Comune

GENOVA

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

REALIZZAZIONE DEL NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE AREA CENTRALE DI GENOVA - D.A.C.

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
D - DEFINITIVO	I2 - DEPURAZIONE	STR - STRUTTURE

Numero	Titolo	Scala
RT - 005	RELAZIONE GEOTECNICA E FONDAZIONI	

ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)	Codifica WBS
2016GESI0025-00	2016GESI0025-00-D-I2-STR-RT-005-00.pdf	C10I2-L058-01-0004

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Dicembre 2017	Emissione	UC	CP	CC

R[redacted]

ing. Umberto Croce

Verificato:

ing. Cosimo Parabita - IRETI

Approvato:

ing. Claudio Casale - IRETI

Funzione Ingegneria e Realizzazioni
IRETI.S.p.A - Società con socio unico IREN S.p.A
Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A
Sede legale : S.P. 95 per Castelnuovo Scrivia - 15057 Tortona (AL)
cod.fisc e P.IVA n° 01791490343 pec:ireti@pec.ireti.it

ING. UMBERTO CROCE
Via Alcuino, 5 - 20149 MILANO
Tel. 02/33107572
e-mail: info@geotecnicacroce.it

Sommario

Introduzione 3
Riferimento altimetrico 3
Documentazione di riferimento 3
Normative 4
Raccomandazioni e specifiche 4
Riferimenti bibliografici 4
Codici di calcolo 4
Capitolo 1 INDAGINE GEOTECNICA 5
Capitolo 2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 15
2.1 – Caratteristiche litostratigrafiche 15
2.2 - Caratteristiche geotecniche dei terreni 17
2.3 – Idrologia 23
2.4 - Sismicità dell'area 23
2.5 – Verifica a liquefazione 26
Capitolo 3 Caratteristiche sommarie del progetto 27
Capitolo 4 FONDAZIONI 34
Premessa 34
4.1 – Definizione della tipologia di fondazione da adottare per le strutture in progetto 34
4.2 – Analisi fondazioni a platea - Calcolo della resistenza R_D per collasso del complesso fondazione-terreno (SLU – GEO) – Calcolo dei cedimenti 34
4.2.1 - Ipotesi e modalità di calcolo 35
- a) Resistenza 35
- b) Cedimenti 35
4.2.2 - Risultati dei calcoli 36
4.2.3 - Indicazioni progettuali 40
4.3 – Analisi pali di fondazione 41
4.3.1 - Pali sottoposti a forze verticali di compressione 41
- a) Ipotesi e modalità di calcolo 41
- b) Risultati dei calcoli 42
- a) Calcolo della resistenza – Palo isolato 51
- b) Pali in gruppo 52
c) Ricerca delle azioni interne 53
Ipotesi e modalità di calcolo 53
Risultati dei calcoli 53
- d) Indicazioni progettuali 54
4.4 - Pali riduttori di cedimento 65
4.4.1 - Ipotesi e modalità di calcolo 65
4.4.2 - Risultati dei calcoli 66
4.4.3 - Commento ai risultati dei calcoli 67
4.5 – Sintesi analisi pali 67

Capitolo 5 OSSERVAZIONI PROGETTUALI E INDICAZIONI ESECUTIVE 69
5.1 – Comparti Pretrattamenti e Biologico+Ultrafiltrazione - Indicazioni sulla preparazione di sedime della platea su pali riduttori di cedimento 69
5.2 – Comparto ispessimento e disidratazione 69
5.3 – Esecuzione dei pali CFA - Indicazioni e raccomandazioni 70
5.3.1 – Fase di produzione 70
5.3.2 - Controlli e verifiche 70

APPENDICE A
INDAGINE DI PRIMA GASE - 5 sondaggi + 1 prova penetrometrica dinamica
INDAGINE DI SECONDA FASE - 4 sondaggi + prove penetrometriche

APPENDICE B
CALCOLO FONDAZIONI SUP. - CEDIMENTI
CALCOLO PALO

APPENDICE C
BONIFICA TERRENI CON INERTE VIBROCOMPATTATO

Introduzione

Nel presente rapporto sono analizzati i terreni e le fondazioni dell'impianto di depurazione acque reflue denominato "NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE AREA CENTRALE DI GENOVA".
L'area è ubicata nel Comune di Genova, in area ex ITALSIDER.

