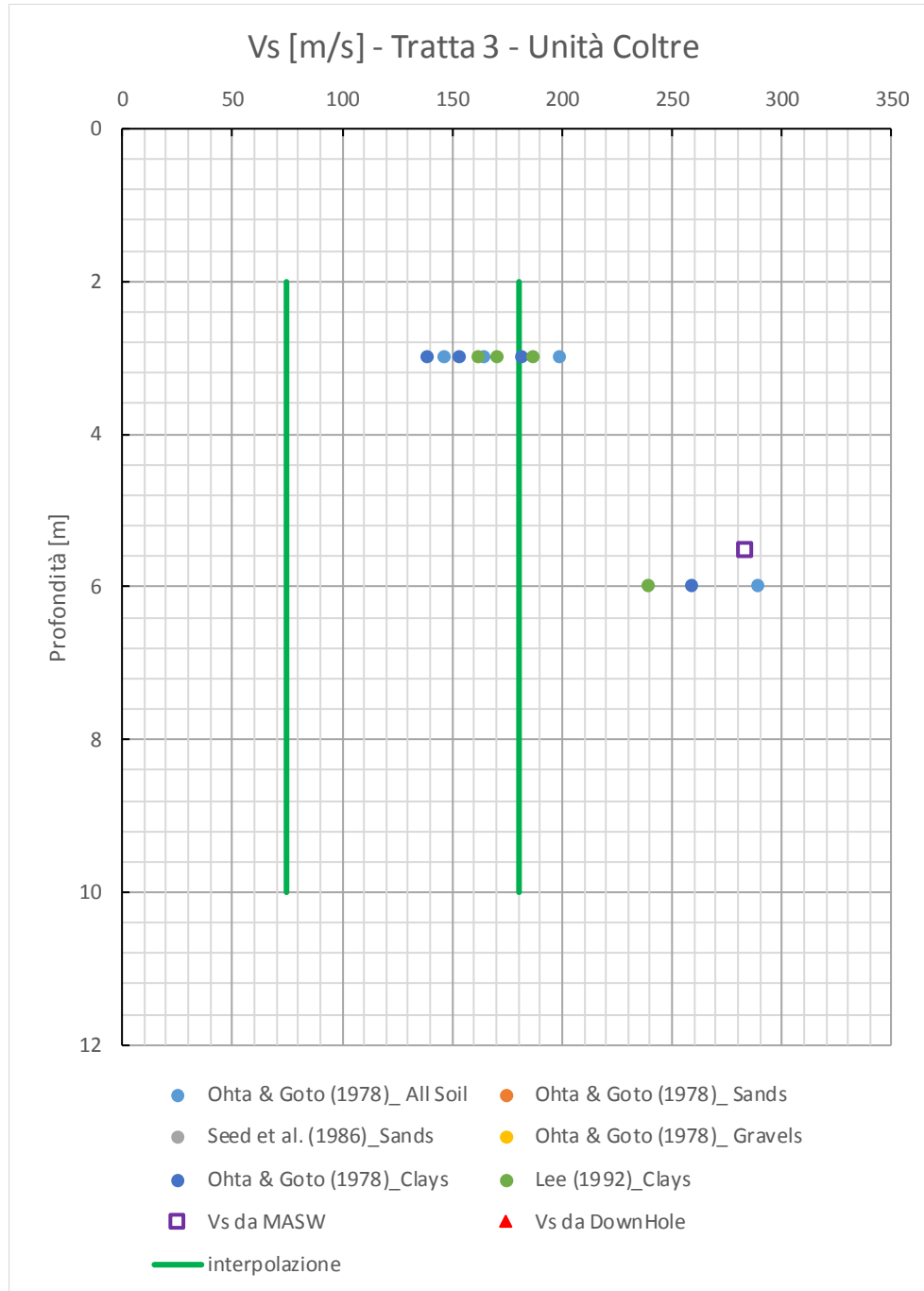


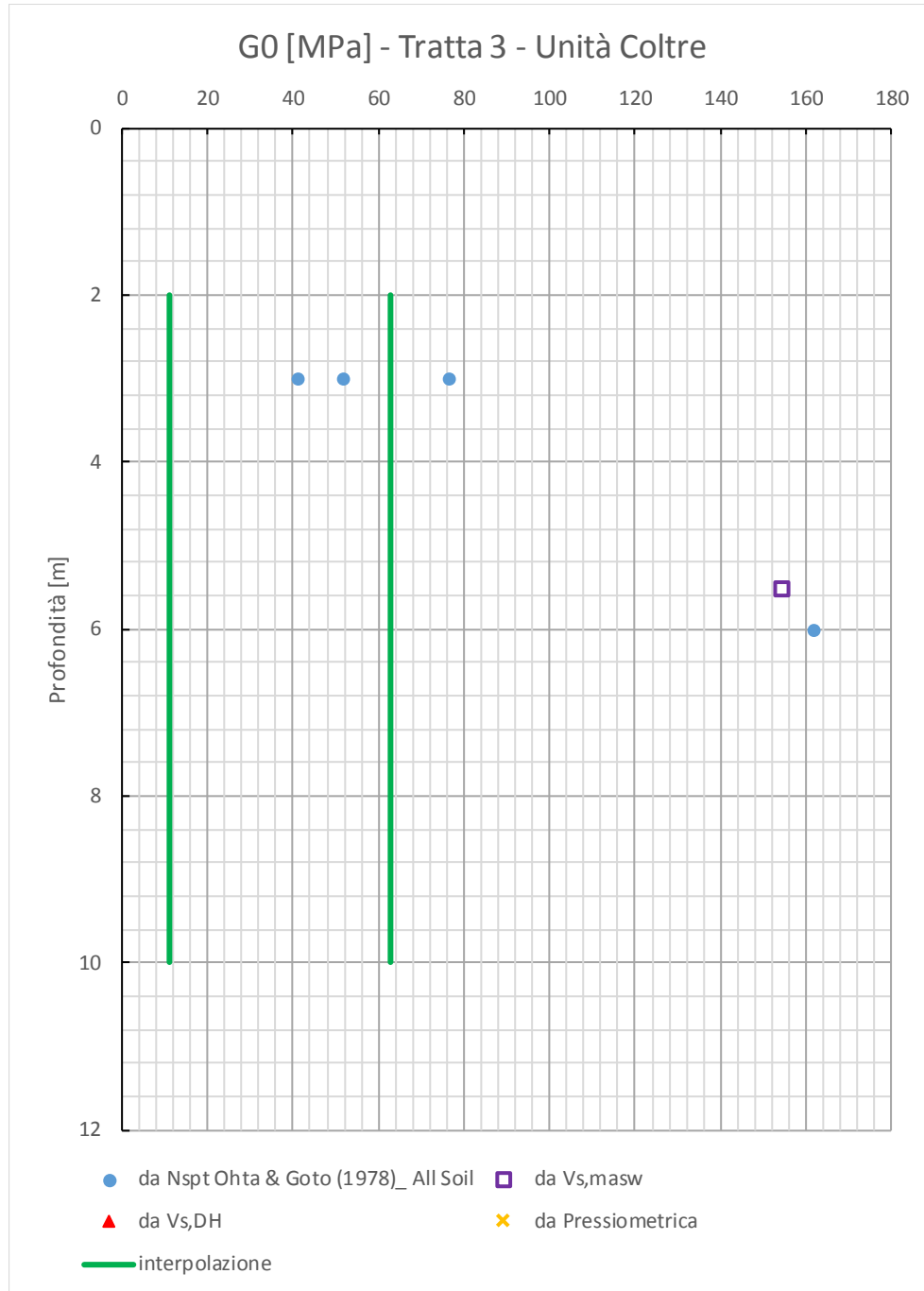


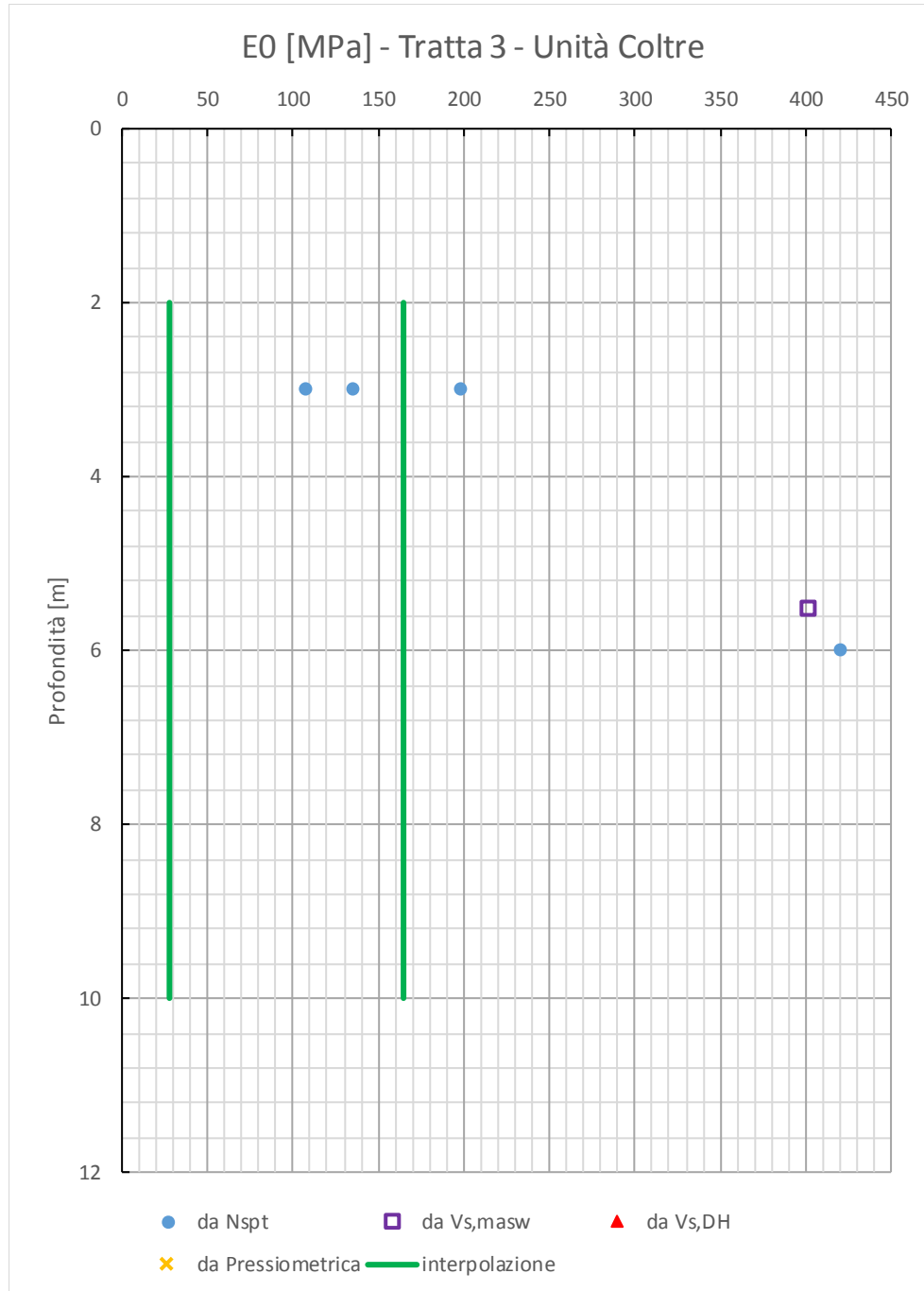


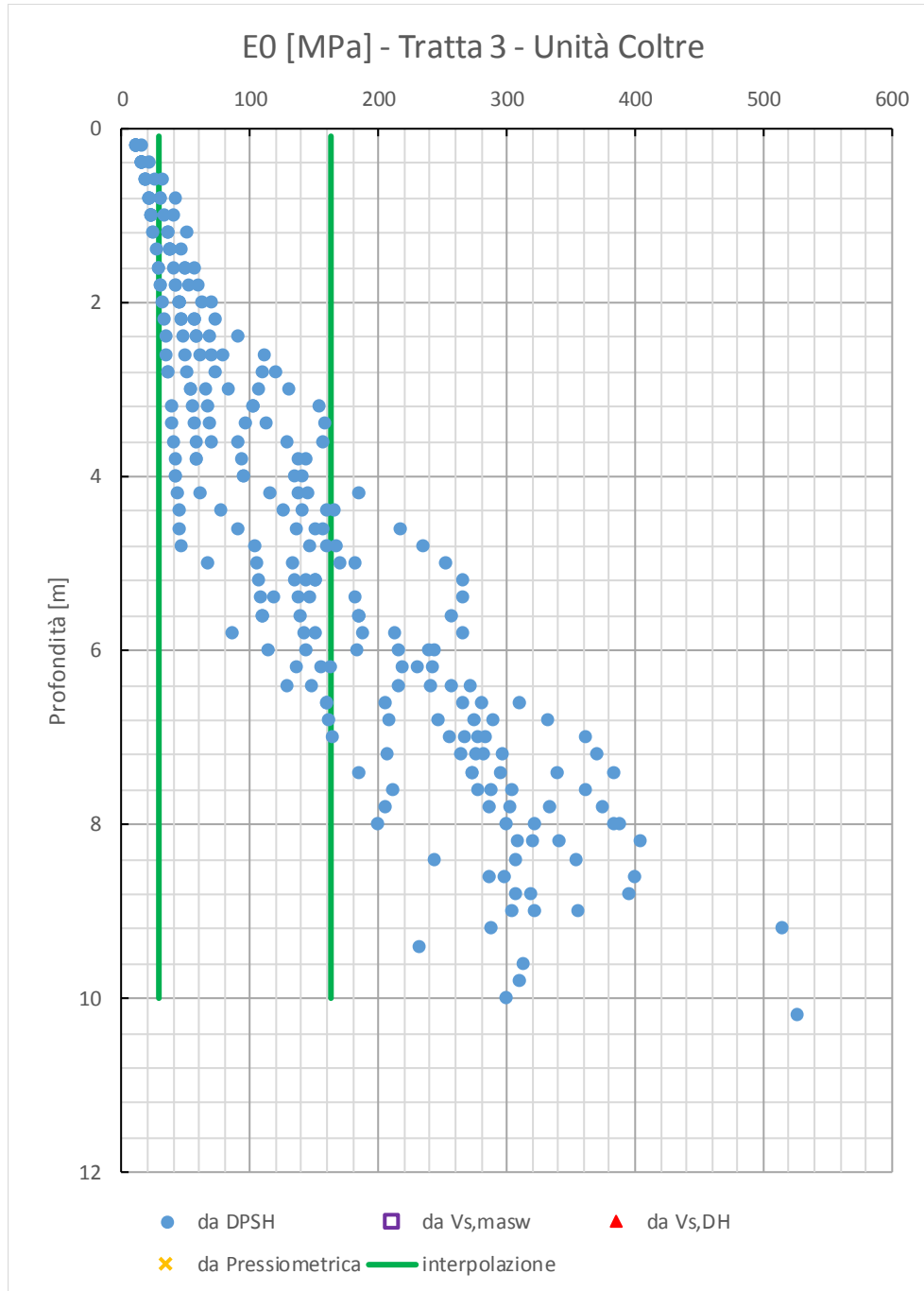


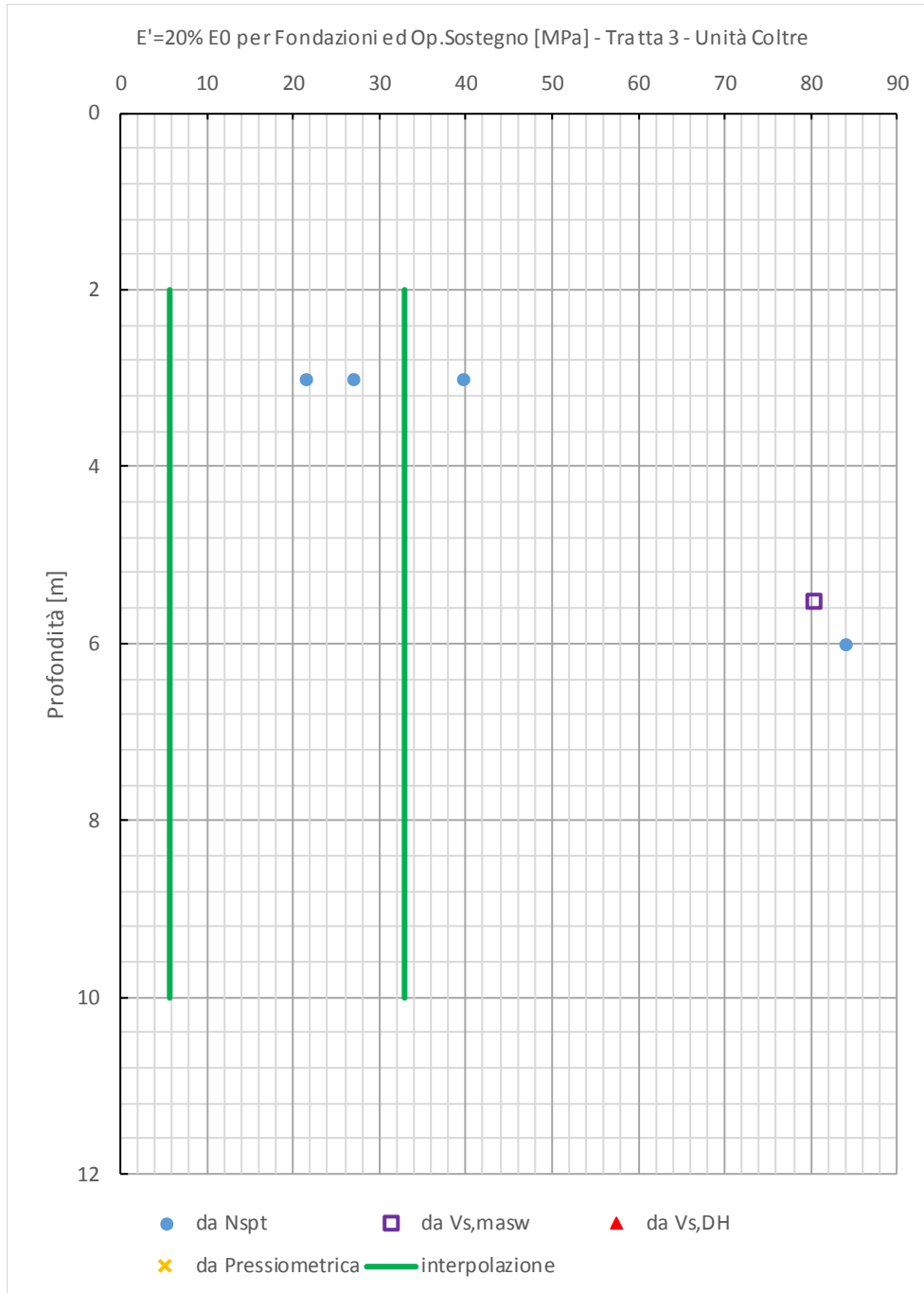






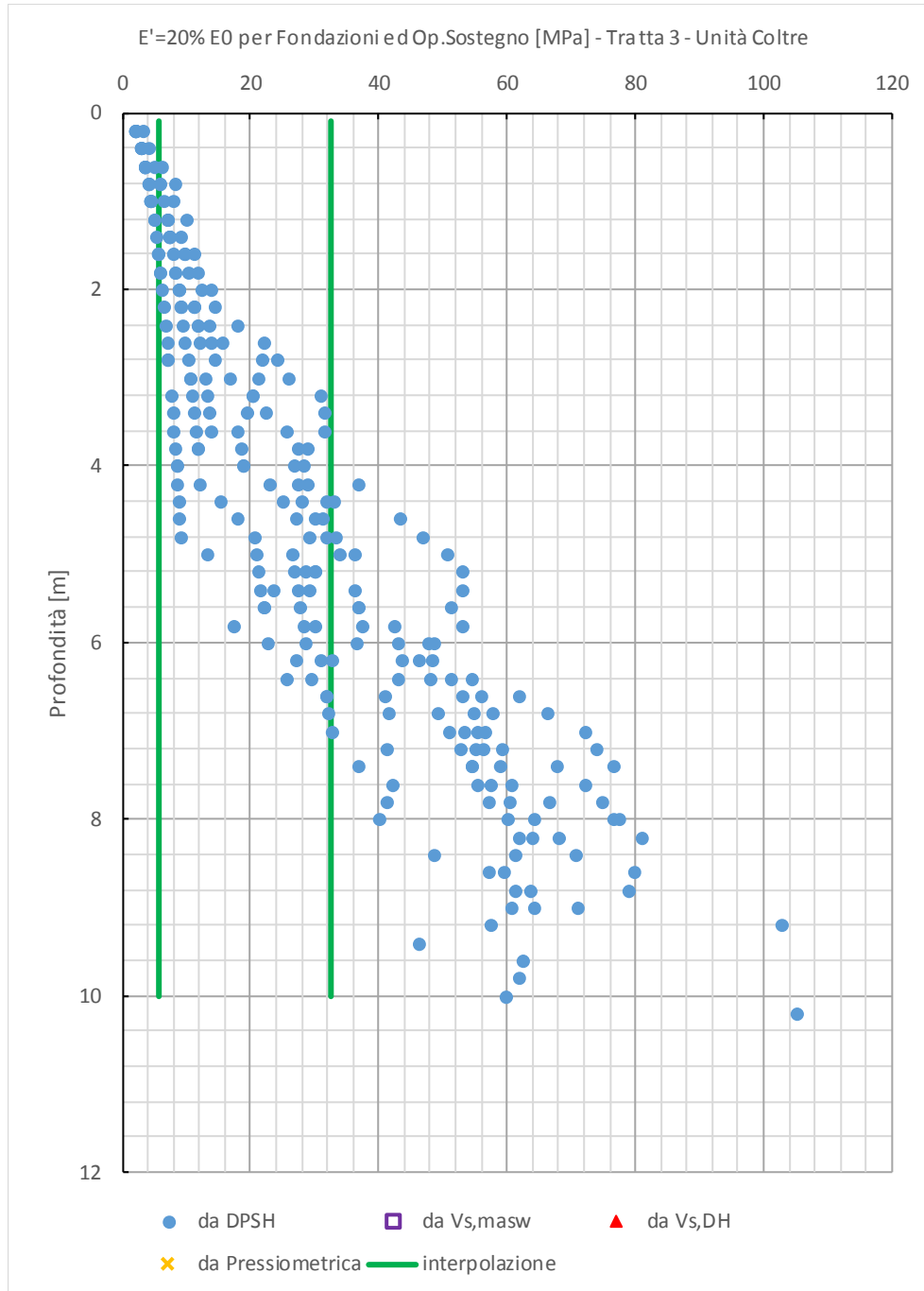