Allo scopo di giungere a conoscenza della condizione litostratigrafica e meccanica dei terreni di fondazione e per la classificazione sismica dell'area è stata svolta una campagna d'indagine geotecnica e geofisica in due fasi.
L'indagine di prima fase è stata eseguita da SO.MI.TER nel marzo 2015, nell'ambito del progetto di fattibilità, ed è consistita nell'esecuzione di sondaggi geotecnici con prove SPT in avanzamento, prove penetrometriche dinamiche continue e una geofisica MASW.
Nell'ottobre-novembre l'indagine di seconda fase, sviluppata su progetto degli scriventi con lo scopo di approfondire le tematiche specifiche del progetto esecutivo, ha permesso di completare la conoscenza del suolo destinato all'impianto in esame. È consistita in n° 4 sondaggi con prove SPT in avanzamento e in n° 14 prove penetrometriche dinamiche continue oltre che in una prova geofisica tipo DOWN HOLE e prove di classificazione in laboratorio.

Sulla scorta di quanto sopra, nel seguito sono trattati i seguenti principali argomenti:

- caratterizzazione litostratigrafica e meccanica dei terreni,
- indicazioni sull'idrologia della zona,
- classificazione sismica dell'area,
- verifiche SLU-GEO delle fondazioni degli edifici esistenti,
- definizione tipologia delle fondazioni delle nuove strutture e relative analisi GEO di resistenza e prestazionali.

Riferimento altimetrico

Il riferimento delle profondità assunto nel seguito si identifica col piano campagna considerato pianeggiante e posto alla +3,5 m del livello medio del mare e dallo zero del progetto

Documentazione di riferimento

- ***a)*** "*PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO-ECONIMICA DELLA IRETI - RELAZIONE GEOTECNICA*" doc. del Giugno 2016.
- ***b)*** Stratigrafie dei sondaggi e relative prove SPT, prove penetrometriche dinamiche continue della Elletipi S.r.l. di Ferrara.
- ***c)*** *PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO-ECONIMICA DELLA IRETI - RELAZIONE ILLUSTRATIVA*" doc. del Giugno 2016.
- ***d)*** Documentazione tecnica fornita dall'ing. MARIO BIANCO.

Normative

- DECRETO MINISTERO LL.PP. del 14/01/08.
- Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/09.

Raccomandazioni e specifiche

- A.G.I. - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA – "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle Indagini geotecniche" (1977).
- DEPARTMENT of the NAVY - NAV-FAC DM-7 – "Soil Mechanics, Foundations, and earth structures" (1971).
- A.S.T.M. D 1586-67 - "Standard Method for penetration Test and Split Barrel Sampling at Soils" (1974).

Riferimenti bibliografici

- J. E. BOWLES – "Foundation Analysis and Design" – (1982 e 1988).
- H. J. GIBBS, W. G. HOLTZ "Research on Determining the Density of Sand by Spoon Penetration Testing". Proc. IV ICSMFE (1957).
- T. W. LAMBE; R. V. WHITMAN – *"Soil Mechanics"* – (1969).
- R. LANCELLOTTA – "Geotecnica" – Ed. ZANICHELLI – (1993).
- F. SCHNAID – "In Situ Testing in Geomechanics" – Taylor & Francis (2009).
- K. TERZAGHI – "Theoretical Soil Mechanics" – (1943).
- VIGGIANI C. – "Fondazioni" – (2003).

Codici di calcolo

Fogli EXCEL sviluppati dagli scriventi collaudati e ottimizzati sulla scorta dei lavori svolti di cui al Curriculum trasmesso alla Committente. Gli algoritmi, i parametri d'ingresso, i risultati parziali e definitivi sono riportati nelle sezioni di restituzione delle elaborazioni.