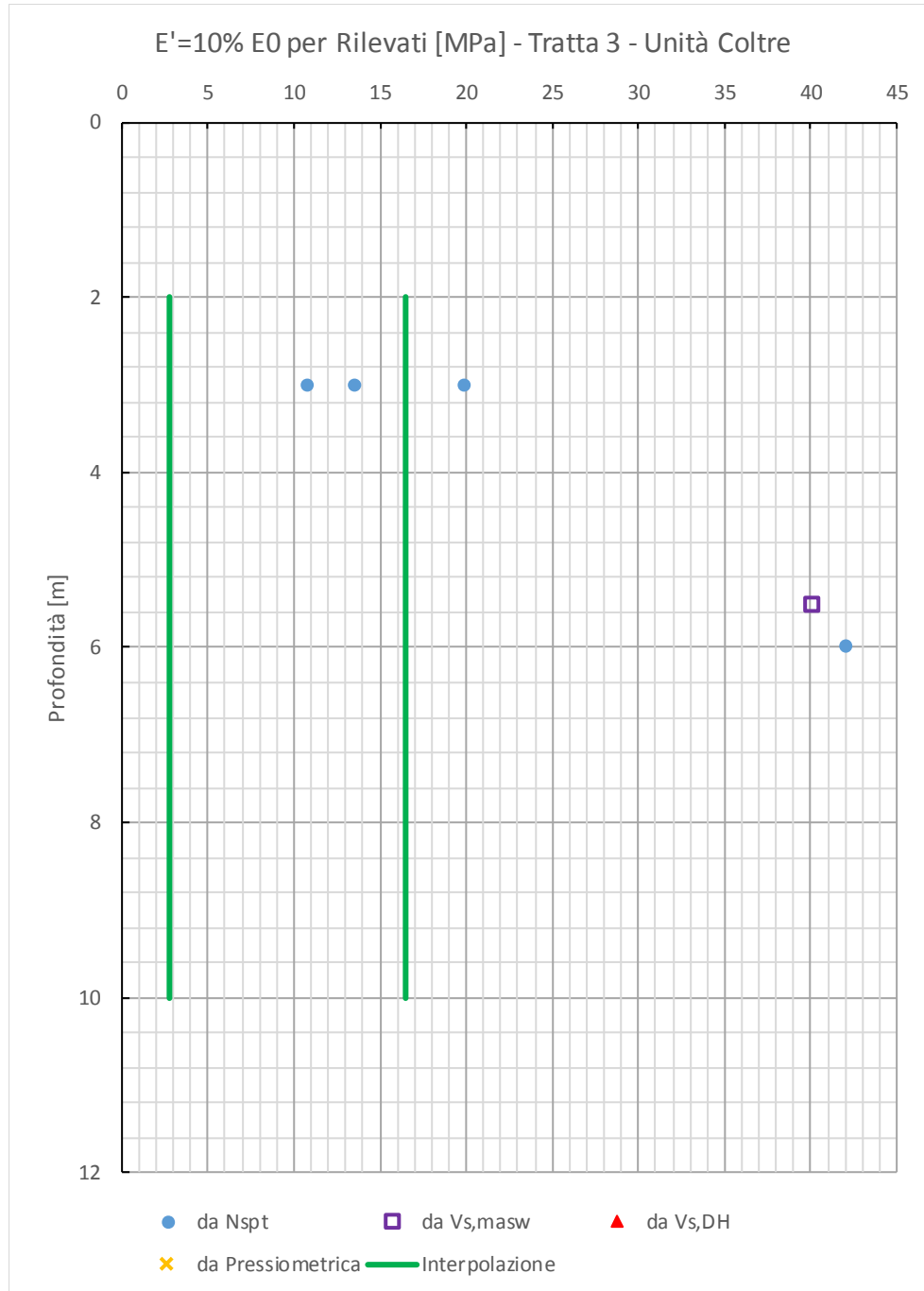


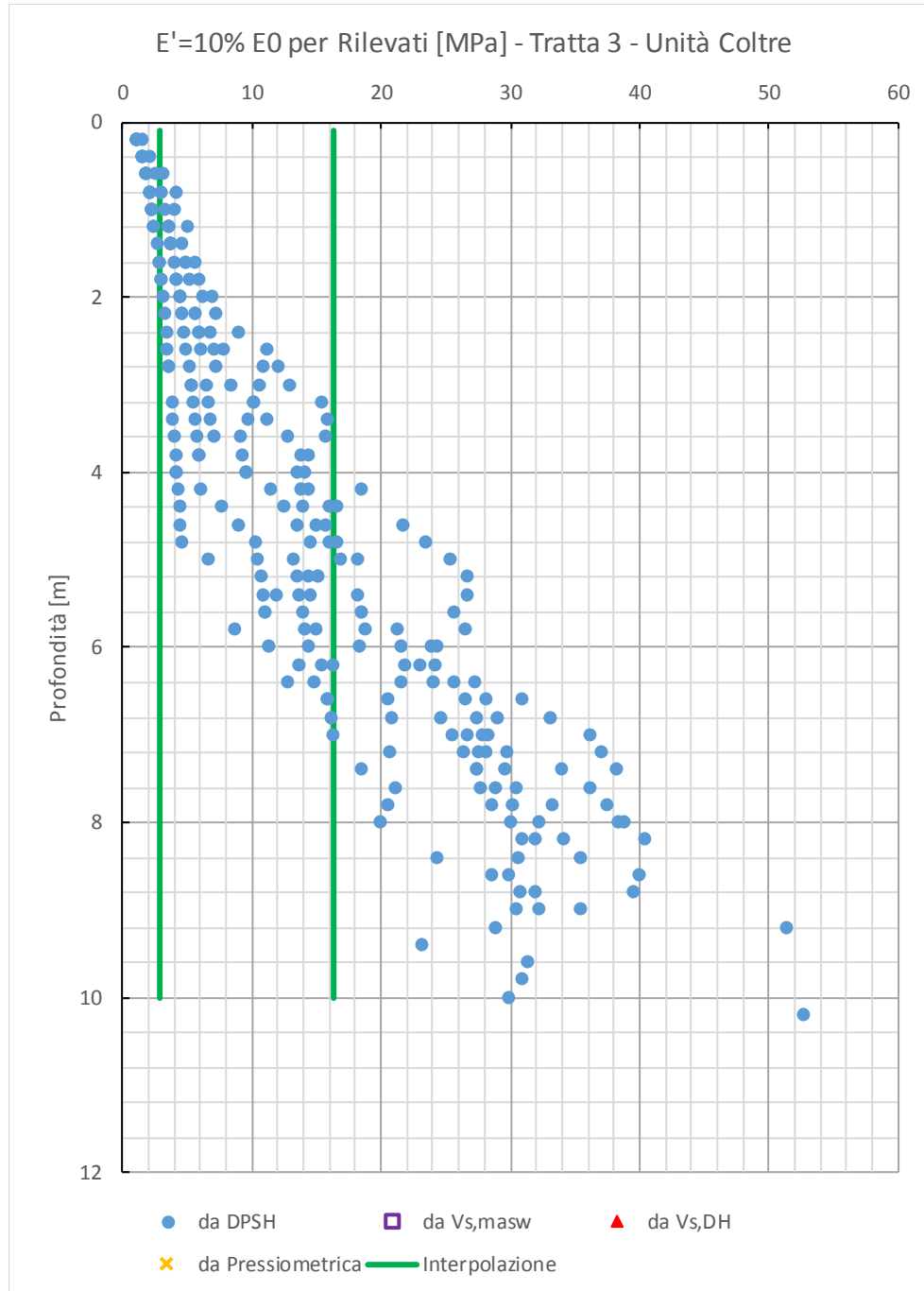


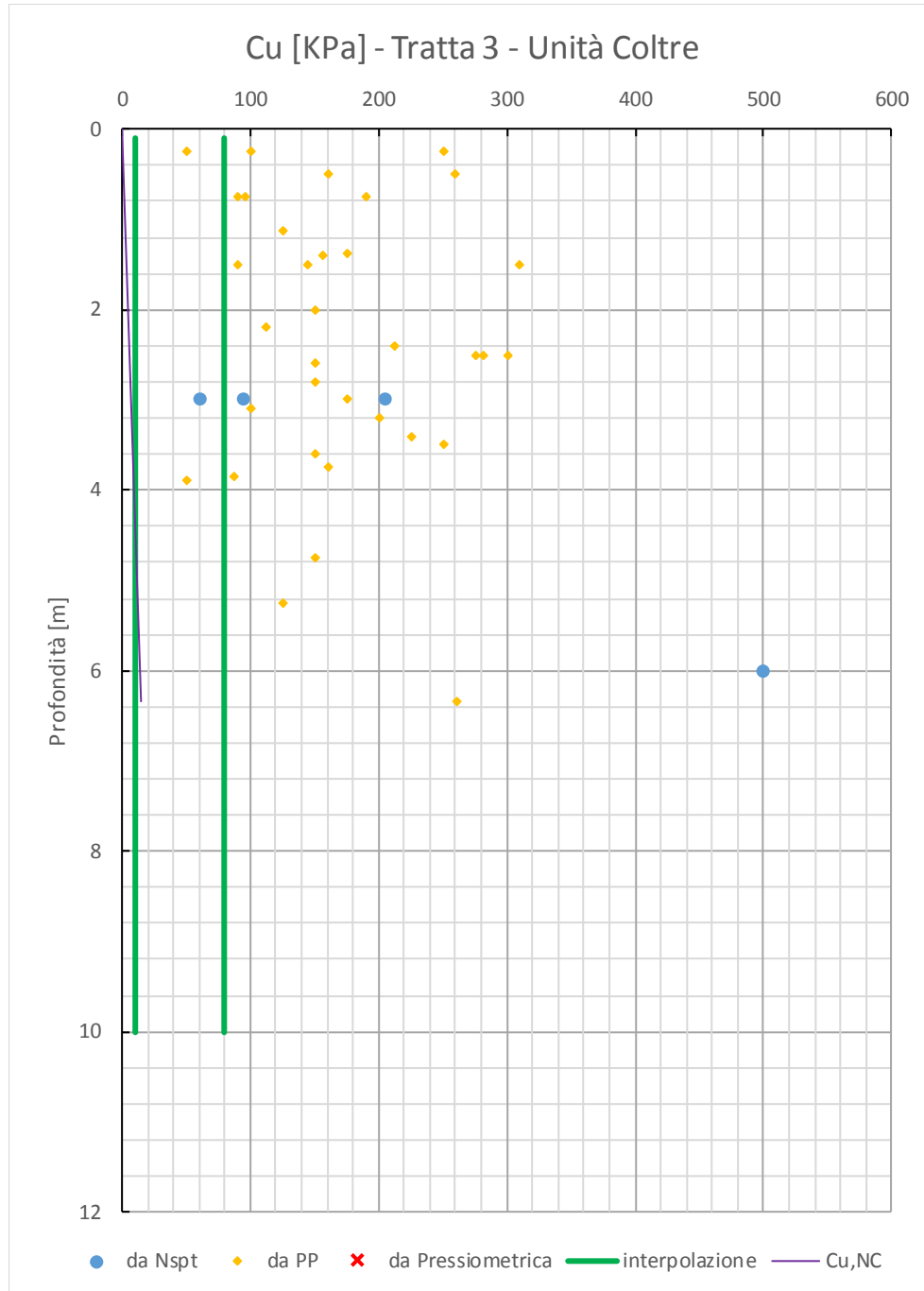
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075

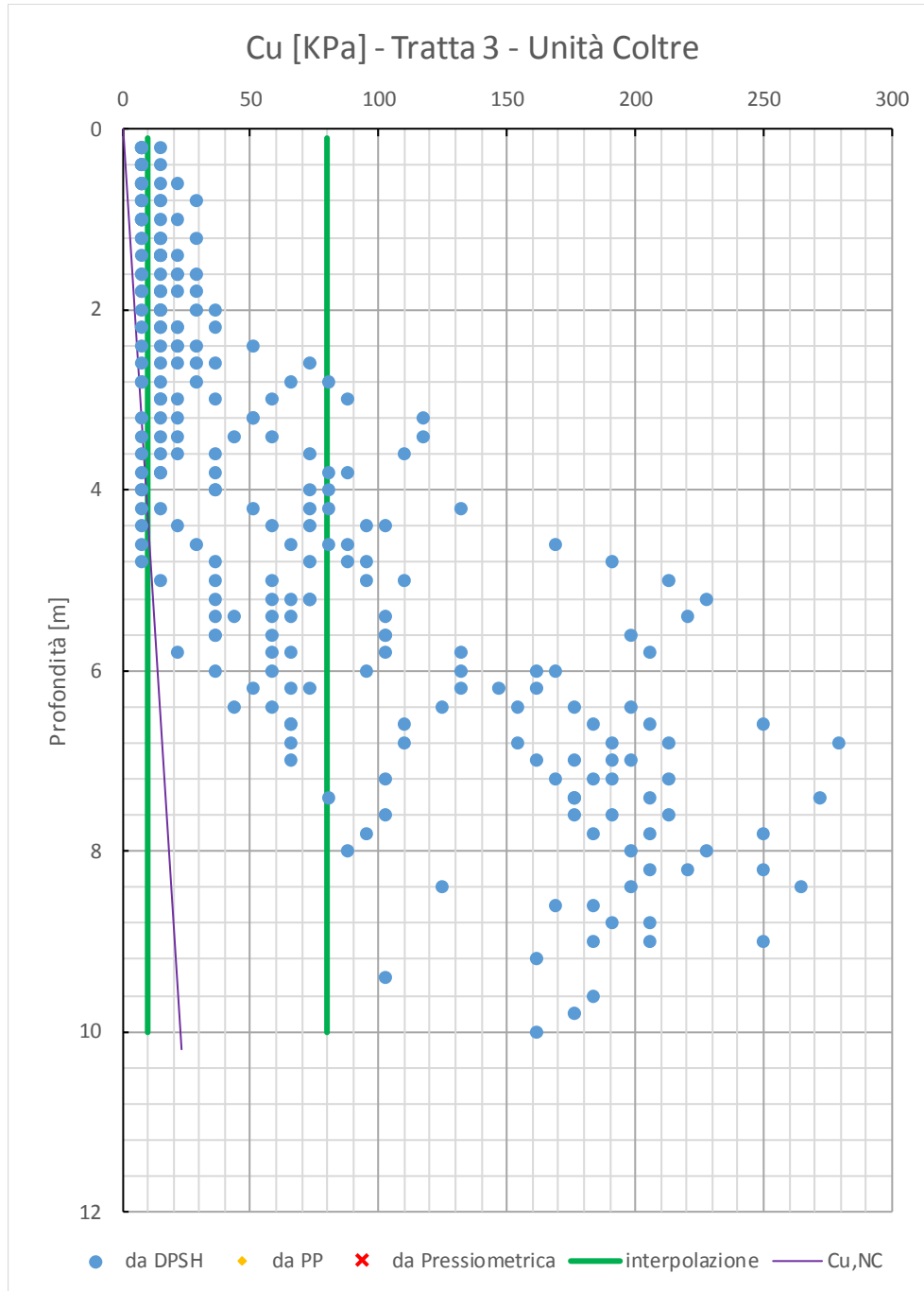
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	68 di 111