Capitolo 1 ***INDAGINE GEOTECNICA***

La dotazione dell'indagine eseguita nell'area in esame e utilizzata nel seguito è riportata nelle tabelle 1.1 e 1.2.

TABELLA 1.1 – DOTAZIONE DELL'INDAGINE IN SITU

INDAGINE	TIPO	N°
Prima fase	Sondaggio geotecnico	6
	Prove penetrometriche SPT	28
	Prova penetrometrica dinamica continua	1
	Prova geofisica MASW	1 allineamento
Seconda fase	Sondaggio geotecnico	4
	Prove penetrometriche SPT	64
	Prova penetrometrica dinamica continua	14
	Prove geofisica DOWN HOLE	1

TABELLA 1.2 – DOTAZIONE DELL'INDAGINE IN LABORATORIO

INDAGINE	TIPO	N°
Seconda fase	Granulometria	22
	Limiti di Atterberg	5

Nelle tabelle 1.3÷1.6 e nella figura 1.1 sono riassunti i risultati più significativi delle prove penetrometriche.
Nella tabella 1.7 e nelle figure 1.2 e 1.3 sono riassunti i risultati delle prove di laboratorio.
Nella figura 1.4 è infine riportata la planimetria del sito con l'ubicazione delle verticali d'indagine sovrapposta alle sagome degli impianti dei comparti in progetto.

Nell'APPENDICE A sono riportati i risultati più significativi delle indagini.

TABELLA 1.3 - RIASSUNTO PROVE PENETROMETRICHE CONTINUE

INDAGINE	PROVA N°	Q_{RIF} [m]	Q_M [m]
Prima fase	P1	-5,0	-5,0
Seconda fase	P1	-10,6	-10,6
	P2	-8,4	-8,4
	P3	/	-16,4
	P4	-4,6	-4,6
	P5	/	-18,4
	P6	-3,0	-3,0
	P7	/	-18,4
	P8	-4,2	-4,2
	P9	/	-18,4
	P10	/	-18,4
	P11	/	-15,8
	P12	/	-18,4
	P13	/	-18,4
	P14	/	-16,0

Q_{RIF} = quota in cui la prova è stata arrestata per impossibilità d'avanzamento,

Q_M = quota di fine prova.

TABELLA 1.4 – RIASSUNTO RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE SPT

INDAGINE DI PRIMA FASE

SONDAGGIO	PROVA	Q_{SPT} [m]	N_{SPT} [colpi/piede]
D1	1	-3,0	88
	2	-6,0	43
	3	-9,0	50
	4	-15,0	21
	5	-18,0	34
	6	-24,0	48
S3	1	-3,0	R
	2	-6,0	55
	3	-9,0	17
	4	-12,0	23
	5	-15,0	45
	6	-19,5	42
	7	-21,0	46
S4	1	-3,0	R
	2	-6,0	48
	3	-9,0	R
	4	-12,0	22
	5	-18,0	38
	6	-24,0	20
	7	-30,0	6
S5	1	-3,0	R
	2	-9,0	R
	3	-15,0	28
	4	-21,0	28
S6	1	-3,0	73
	2	-6,0	59
	3	-12,0	48
	4	-24,0	4

Q_{SPT} = quota di prova SPT,

N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT,

R = rifiuto strumentale.

TABELLA 1.5 – RIASSUNTO RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE SPT

INDAGINE DI SECONDA FASE

SONDAGGIO	PROVA	Q_{SPT} [m]	N_{SPT} [colpi/piede]
BH1	1	-3,1	R
	2	-4,5	13
	3	-6,0	13
	4	-7,5	18
	5	-9,0	27
	6	-10,5	R
	7	-12,0	30
	8	-13,5	36
	9	-15,0	11
	10	-16,5	21
	11	-18,0	20
	12	-19,5	21
	13	-21,0	18
	14	-24,0	37
	15	-27,0	37
	16	-30,0	42
BH2	1	-1,6	83
	2	-3,0	R
	3	-4,5	12
	4	-6,0	8
	5	-7,5	17
	6	-9,0	16
	7	-10,5	26
	8	-12,0	14
	9	-13,5	17
	10	-15,0	31
	11	-16,5	26
	12	-18,0	25
	13	-19,5	14
	14	-22,5	14
	15	-25,5	R
	16	-28,5	R

Q_{SPT} = quota di prova SPT,

N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT,

R = rifiuto strumentale.

TABELLA 1.6 – RIASSUNTO RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE SPT

INDAGINE DI SECONDA FASE

SONDAGGIO	PROVA	Q_{SPT} [m]	N_{SPT} [colpi/piede]
BH3	1	-1,5	58
	2	-3,0	24
	3	-4,5	25
	4	-6,0	8
	5	-7,5	17
	6	-9,0	25
	7	-10,5	23
	8	-12,0	16
	9	-13,5	28
	10	-15,0	13
	11	-16,5	31
	12	-18,0	26
	13	-19,5	29
	14	-22,5	28
	15	-25,5	42
	16	-28,5	24
BH4	1	-3,0	7
	2	-4,5	10
	3	-6,0	R
	4	-7,5	9
	5	-9,0	6
	6	-10,5	13
	7	-12,0	11
	8	-13,5	12
	9	-15,0	18
	10	-16,5	12
	11	-18,0	20
	12	-19,5	22
	13	-21,0	23
	14	-24,0	R
	15	-27,0	R
	16	-30,0	R

Q_{SPT} = quota di prova SPT,

N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT,

R = rifiuto strumentale.

TABELLA 1.7 – RIASSUNTO PROVE DI LABORATORIO

CLASSIFICAZIONI

CAMPIONE	Q_{camp} [m]	A&L [%]	S [%]	G [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]
BH1/SPT7	-12,2	19,9	53,7	26,4	/		
BH1/SPT8	-13,7	28,7	40,5	30,8	23	18	5
BH1/SPT10	-16,7	13,9	83	3,1	/	/	/
BH1/SPT13	-21,2	23,1	76,4	0,5	/	/	/
BH1/SPT14	-24,2	31,1	67,7	1,2	/	/	/
BH2/SPT7	-9,65	31,7	21,7	46,6	/	/	/
BH2/SPT9	-12,7	55,1	42,3	2,6	/	/	/
BH2/SPT11	-15,2	27,9	66,8	5,3	/	/	/
BH2/SPT14	-19,7	24,2	75,5	0,3	/	/	/
BH2/SPT15	-22,7	56,8	43,0	0,2	/	/	/
BH2/SPT16	-25,7	2,0	4,4	93,6	/	/	/
BH3/SPT6	-9,2	40,6	24,7	34,7	38	24	14
BH3/SPT7	-10,7	30,2	23,1	46,7	40	24	16
BH3/SPT13	-19,7	29,5	69,2	1,3	/	/	/
BH3/SPT15	-25,7	25,3	73,2	1,5	/	/	/
BH3/SPT16	-28,7	91,3	8,5	0,2	/	/	/
BH4/SPT5	-9,2	42,0	34,2	23,8	33	23	10
BH4/SPT7	-12,7	19,3	79,6	1,1	/	/	/
BH4/SPT9	-15,2	38,7	60,8	0,5	/	/	/
BH4/SPT12	-19,7	33,9	65,5	0,6	24	16	8
BH4/SPT14	-24,2	20,4	39,8	39,8	/	/	/