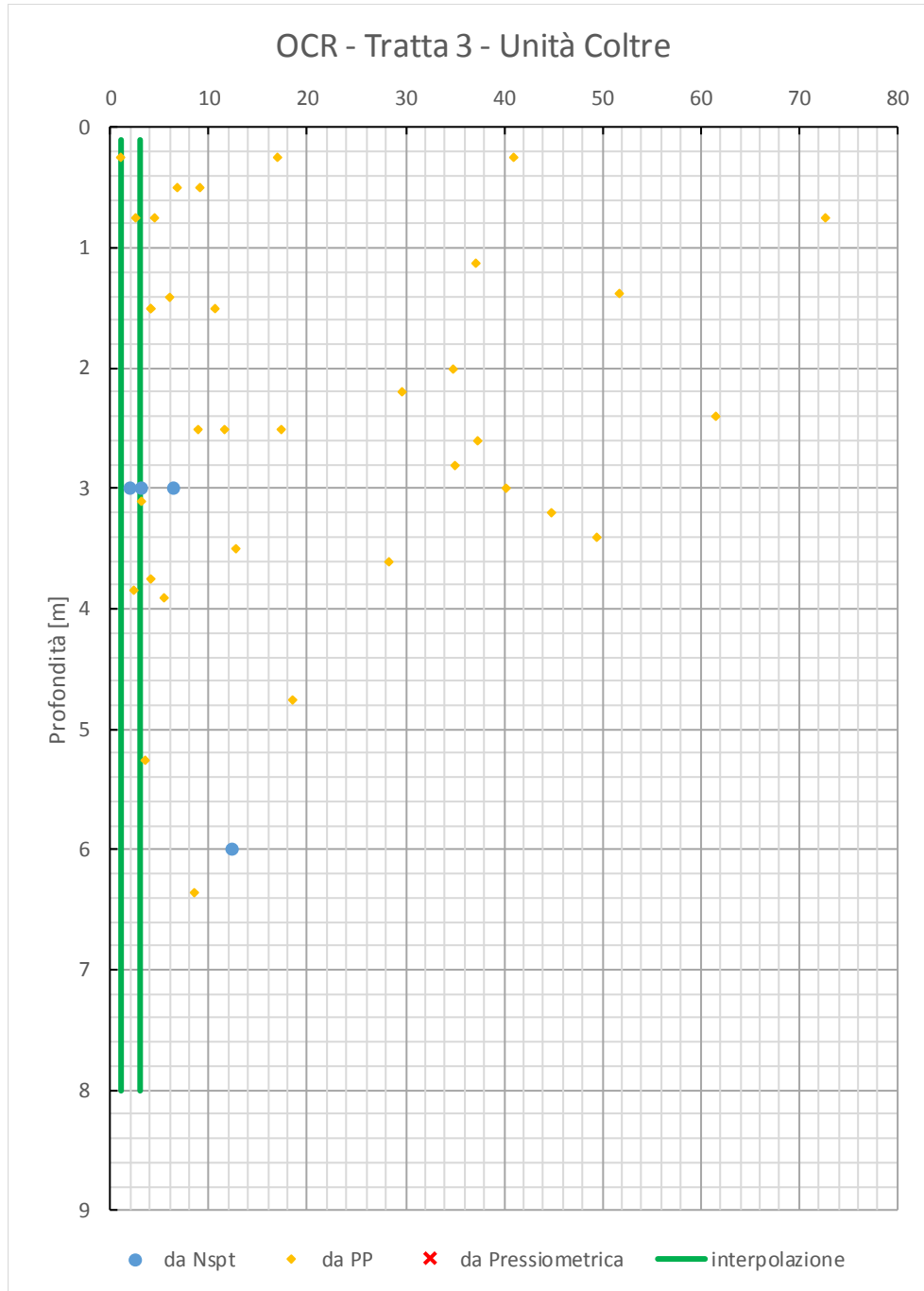






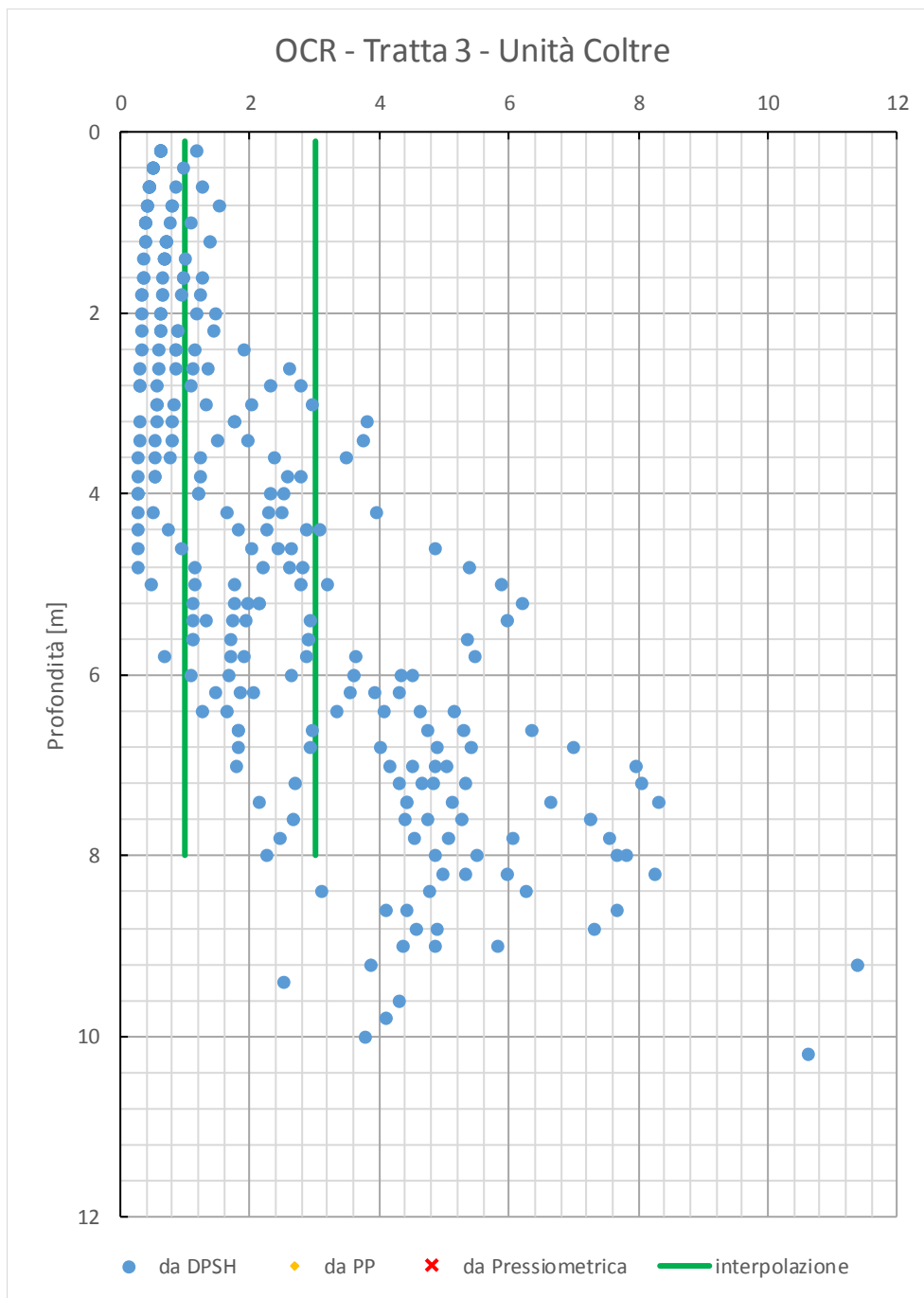


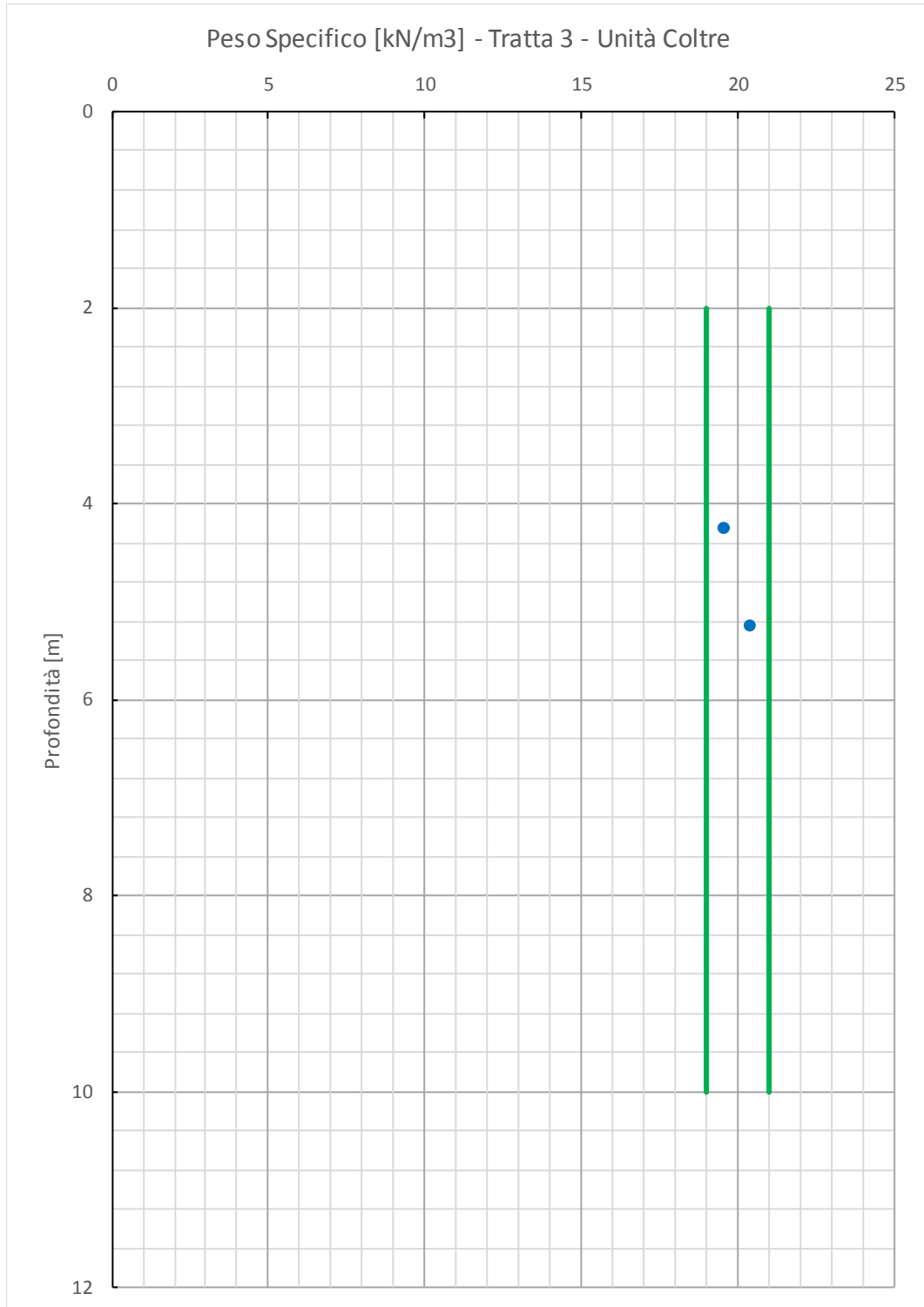


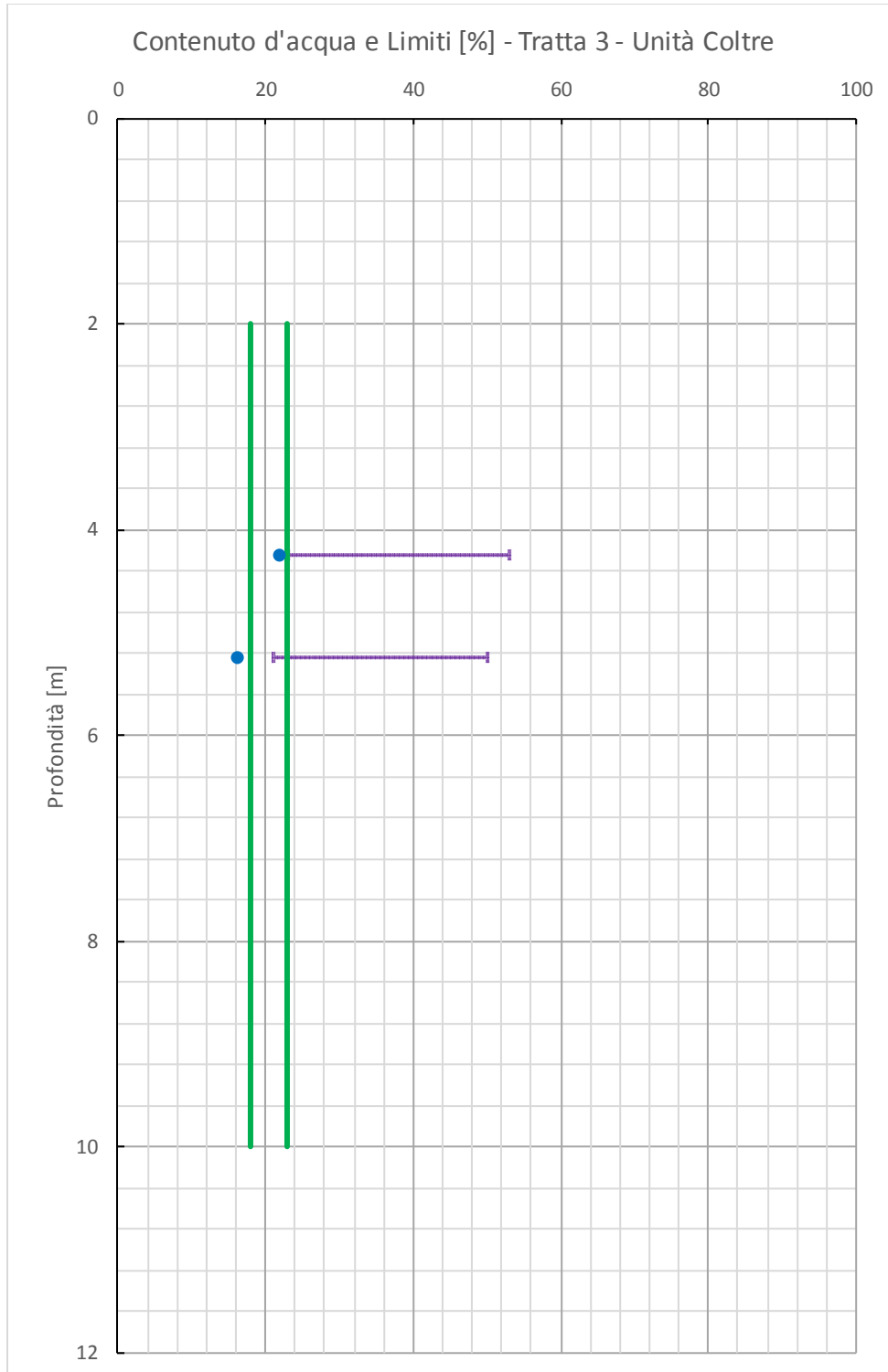


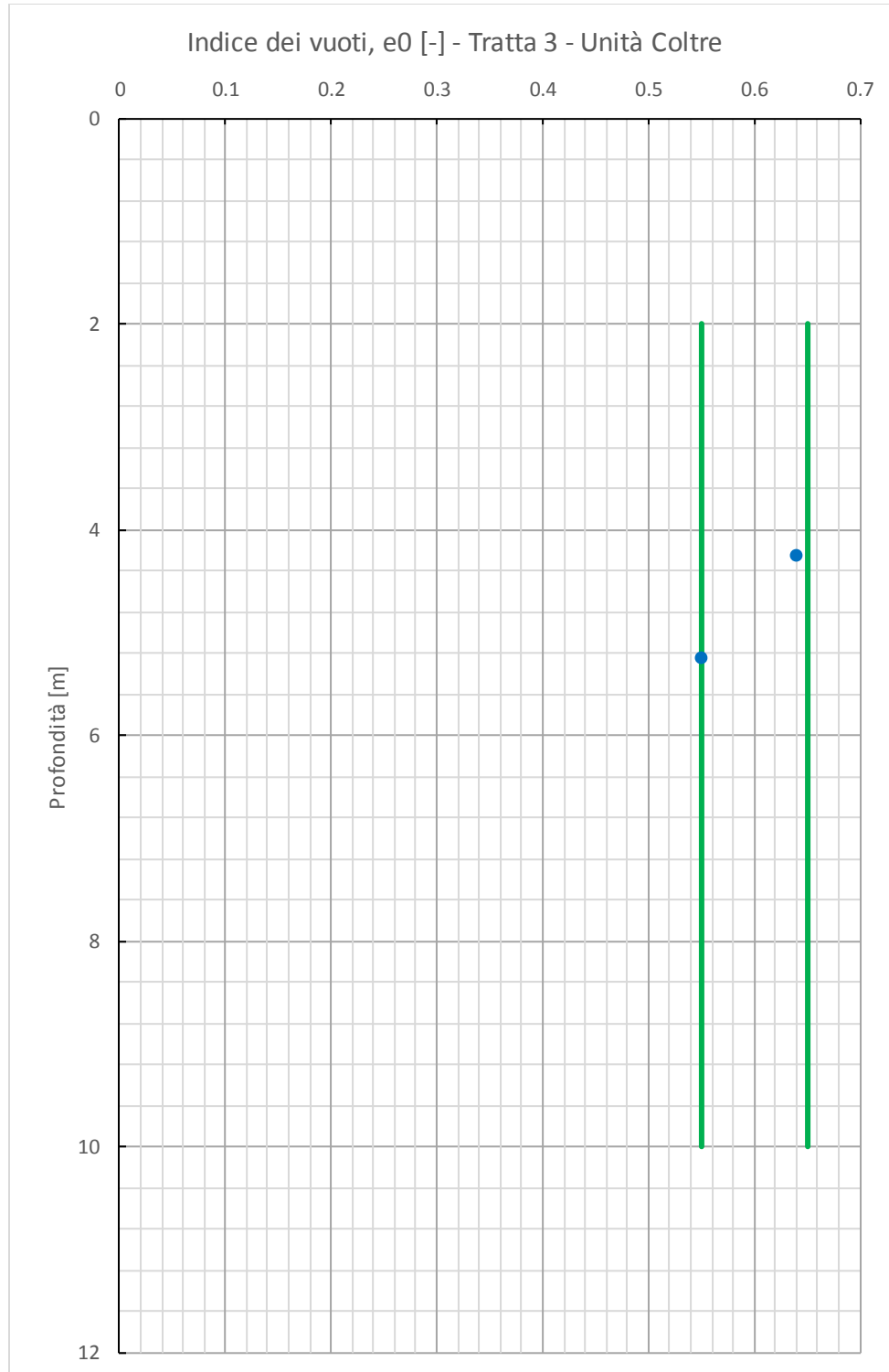
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	74 di 111

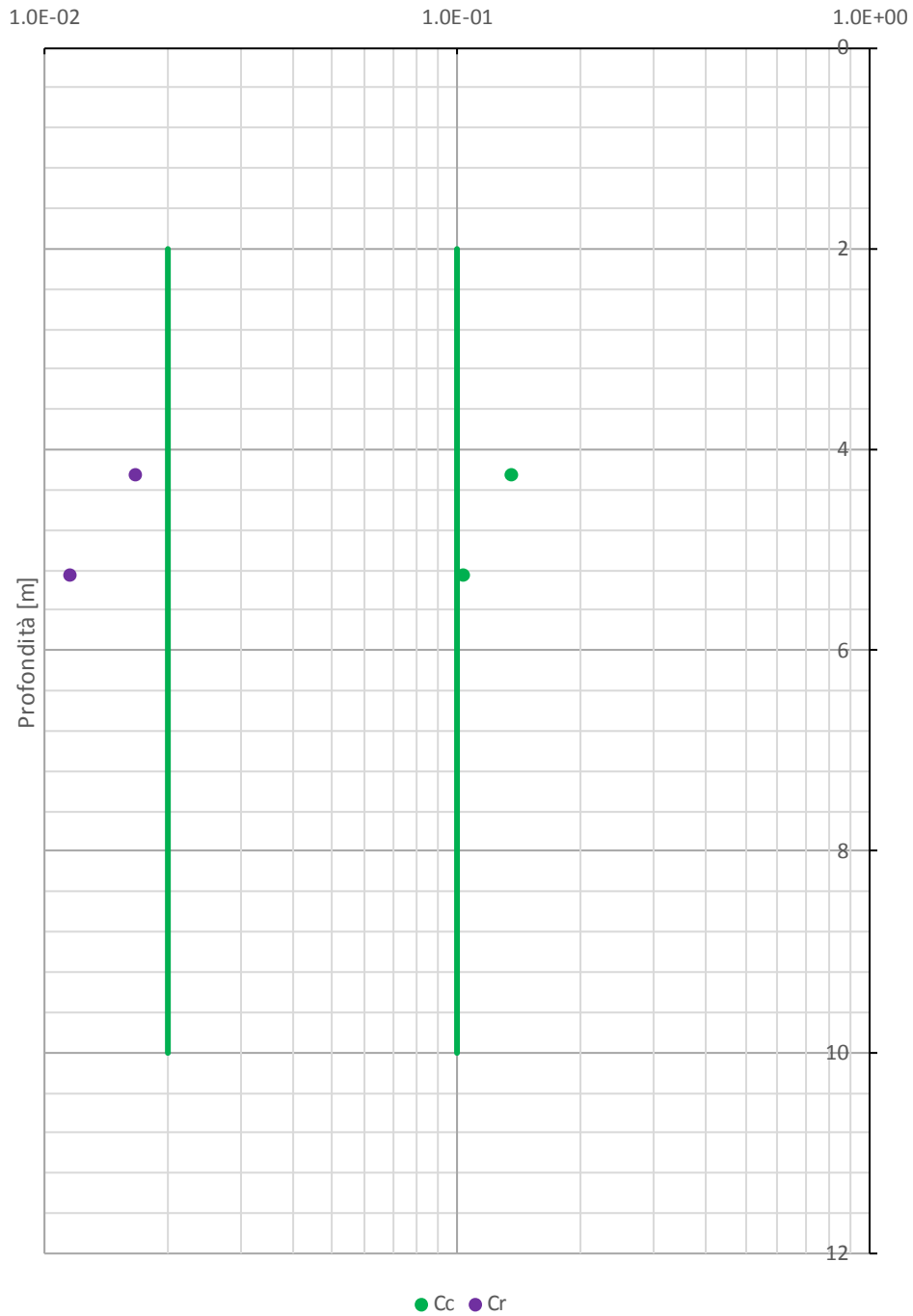


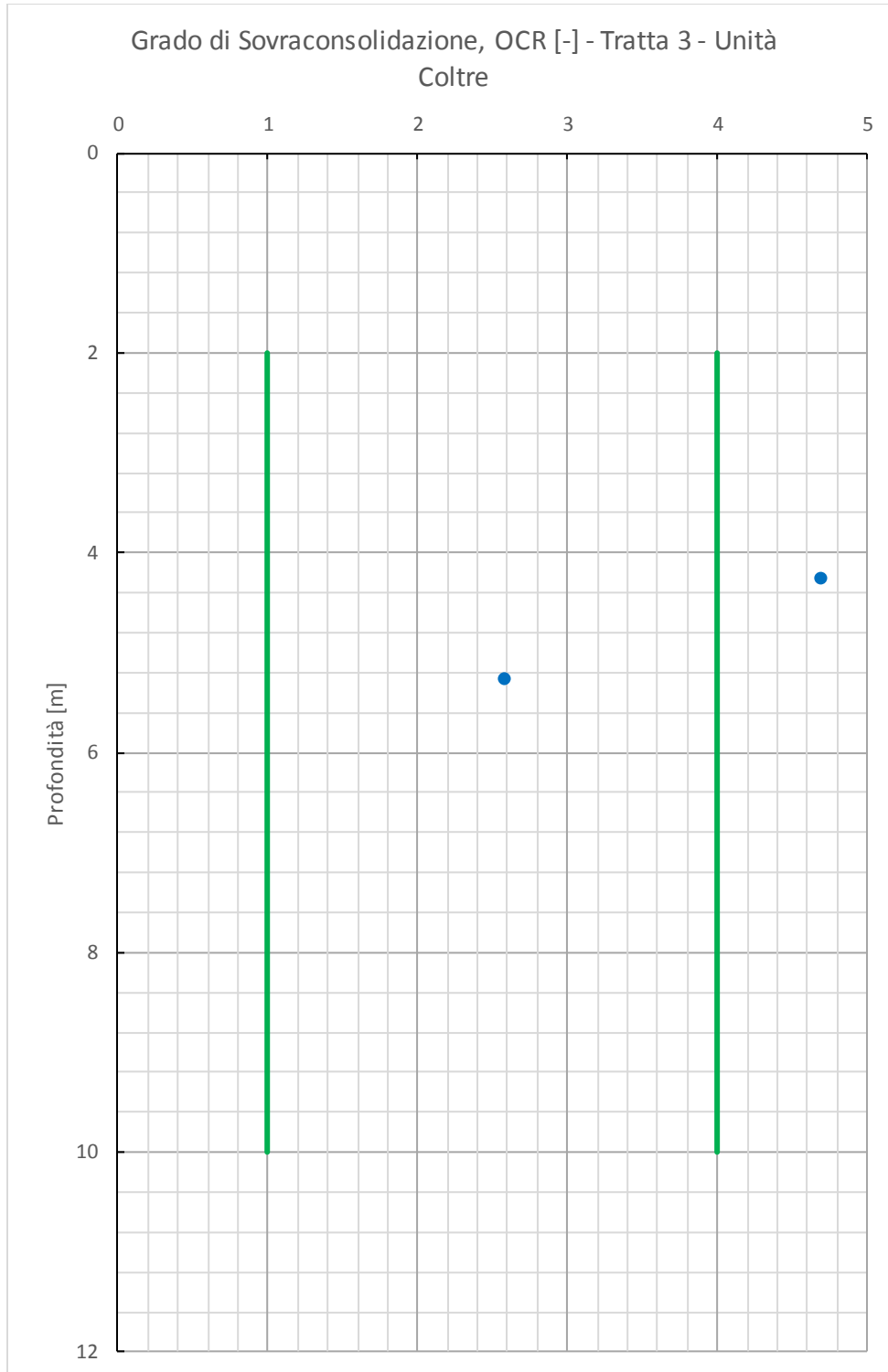






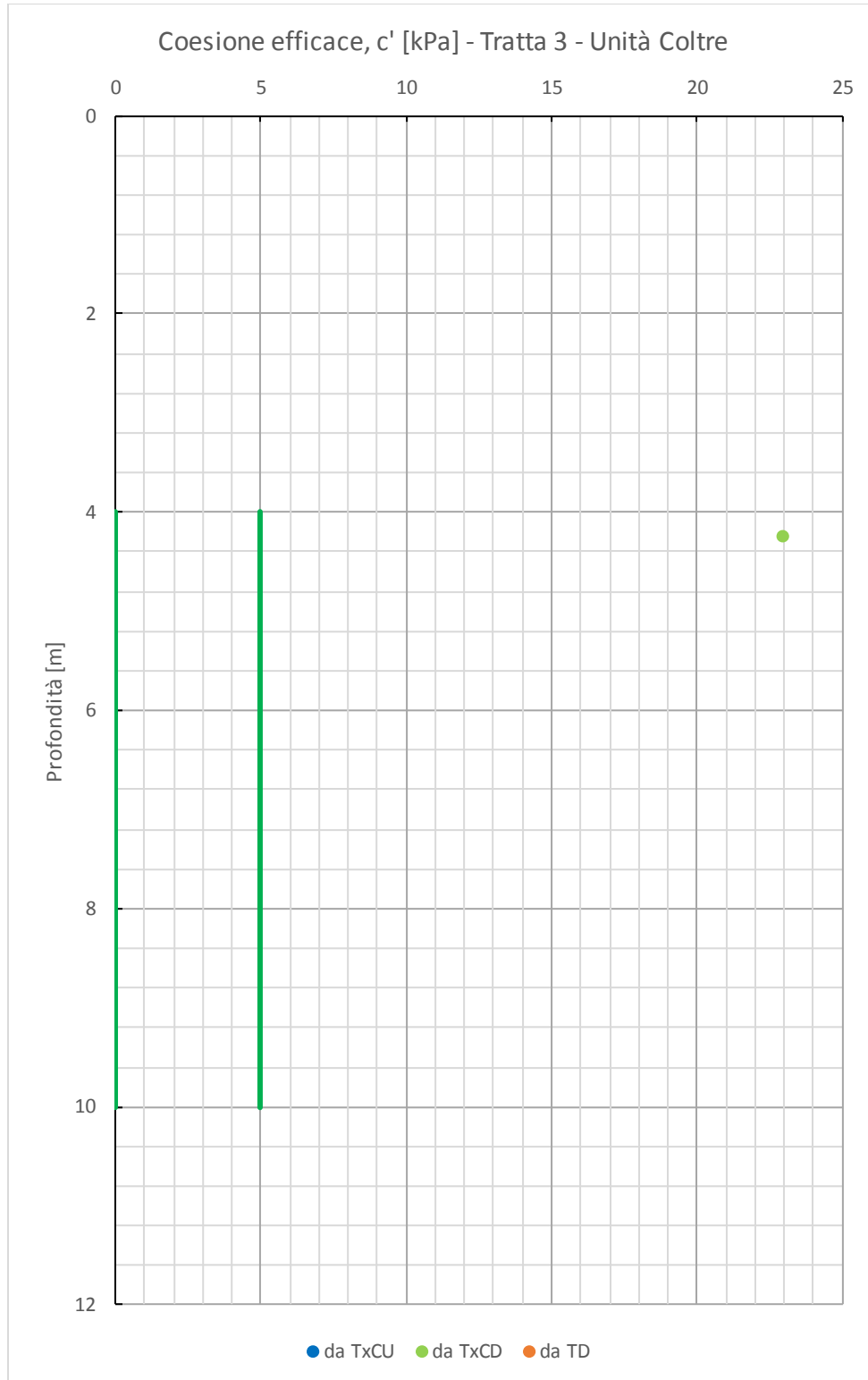
Indice di Compressibilità (Cc) e di Ricarico (Cr) - Tratta 3 -
Unità Coltre

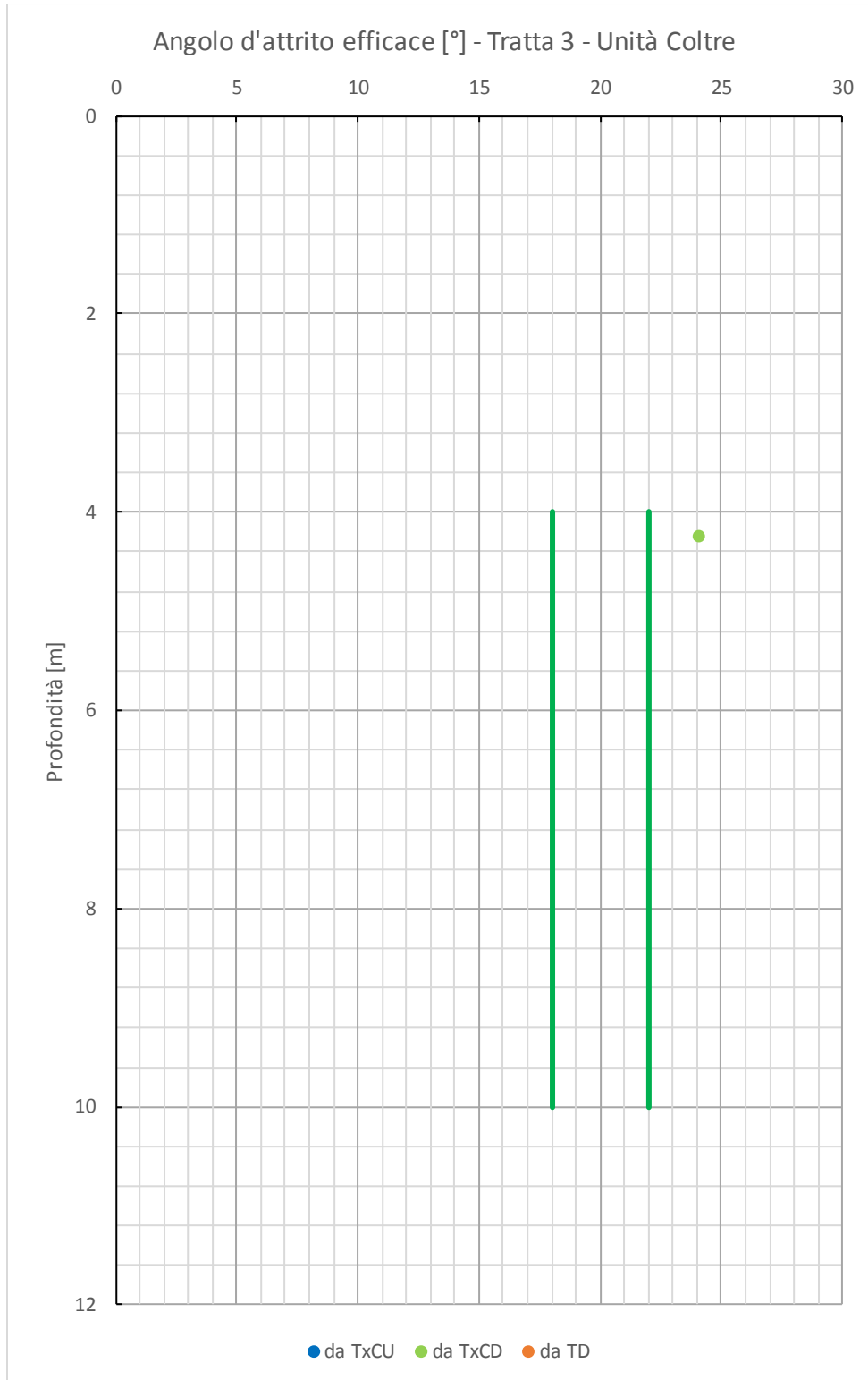


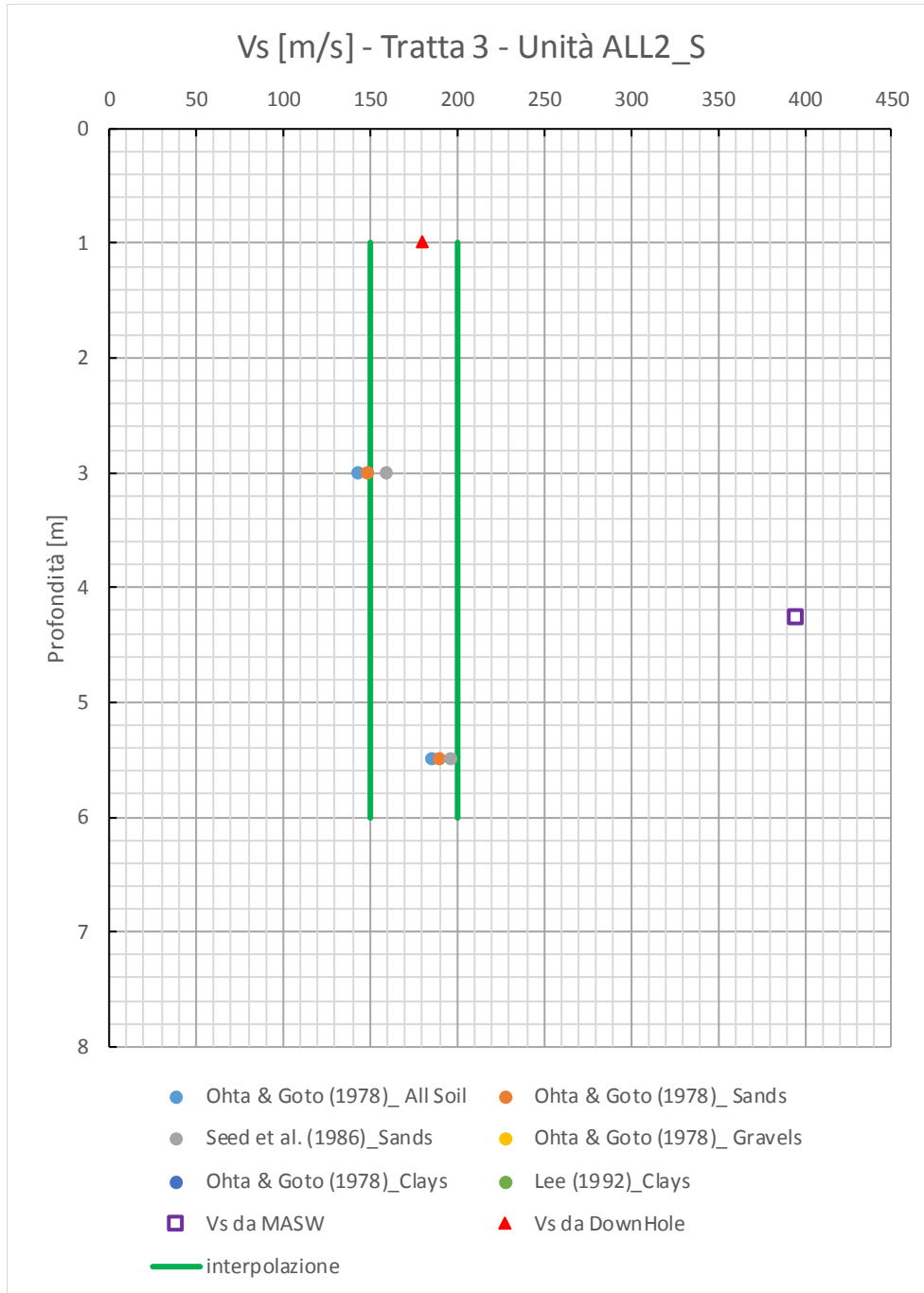


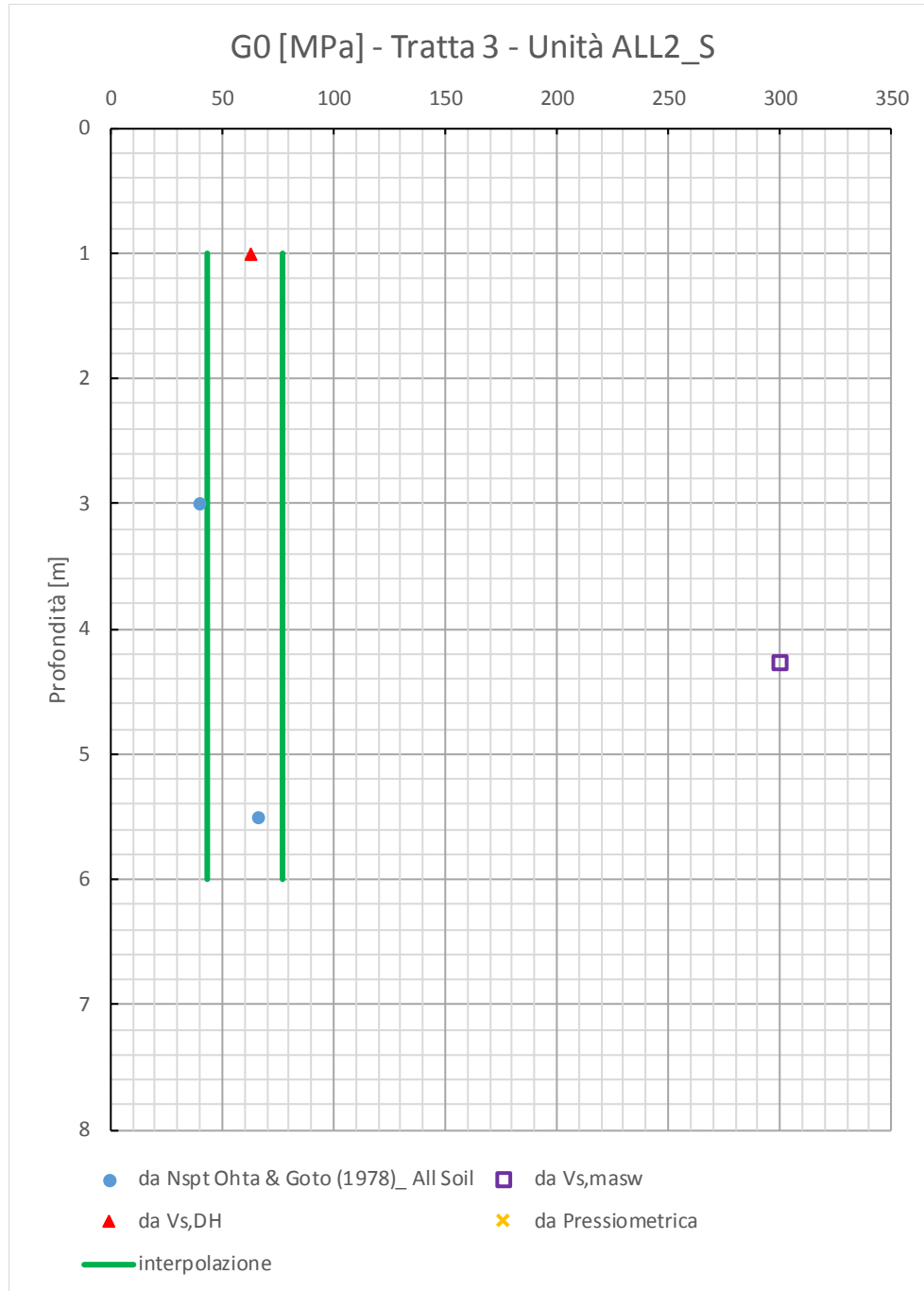
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075