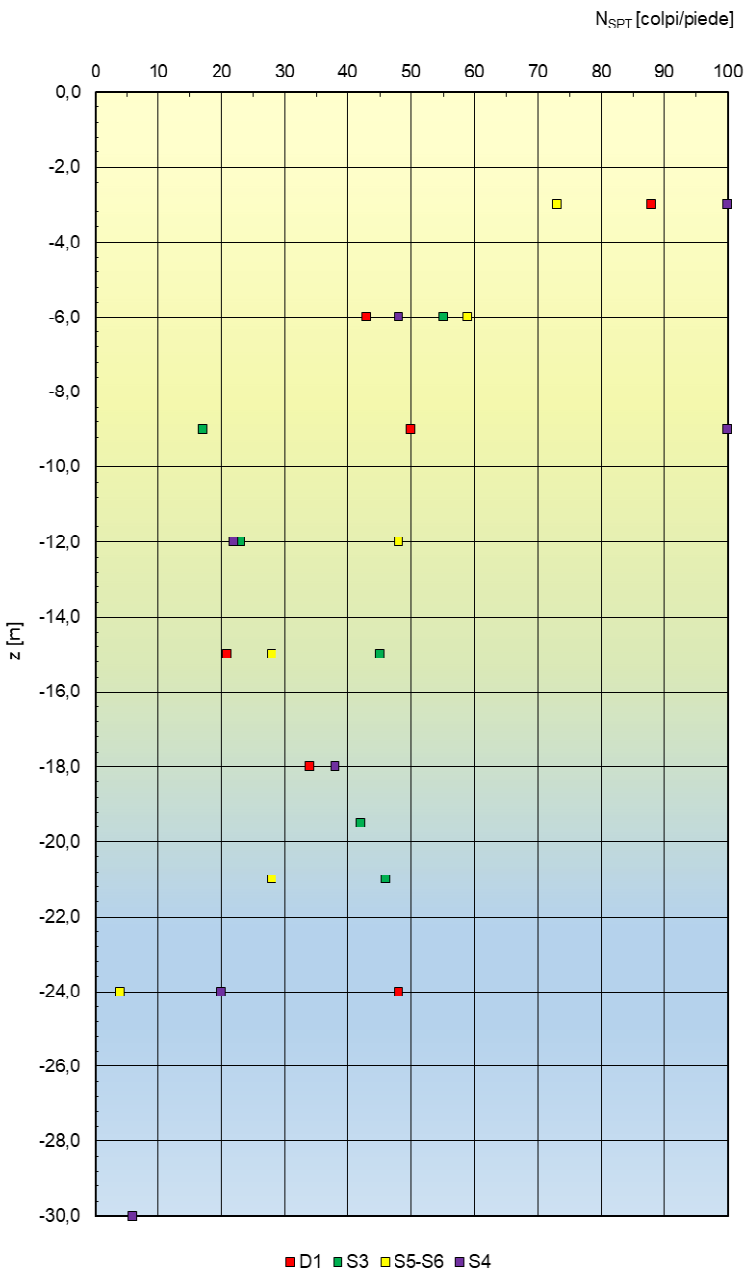
Q_{camp} = quota media prelievo campione,

A&L, S, G = la percentuale di fino, sabbia, ghiaia rispettivamente,

LL, LP, IP = limiti di ATTERBERG,

FIGURA 1.1 - ANDAMENTO N_{SPT} CON LA PROFONDITÀ

INDAGINE DI PRIMA FASE



INDAGINE DI SECONDA FASE

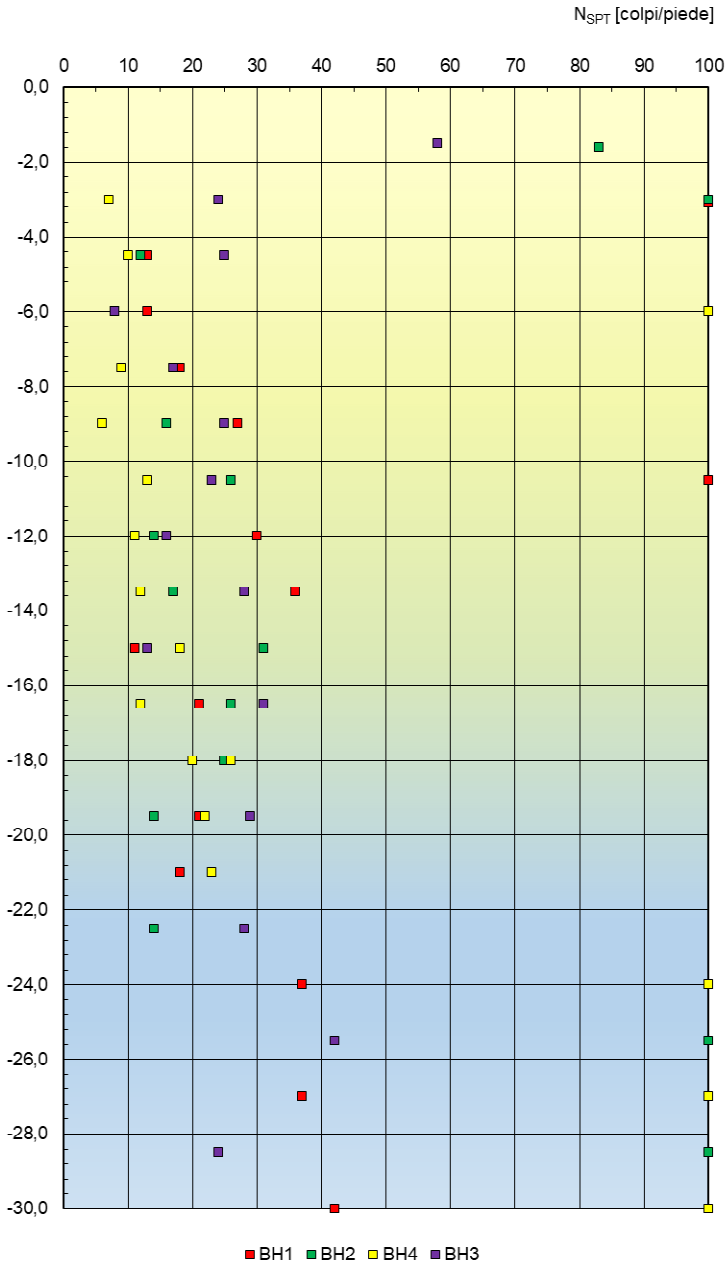
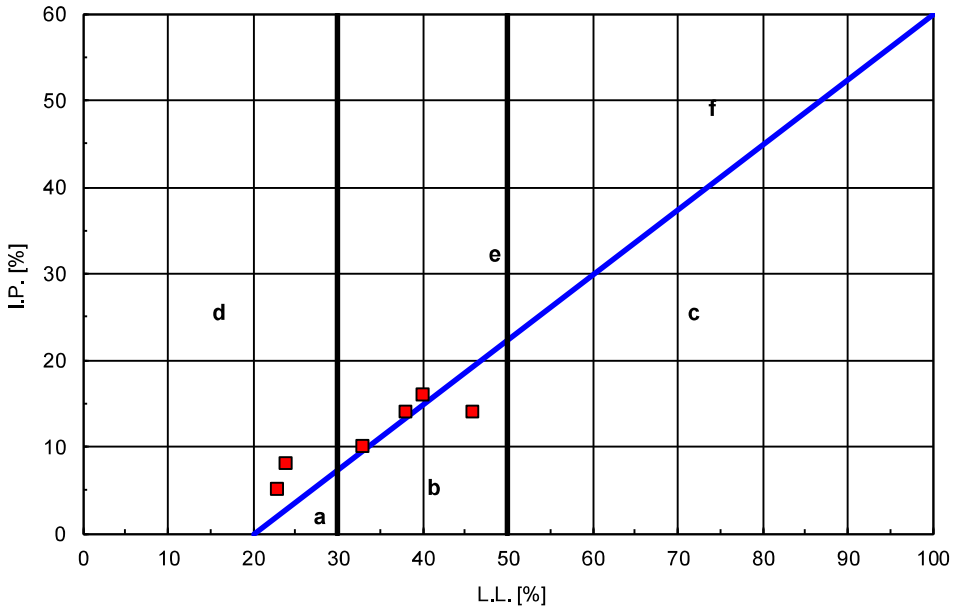


FIGURA 1.2 - CARTA DELLA PLASTICITÀ



a = limi inorganici di bassa compressibilità
b = limi inorganici di media compressibilità, limi organici
c = limi inorganici di alta compressibilità, argille organiche
d = argille inorganiche di bassa plasticità
e = argille inorganiche di media plasticità
f = argille inorganiche di alta plasticità