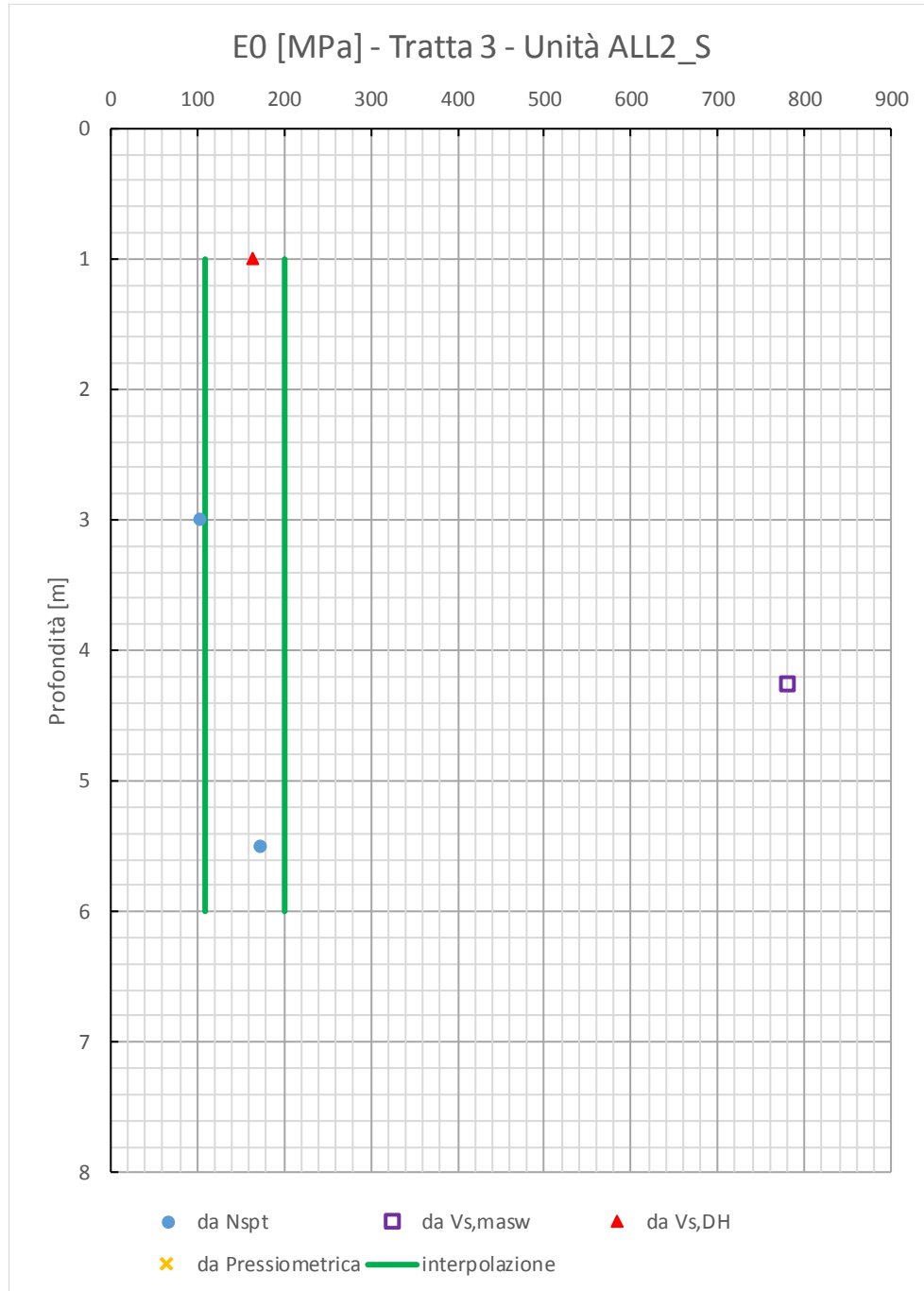
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	80 di 111





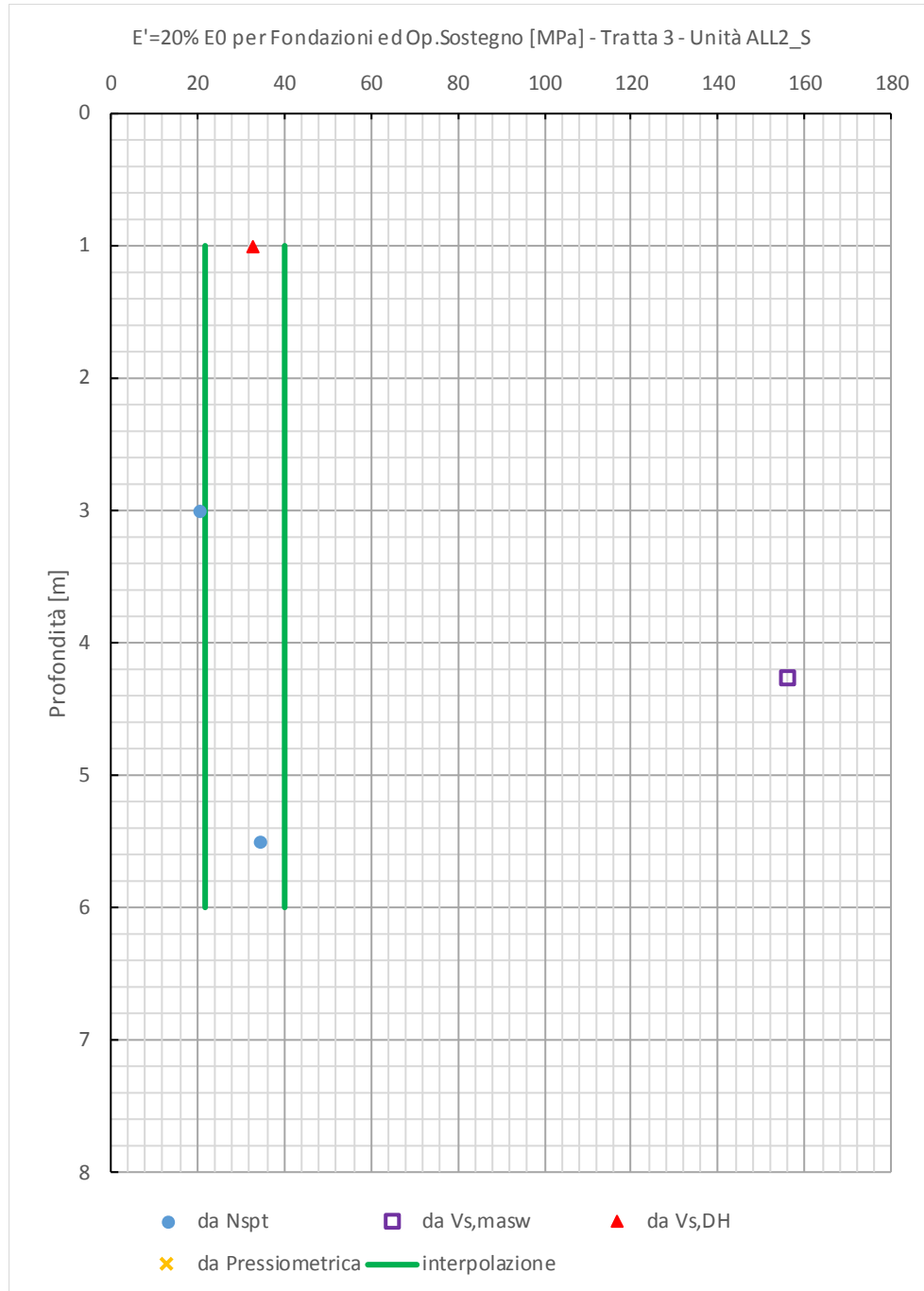






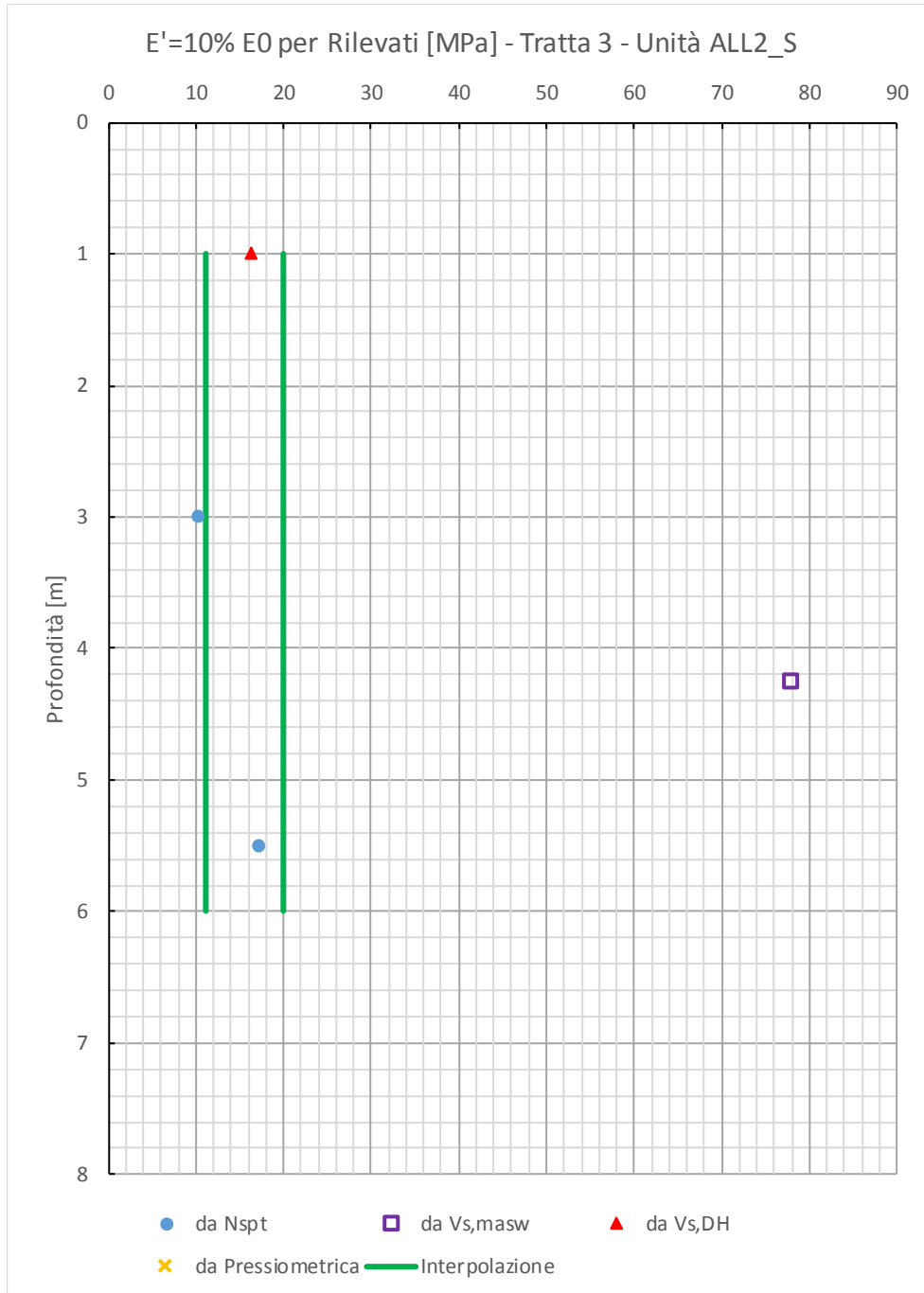
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	85 di 111

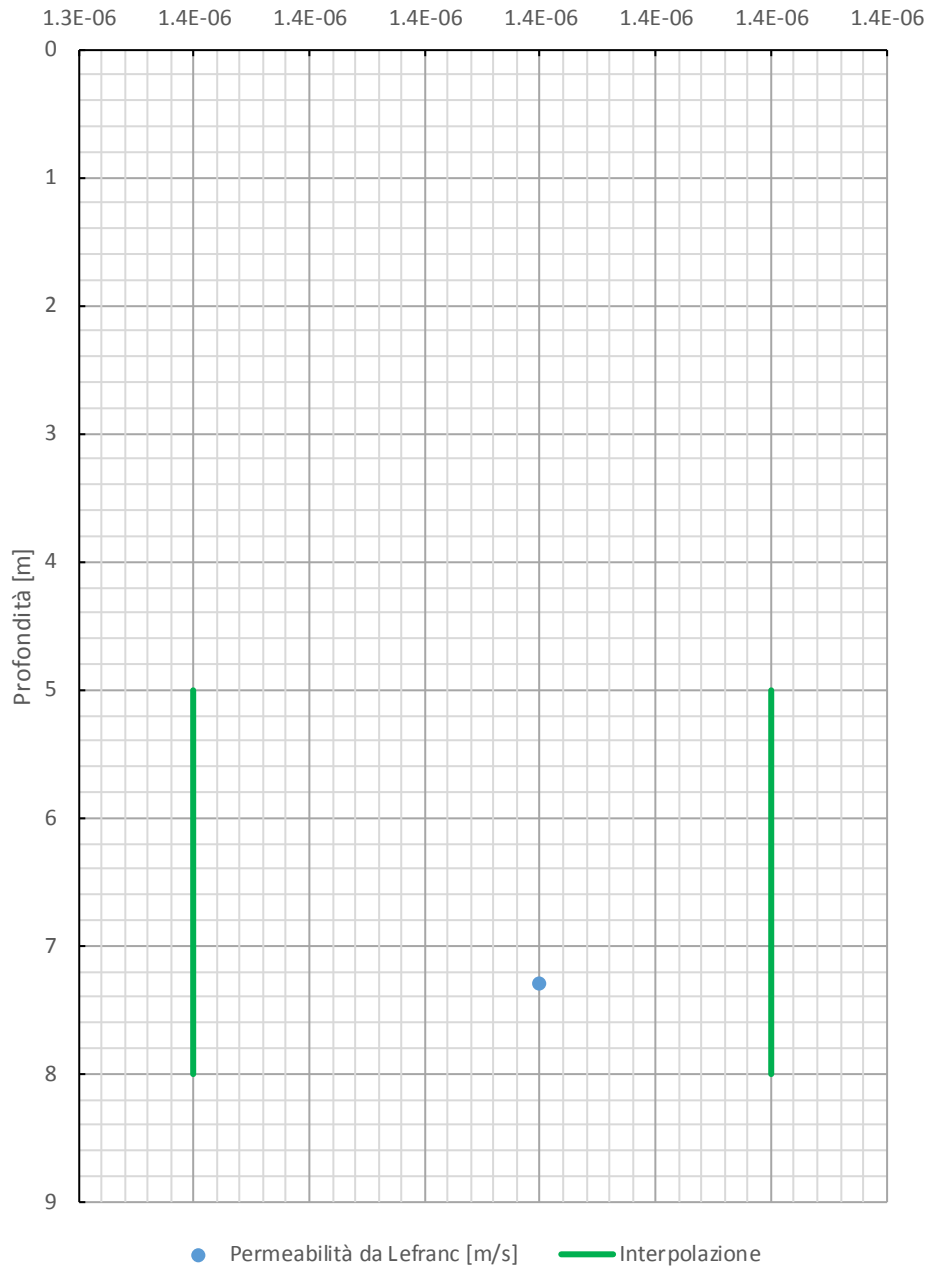


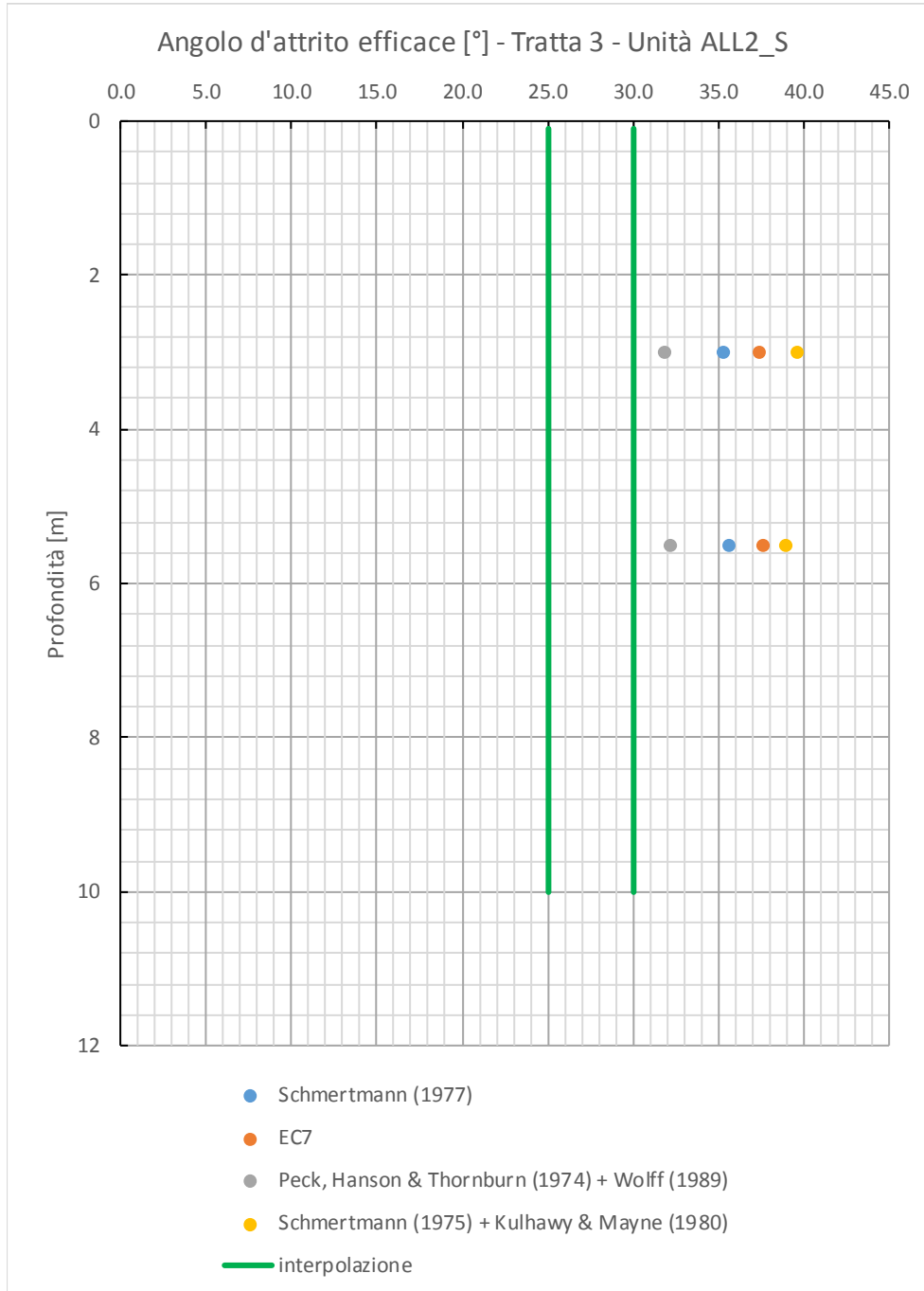
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075

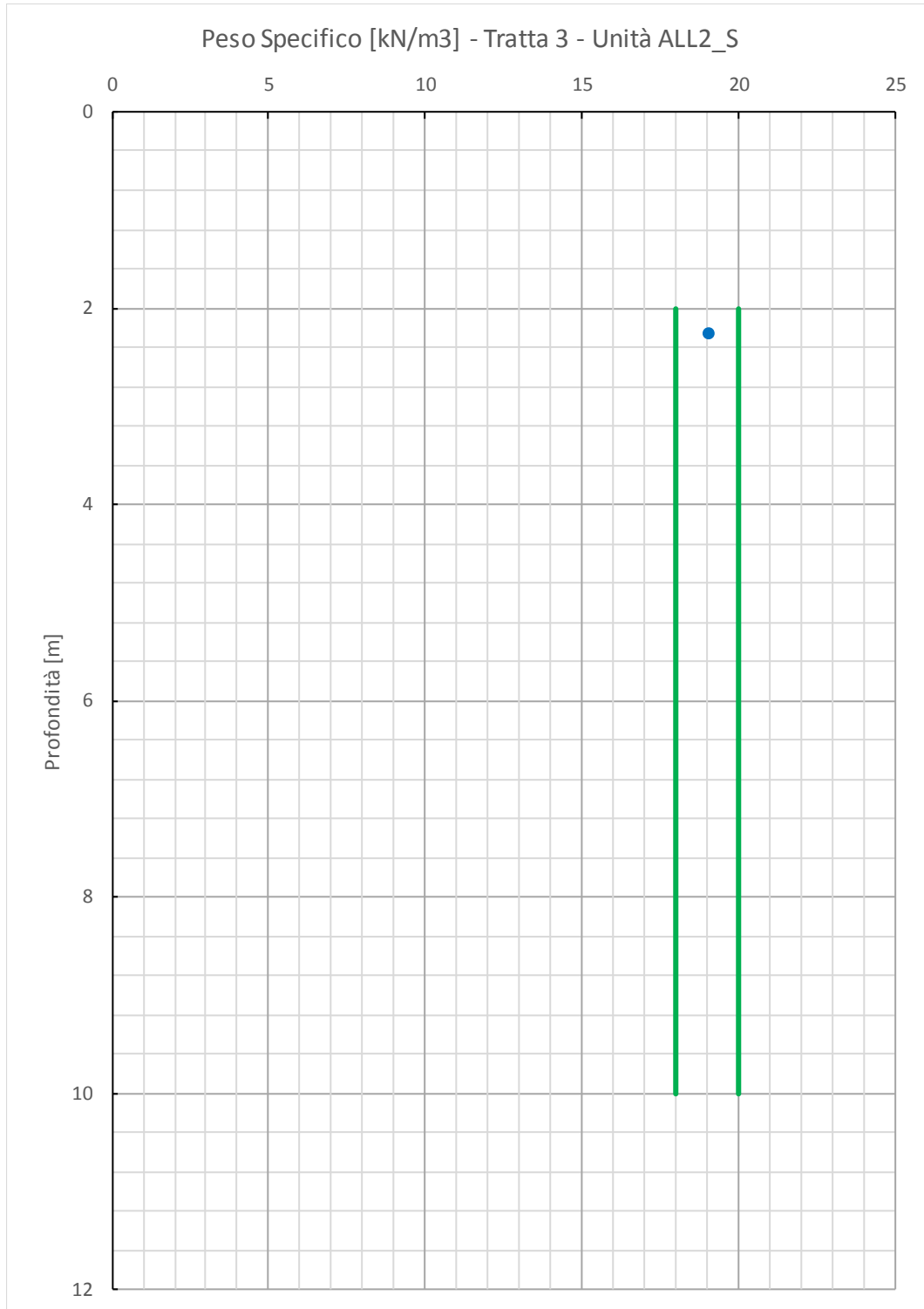
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	86 di 111

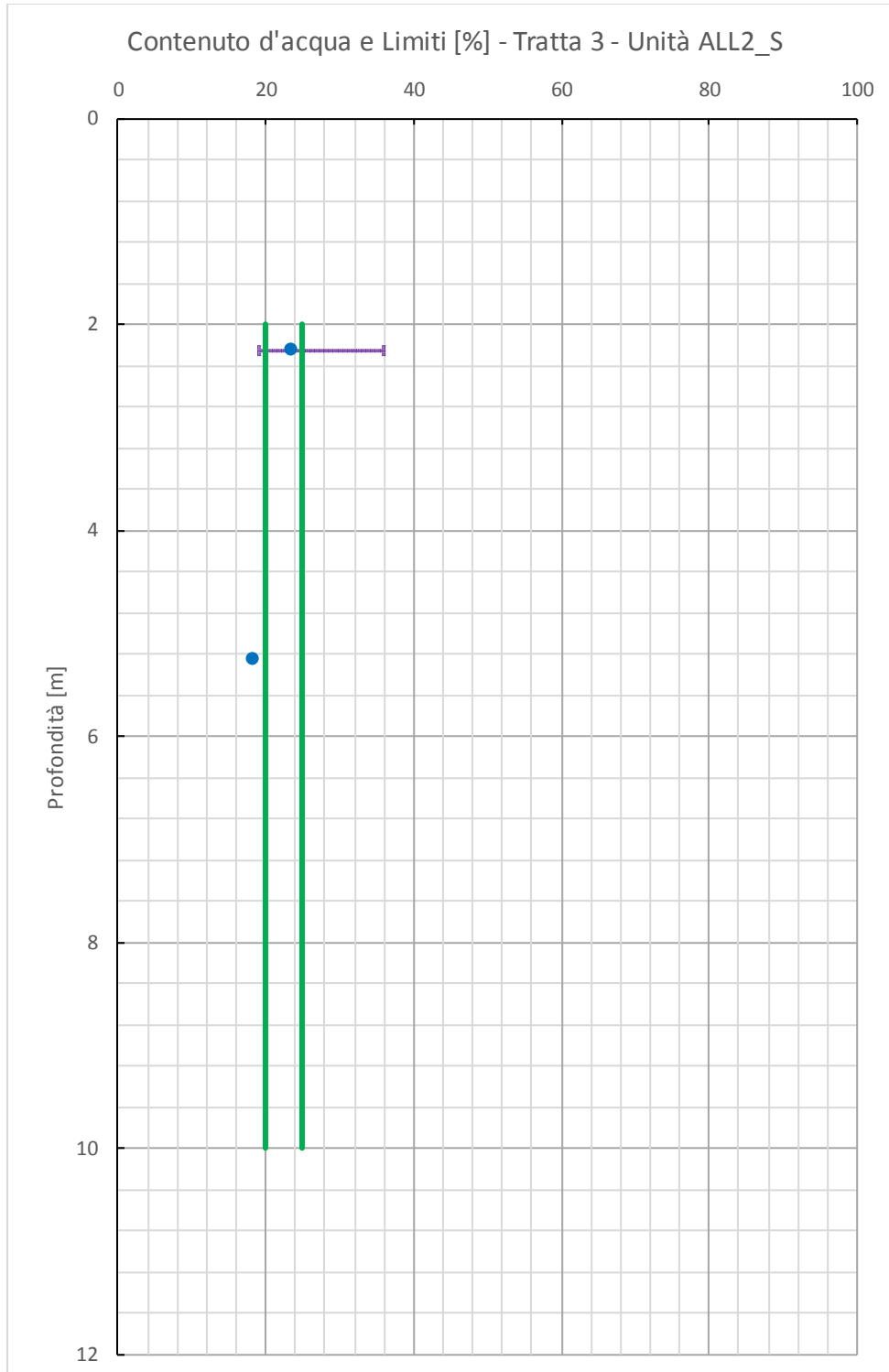


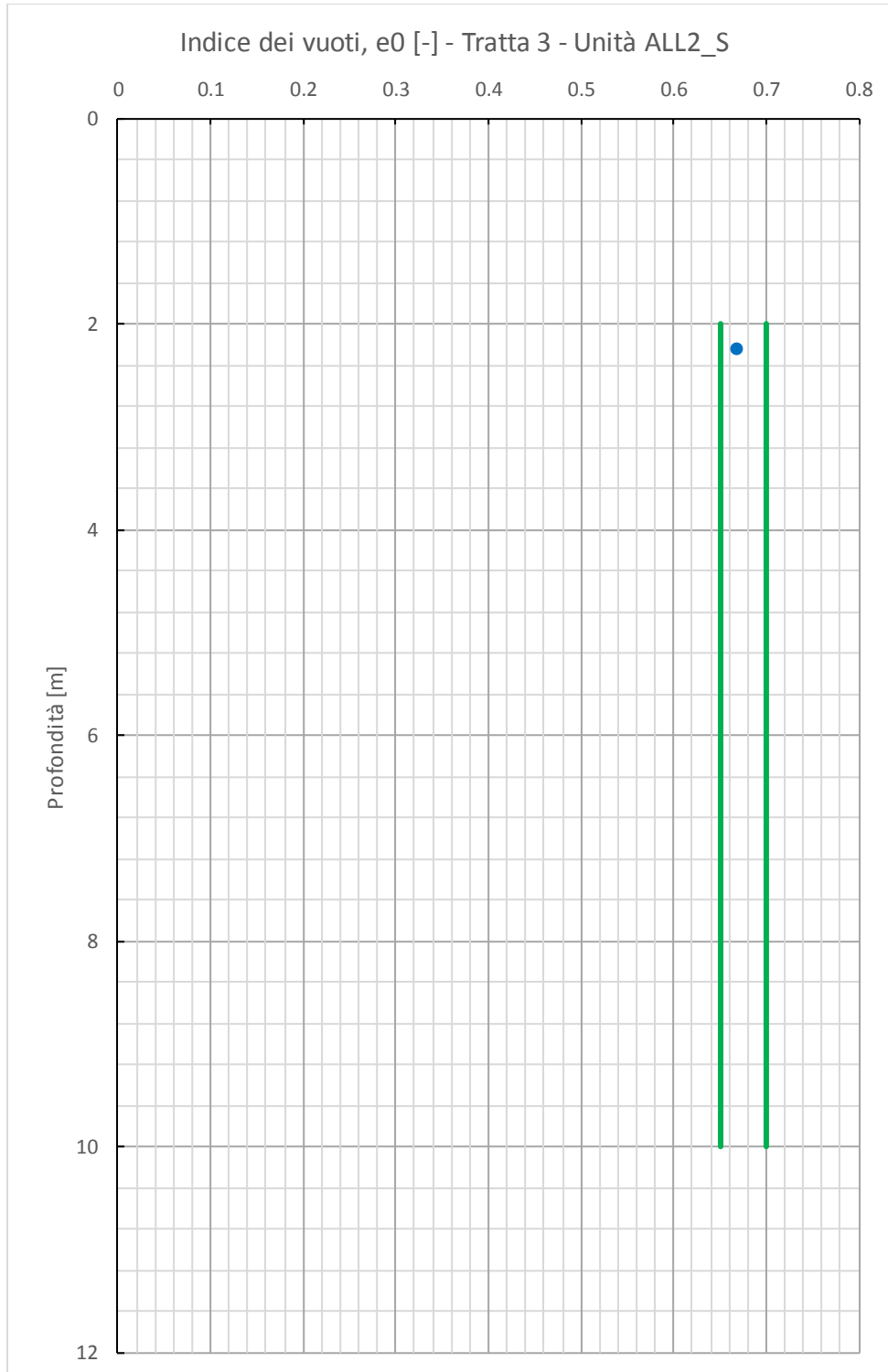
Permeabilità da Lefranc [m/s] - Tratta 3 - Unità ALL2_S

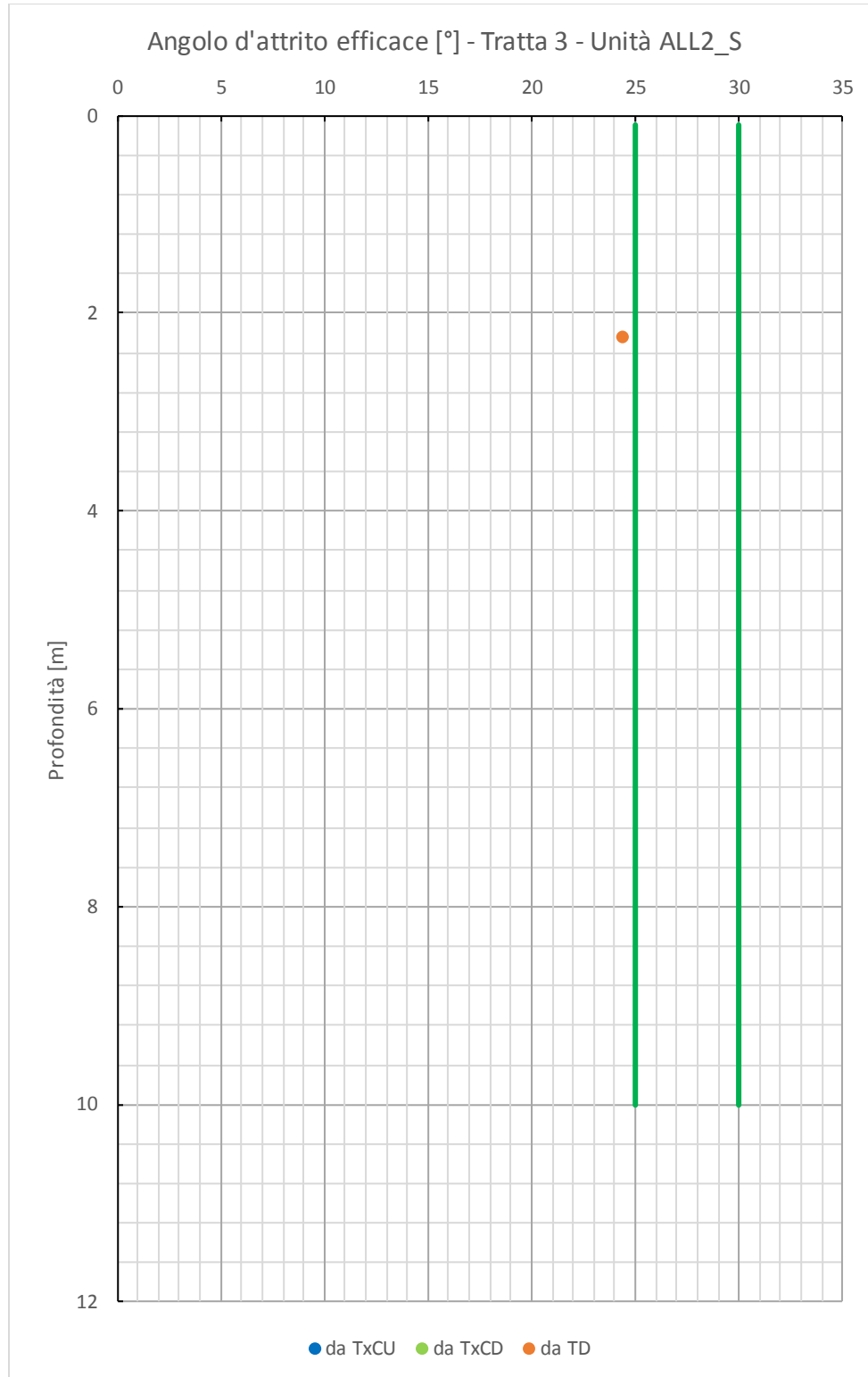












8.1 Caratterizzazione geotecnica tratto compreso tra la pk 9+550 e la pk 9+600

Nella Tabella 7 si riporta la stratigrafia di riferimento e la profondità di falda di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+550 e la pk 9+600.

Tabella 7: Stratigrafia e falda di riferimento da pk 9+550 a pk 9+600.

Stratigrafia			Falda	
Quota base strato [m s.l.m.]	Spessore strato [m]	Unità di riferimento	Quota [m s.l.m.]	Profondità da p.c. [m]
var.	19.0	BNA1b	var.	0.00
var.	>30.0	BNA2		

Nella Tabella 8 si riportano i parametri geotecnici di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+550 e la pk 9+600.

Tabella 8: Parametri geotecnici caratteristici da pk 9+550 a pk 9+600 (Prove di riferimento: S17).

	BNA1b		BNA2	
γ [kN/m ³]	20		22	
w [%]	20		13	
LL [%]	40		50	
$q_u/2$ [kPa]	-		z>30m	<u>2500</u>
c_u [kPa]	z≤10m	30(***)	z≤15m	<u>300</u>
	z>10m	60(***)	z≤30m	400
			z>30m	<u>2500</u>
ϕ' [°]	22		23	
c' [kPa]	z≤10m	2	20	
	z>10m	10		
E_u/C_u	z≤10m	605	485	
	z>10m	559		
E_0 [MPa]	z≤10m	180 (***)	z≤15m	<u>395</u>
	z>10m	315 (***)	z>15m	<u>725</u>
$E_{op,1}$ (*) [MPa]	z≤10m	36 (***)	z≤15m	<u>79</u>
	z>10m	63 (***)	z>15m	<u>145</u>
$E_{op,2}$ (***) [MPa]	z≤10m	18.0 (***)	z≤15m	<u>39.5</u>
	z>10m	31.5 (***)	z>15m	<u>72.5</u>
c_r [-]	$5.0 \cdot 10^{-3}$		$3.0 \cdot 10^{-3}$	
c_e [-]	$7.0 \cdot 10^{-2}$		$6.0 \cdot 10^{-2}$	
$c_{\alpha\epsilon}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$		$2.1 \cdot 10^{-3}$	
c_v [m ² /s]	$2.2 \cdot 10^{-5}$		$1.3 \cdot 10^{-5}$	
e_0 [-]	0.55		0.37	
OCR [-]	z≤10m	1(***)	<u>3</u>	
	z>10m	2		
v' [-]	0.3		0.3	
k [m/s]	$2.7 \cdot 10^{-9}$		<u>$5.0 \cdot 10^{-9}$</u>	

(***) Parametri valutati da prove DPSH dedicate
In mancanza di dati specifici sulla sottotratta si assumono i valori sottolineati pari alla media di tratta.

8.2 Caratterizzazione geotecnica tratto compreso tra la pk 9+600 e la pk 9+750

Nella Tabella 9 si riporta la stratigrafia di riferimento e la profondità di falda di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+600 e la pk 9+750.

Tabella 9: Stratigrafia e falda di riferimento da pk 9+600 a pk 9+750.

Stratigrafia			Falda	
Quota base strato [m s.l.m.]	Spessore strato [m]	Unità di riferimento	Quota [m s.l.m.]	Profondità da p.c. [m]
var.	23.0	BNA1b	var.	0.0
var.	>30.0	BNA2		

Nella Tabella 10 si riportano i parametri geotecnici di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+600 e la pk 9+750.

Tabella 10: Parametri geotecnici caratteristici da pk 9+600 a pk 9+750 (Prove di riferimento: F12 e AU14).

	BNA1b		BNA2	
γ [kN/m ³]	20		21	
w [%]	20		13	
LL [%]	45		40	
$q_u/2$ [kPa]	-		z>30m	<u>2500</u>
c_u [kPa]	z≤10m	30(***)	z≤15m	<u>300</u>
	z>10m	60(***)	z≤30m	450
			z>30m	<u>2500</u>
ϕ' [°]	22		24	
c' [kPa]	z≤10m	2	18	
	z>10m	10		
E_u/C_u	z≤10m	605	328	
	z>10m	559		
E_0 [MPa]	z≤10m	180 (***)	z≤15m	<u>395</u>
	z>10m	315 (***)	z>15m	725
$E_{op,1}$ (*) [MPa]	z≤10m	36 (***)	z≤15m	<u>79</u>
	z>10m	63 (***)	z>15m	145
$E_{op,2}$ (***) [MPa]	z≤10m	18.0 (***)	z≤15m	<u>39.5</u>
	z>10m	31.5 (***)	z>15m	72.5
c_r [-]	$1.0 \cdot 10^{-2}$		<u>$1.0 \cdot 10^{-2}$</u>	
c_c [-]	$7.0 \cdot 10^{-2}$		<u>$7.5 \cdot 10^{-2}$</u>	
$c_{\alpha E}$	$2.7 \cdot 10^{-3}$		$2.0 \cdot 10^{-3}$	
c_v [m ² /s]	$1.7 \cdot 10^{-5}$		$2.2 \cdot 10^{-5}$	
e_0 [-]	0.6		0.45	
OCR [-]	z≤10m	1(***)	5	
	z>10m	<u>2</u>		
v' [-]	0.3		0.3	
k [m/s]	$1.4 \cdot 10^{-8}$		<u>$5.0 \cdot 10^{-9}$</u>	
(***) Parametri valutati da prove DPSH dedicate In mancanza di dati specifici sulla sottotratta si assumono i <u>valori sottolineati</u> pari alla media di tratta.				

8.3 Caratterizzazione geotecnica tratto compreso tra la pk 9+750 e la pk 9+782

Nella Tabella 11 si riporta la stratigrafia di riferimento e la profondità di falda di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+750 e la pk 9+782.

Tabella 11: Stratigrafia e falda di riferimento da pk 9+750 a pk 9+782.

Stratigrafia			Falda	
Quota base strato [m s.l.m.]	Spessore strato [m]	Unità di riferimento	Quota [m s.l.m.]	Profondità da p.c. [m]
var.	15.0	BNA1b	var.	0.00
var.	>30.0	BNA2		

Nella Tabella 12 si riportano i parametri geotecnici di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+750 e la pk 9+782.

Tabella 12: Parametri geotecnici caratteristici da pk 9+750 a pk 9+782 (Prove di riferimento: nessuna).

	BNA1b		BNA2	
γ [kN/m ³]	<u>20</u>		<u>21</u>	
w [%]	<u>20</u>		<u>13</u>	
LL [%]	<u>45</u>		<u>50</u>	
$q_u/2$ [kPa]	-		$z > 30m$	<u>2500</u>
c_u [kPa]	$z \leq 10m$	<u>30</u> (***)	$z \leq 15m$	<u>300</u>
	$z > 10m$	<u>60</u> (***)	$z \leq 30m$	<u>400</u>
			$z > 30m$	<u>2500</u>
ϕ' [°]	<u>22</u>		<u>23</u>	
c' [kPa]	$z \leq 10m$	<u>2</u>	<u>20</u>	
	$z > 10m$	<u>10</u>		
E_u/C_u	$z \leq 10m$	605	485	
	$z > 10m$	559		
E_0 [MPa]	$z \leq 10m$	<u>180</u> (***)	$z \leq 15m$	<u>395</u>
	$z > 10m$	<u>315</u> (***)	$z > 15m$	<u>725</u>
$E_{op,1}$ (*) [MPa]	$z \leq 10m$	<u>36</u> (***)	$z \leq 15m$	<u>79</u>
	$z > 10m$	<u>63</u> (***)	$z > 15m$	<u>145</u>
$E_{op,2}$ (***) [MPa]	$z \leq 10m$	<u>18.0</u> (***)	$z \leq 15m$	<u>39.5</u>
	$z > 10m$	<u>31.5</u> (***)	$z > 15m$	<u>72.5</u>
c_r [-]	<u>$1.5 \cdot 10^{-2}$</u>		<u>$1.0 \cdot 10^{-2}$</u>	
c_c [-]	<u>$8.4 \cdot 10^{-2}$</u>		<u>$7.5 \cdot 10^{-2}$</u>	
c_{uE}	$2.7 \cdot 10^{-3}$		$2.1 \cdot 10^{-3}$	
c_v [m ² /s]	$1.7 \cdot 10^{-5}$		$1.3 \cdot 10^{-5}$	
e_0 [-]	<u>0.6</u>		<u>0.4</u>	
OCR [-]	$z \leq 10m$	<u>1</u> (***)	<u>3</u>	
	$z > 10m$	<u>2</u>		
v' [-]	0.3		0.3	
k [m/s]	<u>$8.0 \cdot 10^{-9}$</u>		<u>$5.0 \cdot 10^{-9}$</u>	
(***) Parametri valutati da prove DPSH dedicate In mancanza di dati specifici sulla sottotratta si assumono i <u>valori sottolineati</u> pari alla media di tratta.				

8.4 Caratterizzazione geotecnica tratto compreso tra la pk 9+782 e la pk 9+900

Nella Tabella 13 si riporta la stratigrafia di riferimento e la profondità di falda di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+782 e la pk 9+900.

Tabella 13: Stratigrafia e falda di riferimento da pk 9+782 a pk 9+900.

Stratigrafia			Falda	
Quota base strato [m s.l.m.]	Spessore strato [m]	Unità di riferimento	Quota [m s.l.m.]	Profondità da p.c. [m]
+194	var	ALL2_S	var.	0.0
var.	>30.0	BNA2		

Nella Tabella 14 si riportano i parametri geotecnici di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+782 e la pk 9+900.

Tabella 14: Parametri geotecnici caratteristici da pk 9+782 a pk 9+900 (Prove di riferimento: AU15).

	ALL2_S	BNA2	
γ [kN/m ³]	19	20	
w [%]	-	13	
LL [%]	-	55	
$q_u/2$ [kPa]	-	z>30m	<u>2500</u>
c_u [kPa]	-	z≤15m	<u>300</u>
		z≤30m	400
		z>30m	<u>2500</u>
ϕ' [°]	28	24	
c' [kPa]	0	20	
E_u/C_u	-	485	
E_0 [MPa]	165	z≤15m	395
		z>15m	725
$E_{op,1}$ (*) [MPa]	33	z≤15m	79
		z>15m	145
$E_{op,2}$ (***) [MPa]	16.5	z≤15m	39.5
		z>15m	72.5
c_r [-]	-	<u>$1.0 \cdot 10^{-2}$</u>	
c_c [-]	-	<u>$7.5 \cdot 10^{-2}$</u>	
$c_{a\bar{e}}$	-	$2.0 \cdot 10^{-3}$	
c_v [m ² /s]	-	$1.0 \cdot 10^{-5}$	
e_0 [-]	0.67	0.45	
OCR [-]	-	<u>3</u>	
ν' [-]	0.3	0.3	
k [m/s]	$1.38 \cdot 10^{-6}$	<u>$5.0 \cdot 10^{-9}$</u>	
(***) Parametri valutati da prove DPSH dedicate In mancanza di dati specifici sulla sottotratta si assumono i <u>valori</u> <u>sottolineati</u> pari alla media di tratta.			

8.5 Caratterizzazione geotecnica tratto compreso tra la pk 9+900 e la pk 10+075

Nella Tabella 15 si riporta la stratigrafia di riferimento e la profondità di falda di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+900 e la pk 10+075.

Tabella 15: Stratigrafia e falda di riferimento da pk 9+900 a pk 10+075.

Stratigrafia			Falda	
Quota base strato [m s.l.m.]	Spessore strato [m]	Unità di riferimento	Quota [m s.l.m.]	Profondità da p.c. [m]
var.	5.0	Coltre	var.	0.00
var.	>30.0	BNA2		

Nella Tabella 16 si riportano i parametri geotecnici di progetto per il tratto compreso tra la pk 9+900 e la pk 10+075.

Tabella 16: Parametri geotecnici caratteristici da pk 9+900 a pk 10+075 (Prove di riferimento: ENS5, ENS3 e ENS2).

	Coltre	BNA2	
γ [kN/m ³]	20	22	
w [%]	20	13	
LL [%]	55	60	
$q_u/2$ [kPa]	-	z>30m	2500
c_u [kPa]	25(***)	z≤15m	300
		z≤30m	400
		z>30m	2500
ϕ' [°]	21	24	
c' [kPa]	0	20	
E_u/C_u	605	485	
E_0 [MPa]	45(***)	z≤15m	395
		z>15m	725
$E_{op,1}$ (*) [MPa]	9(***)	z≤15m	79
		z>15m	145
$E_{op,2}$ (**) [MPa]	4.5(***)	z≤15m	39.5
		z>15m	72.5
c_r [-]	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$1.0 \cdot 10^{-2}$	
c_c [-]	$1.4 \cdot 10^{-1}$	$6.0 \cdot 10^{-2}$	
$c_{u\varepsilon}$	$2.6 \cdot 10^{-3}$	$2.0 \cdot 10^{-3}$	
c_v [m ² /s]	$1.0 \cdot 10^{-5}$	$8.3 \cdot 10^{-6}$	
e_0 [-]	0.65	0.45	
OCR [-]	1(***)	3	
v' [-]	0.3	0.3	
k [m/s]	No dati disponibili	<u>$5.0 \cdot 10^{-9}$</u>	
(***) Parametri valutati da prove DPSH dedicate In mancanza di dati specifici sulla sottotratta si assumono i <u>valori sottolineati</u> pari alla media di tratta.			

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto da pk 9+550 a pk 10+075	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 09	CODIFICA RB	DOCUMENTO OC0001 003	REV. A	FOGLIO 98 di 111

9 DEFINIZIONE DELLA AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Il presente capitolo illustra e riassume i risultati dello studio degli aspetti sismici a supporto della progettazione definitiva del raddoppio del I° lotto funzionale Apice-Hirpinia della tratta Apice - Orsara (itinerario Napoli – Bari). Il progetto è sviluppato in riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.

Nel seguito verranno descritte ed approfondite le seguenti tematiche:

- definizione della categoria di sottosuolo;
- definizione della categoria topografica;
- definizione dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica di riferimento.

Per quanto concerne la definizione dei caratteri sismo tettonici del territorio e della sismicità e della magnitudo storica si rimanda a quanto riportato in Relazione Geologica [Ref. 1].

9.1 Definizione della categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Per la valutazione degli effetti stratigrafici si può fare riferimento (DM 14/01/2008) ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo. In tale approccio la classificazione del suolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità $V_{s,30}$.

Nel caso in esame la velocità di propagazione delle onde di taglio può essere determinata:

- in maniera diretta a partire dai risultati delle prove sismiche in foro down-hole;
- in maniera indiretta a partire dai risultati degli stendimenti sismici (MASW);
- in maniera indiretta, utilizzando correlazioni di letteratura a partire dai valori della prova penetrometrica dinamica SPT (Standard Penetration Test).

La classificazione può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica $N_{SPT,30}$ nei terreni a grana prevalentemente grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fine.

9.1.1 Prove di riferimento

Nelle seguenti tabelle si elencano le prove disponibili (geotecniche e geofisiche) per la tratta in esame.

Tabella 17. Sondaggi

Sondaggio	Campagna	Profondità	Falda (m)	SPT (n.)	Down-Hole
S17	2015	30	9.24	0	
S17bis	2017	30	9.1	9	
F12	2017	40	19	8	
AU14	2017	50	10.5	6	
AU15	2017	50	5.7	5	
ENS4	2017	40	2	7	
ENS5	2017	29.5		8	
S19	2015	30	7.9	5	x
ENS3	2017	50	14.6		
AU16	2017	50	11	7	
ENS2	2017	50	18.8	4	
F16	2017	40	19	8	
S20	2015	30	3.8	0	

Tabella 18. Stendimenti sismici (masw)

Stendimento	Campagna
AU14_masw	2017
AU15_masw	2017
AU16_masw	2017

9.1.2 Velocità di propagazione delle onde di taglio

9.1.2.1 Prove MASW

Nei primi mesi del 2017 è stata eseguita una campagna di indagine sismiche con prove MASW. Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

In Figura 5 si riporta il profilo della velocità delle onde di taglio stimato a seguito dell'esecuzione delle prove MASW.

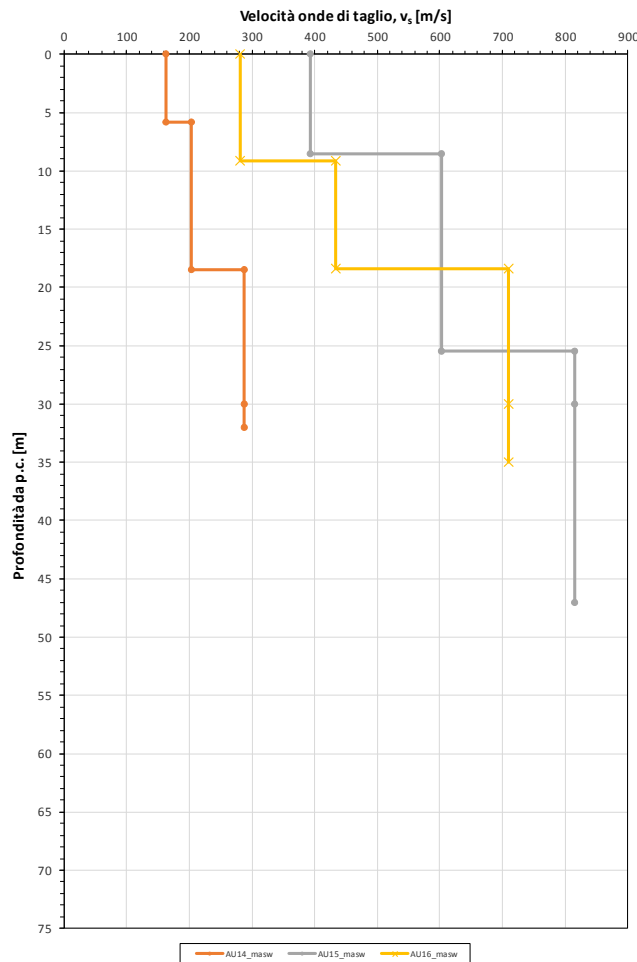


Figura 5. Profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) da prove MASW.

9.1.2.2 Prove Down-hole

La prova down-hole consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S), calcolando il tempo ad esse necessario per raggiungere il geofono ricevitore (all'interno del foro di sondaggio) dalla zona sorgente (su piano campagna a distanza nota dal foro). Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno d'ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

La prova consiste nel produrre in superficie sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione P, ed orizzontali per la generazione di onde di taglio S e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una terna di geofoni, ancorati a profondità nota nel foro di sondaggio.

Conosciuta la distanza tra la sorgente ed i ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P e S) in corrispondenza della verticale di misura.

In Figura 6 si riporta il profilo di velocità delle onde di taglio misurato da prove down-hole unitamente ai profili di V_s da masw.

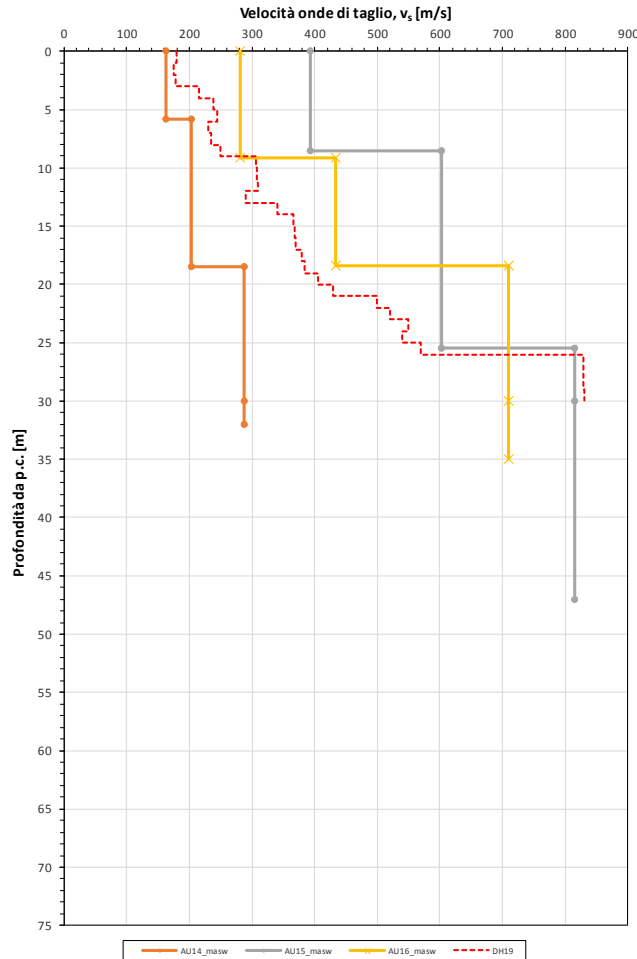


Figura 6. Profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) da down-hole.

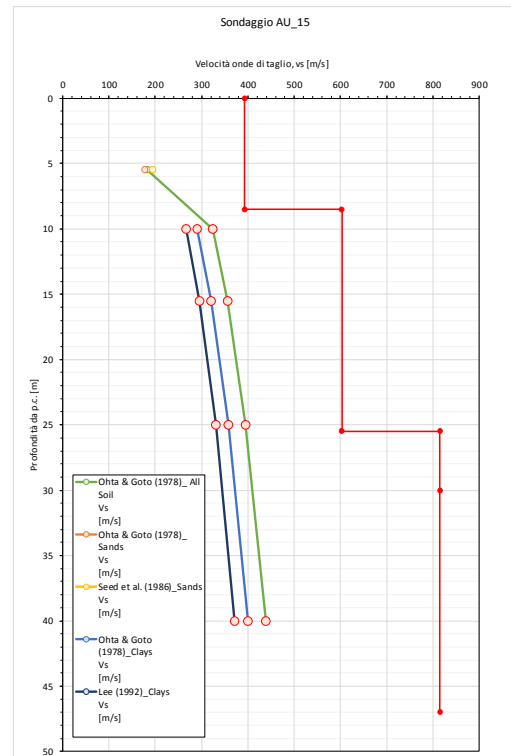
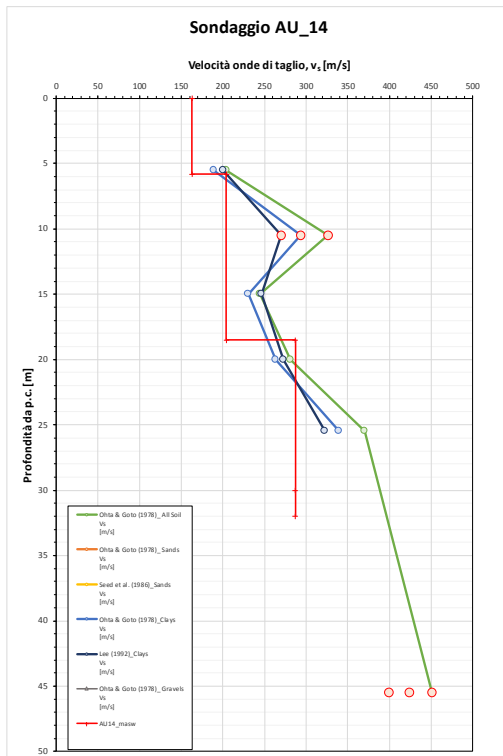
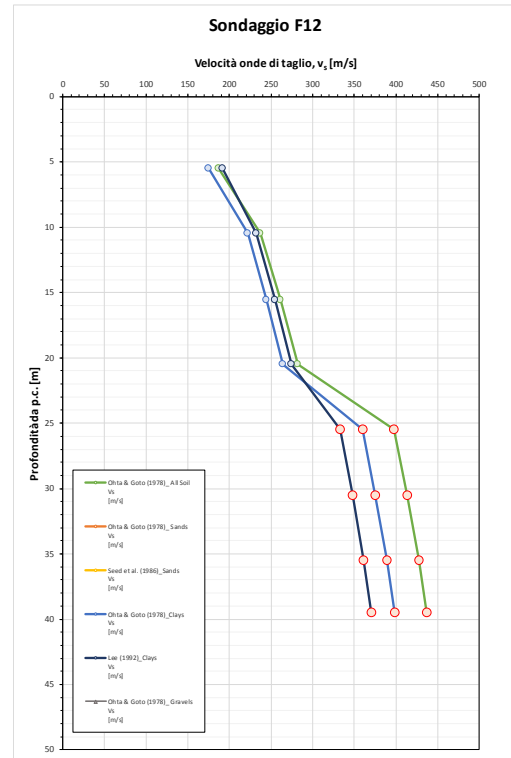
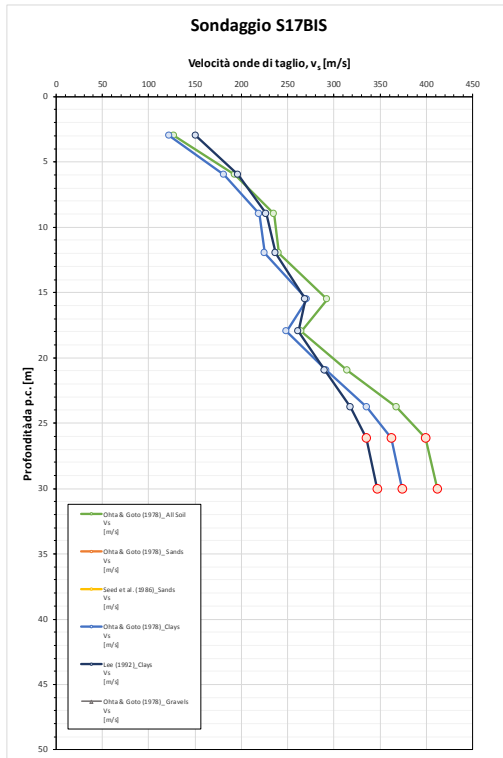
9.1.2.3 Stima della velocità delle onde di taglio da prove penetrometriche dinamiche N_{SPT}

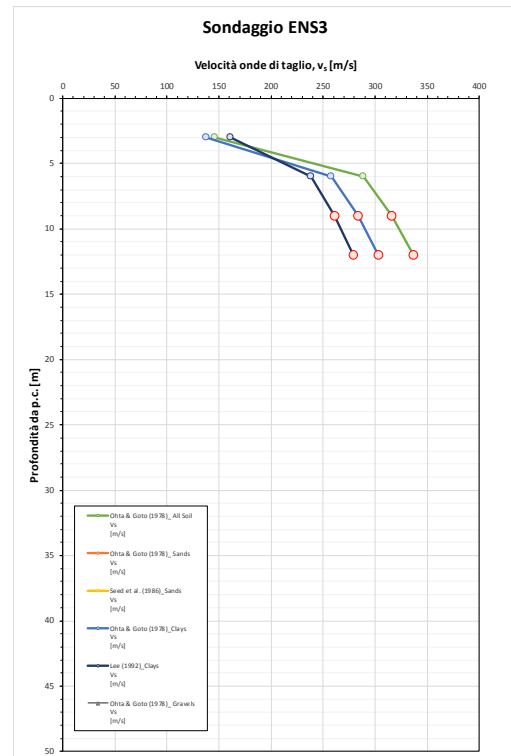
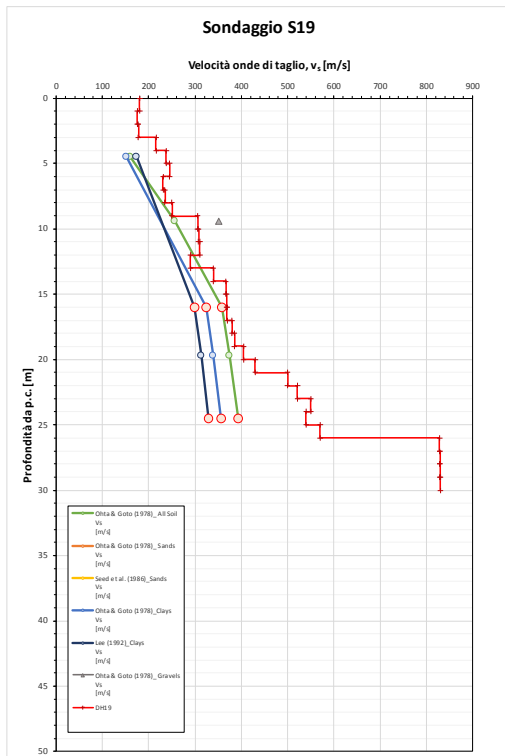
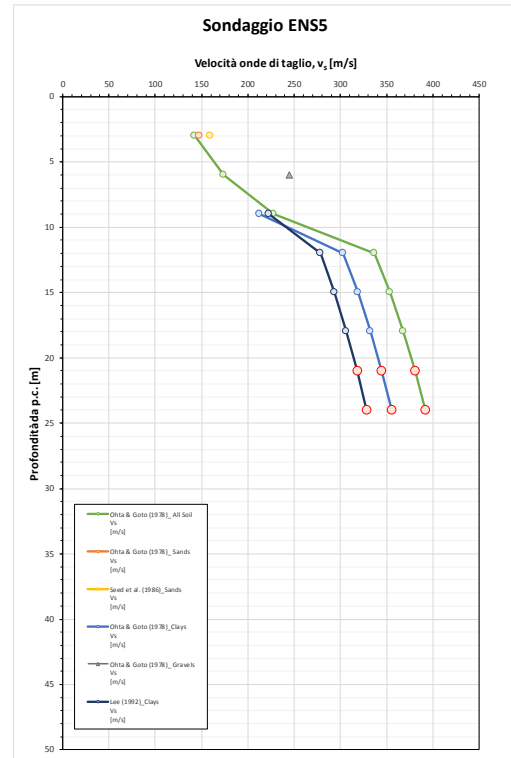
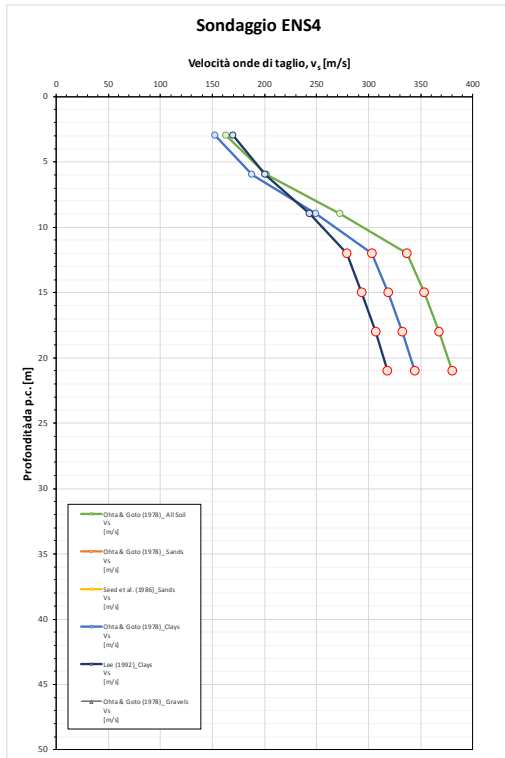
La velocità delle onde di taglio nel terreno (V_s) è stata determinata a partire dai valori di N_{SPT} in funzione:

- ✓ della tipologia di terreno (argille, sabbie, ghiaie,...);
- ✓ della profondità (z in m).

Al paragrafo 7.1 sono riportate le correlazioni adottate da letteratura tecnica.

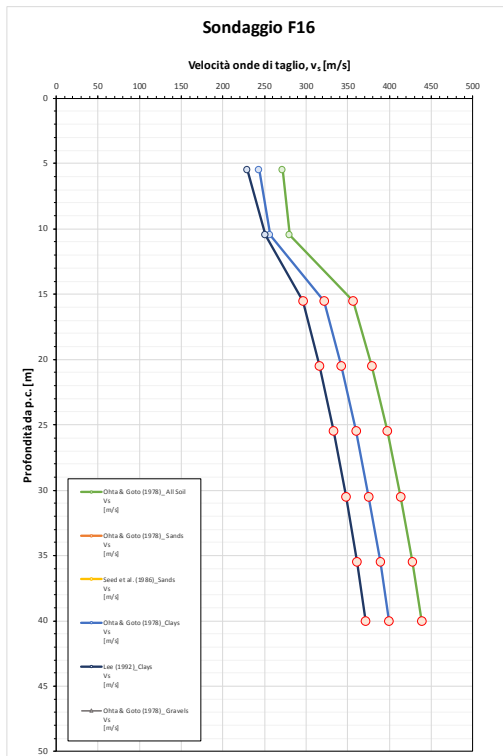
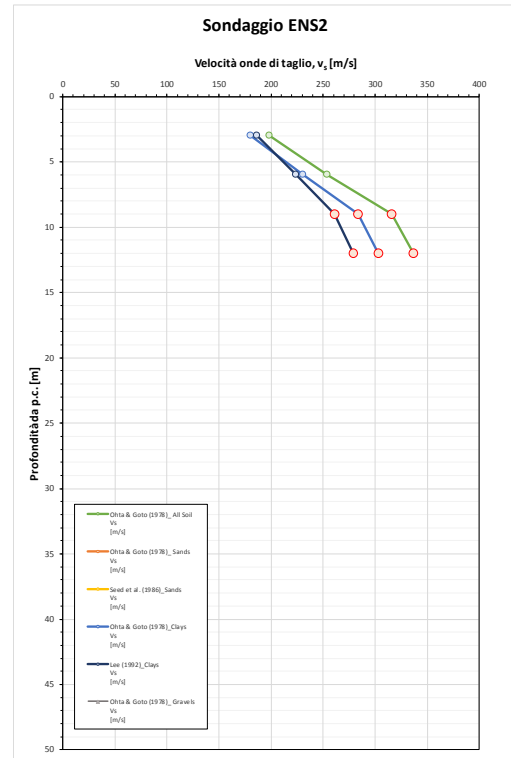
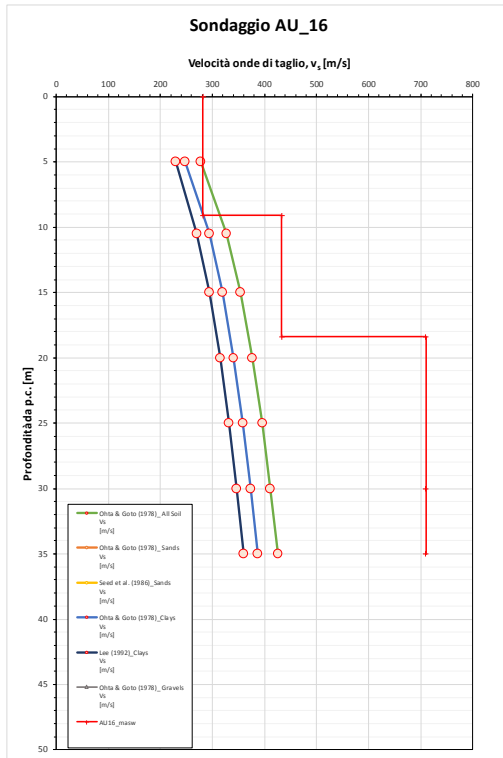
Di seguito si riporta, per ciascun sondaggio l'andamento con la profondità della velocità delle onde di taglio ricavato dalle prove SPT disponibili.





**Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto
da pk 9+550 a pk 10+075**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 09	RB	OC0001 003	A	104 di 111



9.1.3 Classificazione sulla base della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$

In Tabella 19 e in Figura 7 si riportano i valori di velocità equivalente $V_{s,h}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, o la profondità $h < 30$ m qualora non siano stati raggiunti i 30 m, e la corrispondente categoria di suolo, determinati dalle prove masw, down-hole e SPT.

Tabella 19. Velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo da prove down-hole, masw, SPT

Prova	h (m)	$V_{s,h}$	Categoria suolo
Masw			
AU14_masw	30.0	218	C
AU15_masw	30.0	542	B
AU16_masw	30.0	428	B
Down-hole			
S19 DH	30.0	322	C
Prove penetrometriche dinamiche (SPT)			
S17bis	30.0	238	C
F12	30.0	254	C
AU14	25.0	257	C
AU15	25.0	276	C
ENS4	21.0	254	C
ENS5	24.0	242	C
S19	24.0	251	C
ENS3	12.0	218	C
AU16	30.0	338	C
ENS2	12.0	248	C
F16	30.0	326	C

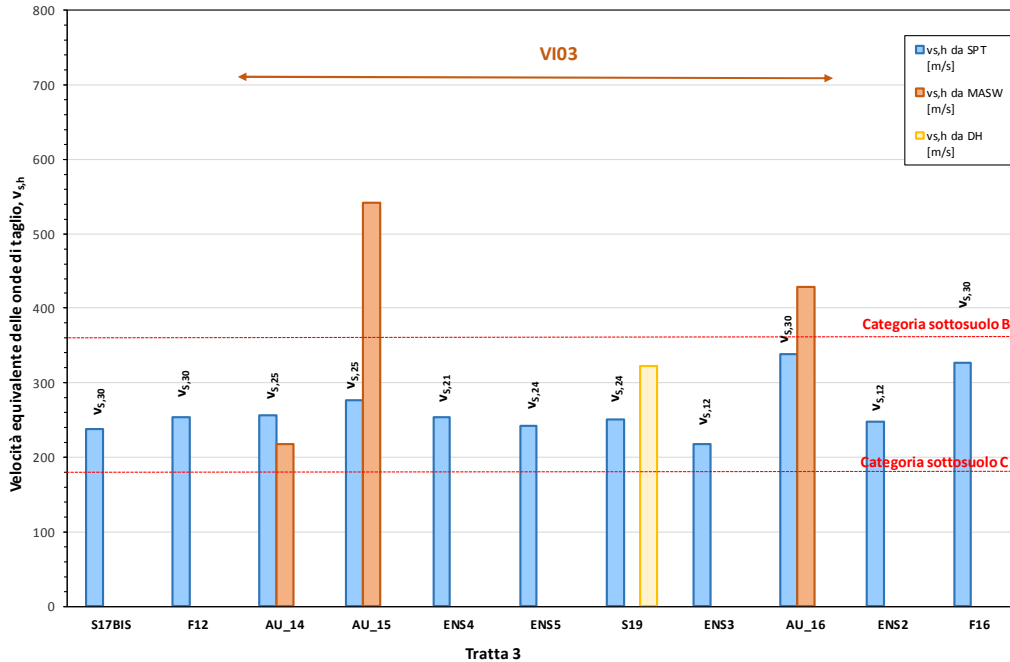


Figura 7. Andamento lungo la tratta della velocità equivalente delle onde di taglio e della relativa categoria di sottosuolo da prove down-hole, masw, SPT

9.1.4 Classificazione sulla base della nel numero equivalente di colpi da prova penetrometrica dinamica $N_{SPT,30}$

Data la natura dei terreni (coltre di frana e formazione della Baronina) che possono essere classificati come a grana fine, il criterio di classifica che fa' riferimento al numero equivalente di colpi da prove penetrometriche dinamiche $N_{SPT,30}$ non viene applicato. Localmente in prossimità del fiume Ufita è presente qualche strato superficiale a grana grossa ma con spessori poco significativi; inoltre per tali strati non si hanno dati significativi di SPT.

9.1.5 Classificazione sulla base della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$

In Tabella 20 e in Figura 8 si riportano i valori della resistenza non drenata equivalente $c_{u,h}$ determinata da prove con pocket penetrometer e la relativa categoria di suolo. I valori di PP sono stati estesi fino alla profondità di 30.0 m assumendo valido l'ultima misura disponibile ed escludendo nella valutazione i depositi alluvionali a grana grossa.

Tabella 20. Resistenza non drenata equivalente da pocket penetrometer e relativa categoria di suolo

Sondaggio	$c_{u,30}$	Categoria suolo
S17bis	197	B
F12	195	B
AU14	271	C
AU15	-	
ENS4	109	B
ENS5	265	C
S19	136	B
ENS3	219	B
AU16	281	C
ENS2	109	B
F16	279	C

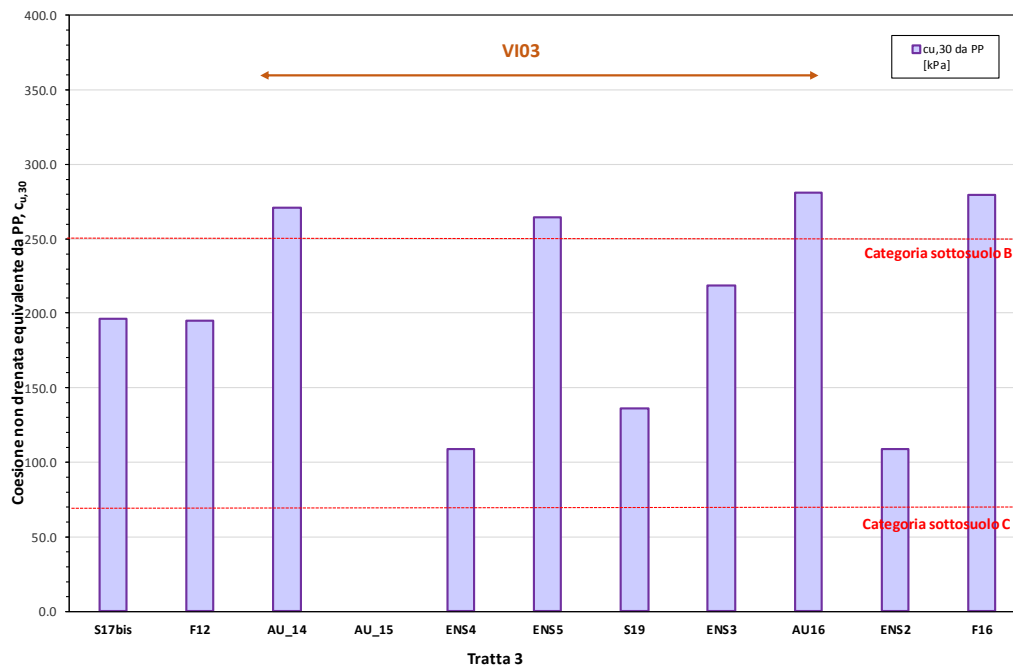


Figura 8. Andamento lungo la tratta della resistenza non drenata equivalente da pocket penetrometer e della relativa categoria di suolo

9.1.6 Sintesi dei risultati

Nel grafico seguente si riporta la sintesi dei risultati ottenuti in termini di categoria di suolo.

Viadotto VI03											
Sondaggio	S17BIS	F12	AU14	AU15	ENS4	ENS5	S19	ENS3	AU16	ENS2	F16
V _{S30} da DH											
Cat. B											
Cat. C											
V _{S30} da masw											
Cat. B											
Cat. C											
V _{S30} da NSP											
Cat. B											
Cat. C											
Criterio semplificato (c _{u,30})											
Cat. B											
Cat. C											

Esaminando la categoria di suolo lungo la tratta risultante dall'interpretazione delle indagini disponibili risulta quanto segue:

- dalle prove masw risulta una categoria di suolo B e solo la prova AU14 identifica una categoria C. In genere le V_{S,30} da masw sono molto maggiori di quelle stimate da SPT;
- dall'unica prova down-hole (sondaggio S19) risulta un suolo tipo C; la V_{S,30} è confrontabile con quella da STP;
- le V_{S,30} stimate da SPT identificano un suolo tipo C lungo tutto il tracciato;
- dalla resistenza non drenata equivalente da pocket penetrometer risulta prevalentemente un terreno tipo C.

Sulla base delle valutazioni svolte e considerata la dispersione dei risultati si ritiene opportuno adottare lungo tutta la tratta la categoria di suolo tipo C.

9.2 Definizione della categoria topografica

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.IV; in particolare, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$.

9.3 Azione sismica di riferimento

Per definire l'azione sismica di riferimento si devono operare alcune scelte in termini di "vita nominale" e "classi d'uso" dell'opera legati al livello prestazionale atteso.

9.3.1 Definizione della Vita Nominale, V_N

In accordo con quanto riportato al paragrafo 2.4.1 del DM 14/01/2008, la vita nominale (VN) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La Norma definisce la vita nominale a seconda del tipo di costruzione come indicato nella seguente tabella.

Tabella 21. Vita Nominale per i diversi tipi di opera.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ^[1]	≤ 10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per l'opera oggetto di studio si prevede:

- Vita Nominale (V_N) pari a 100 anni per le campate P2, P3 e P4 con relative pile;
- Vita Nominale (V_N) pari a 75 anni per le restanti campate.

9.3.2 Definizione della classe d'uso, C_U

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso definite al paragrafo 2.4.2 del DM 14/01/2008.

Tabella 22. Classe d'uso per i diversi tipi di opera.

Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera oggetto di studio si prevede:

- Classe d'uso IV, pertanto il coefficiente d'uso C_U è uguale a 2.0, per le campate P2, P3 e P4 con relative pile;
- Classe d'uso III, pertanto il coefficiente d'uso C_U è uguale a 1.5, per le restanti campate.

9.3.3 Periodo di riferimento dell'azione sismica, V_R

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , cioè mediante la seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il periodo di riferimento, V_R , dell'opera oggetto di studio è pari a:

- 200 anni per le campate P2, P3 e P4 con relative pile;
- 112.5 anni per le restanti campate.

9.3.4 Definizione dell'azione sismica

Le coordinate geografiche di riferimento (secondo sistema ED50) per l'opera in esame sono:

Longitudine: 15°.006173

Latitudine: 41°.126707

Tabella 23: Parametri sismici per la definizione dello spettro di progetto (a) campata P2,P3 e P4 b) per le restanti campate).

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.472 g
F_o	2.338
T_c	0.424 s
S_s	1.038
C_c	1.393
S_T	1.000
q	1.000

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.380 g
F_o	2.283
T_c	0.411 s
S_s	1.179
C_c	1.408
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.038
η	1.000
T_B	0.197 s
T_C	0.591 s
T_D	3.487 s

Parametri dipendenti

S	1.179
η	1.000
T_B	0.193 s
T_C	0.578 s
T_D	3.121 s

a)

b)

Per le analisi in condizioni sismiche è stato preso a riferimento lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e dunque i parametri riportati nella tabella seguente.

Tabella 24: Azione sismica di riferimento.

	Accelerazione di riferimento a_g/g	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Vita Nominale	Classe d'uso	Accelerazione massima attesa al sito a_{max}/g
Campata P2, P3 e P4	0.472	C	T1	100	2.0	0.490
Altre campate	0.380	C	T1	75	1.5	0.448