FIGURA 1.3 – PROFILO LITOLOGICO

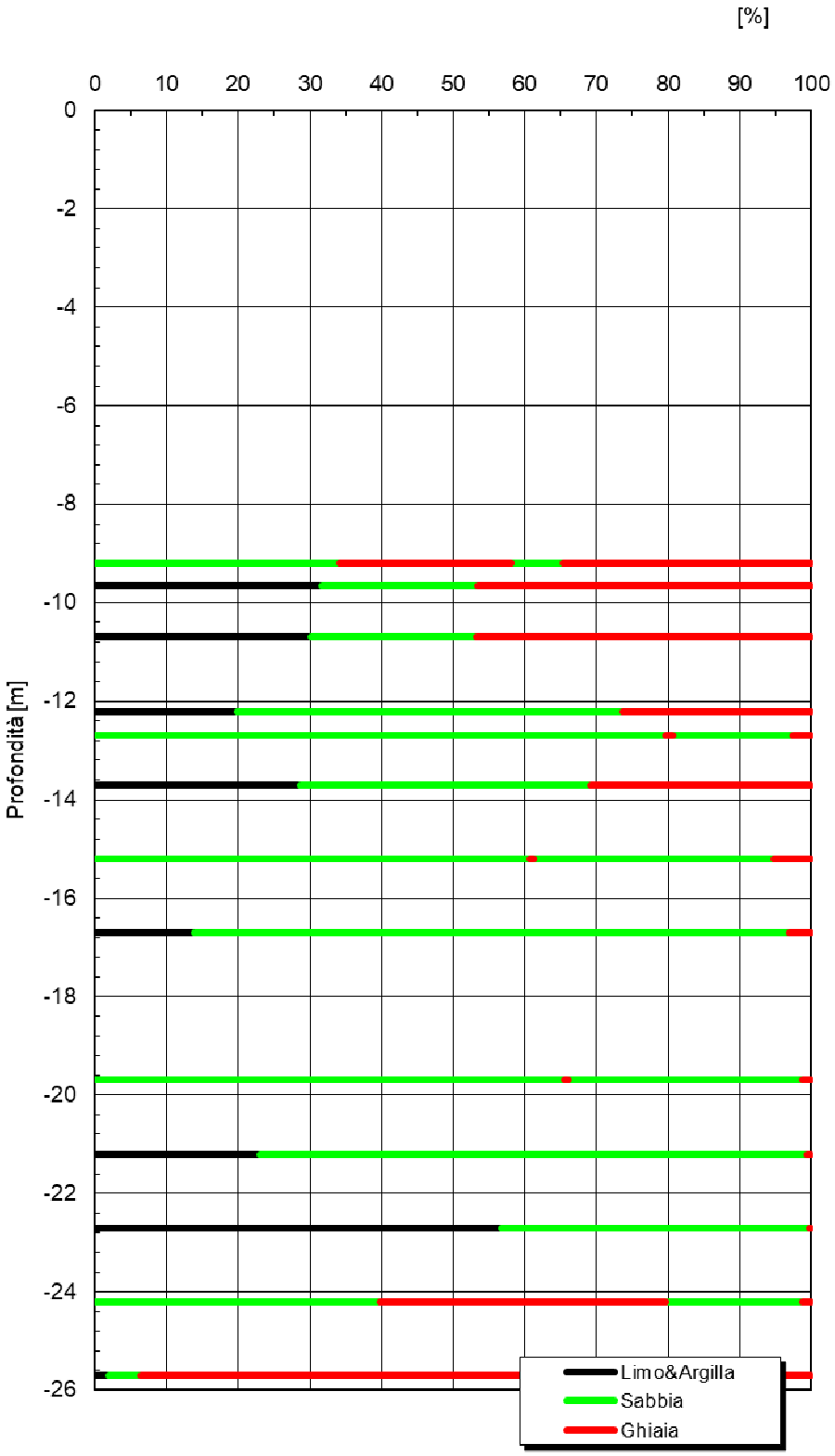
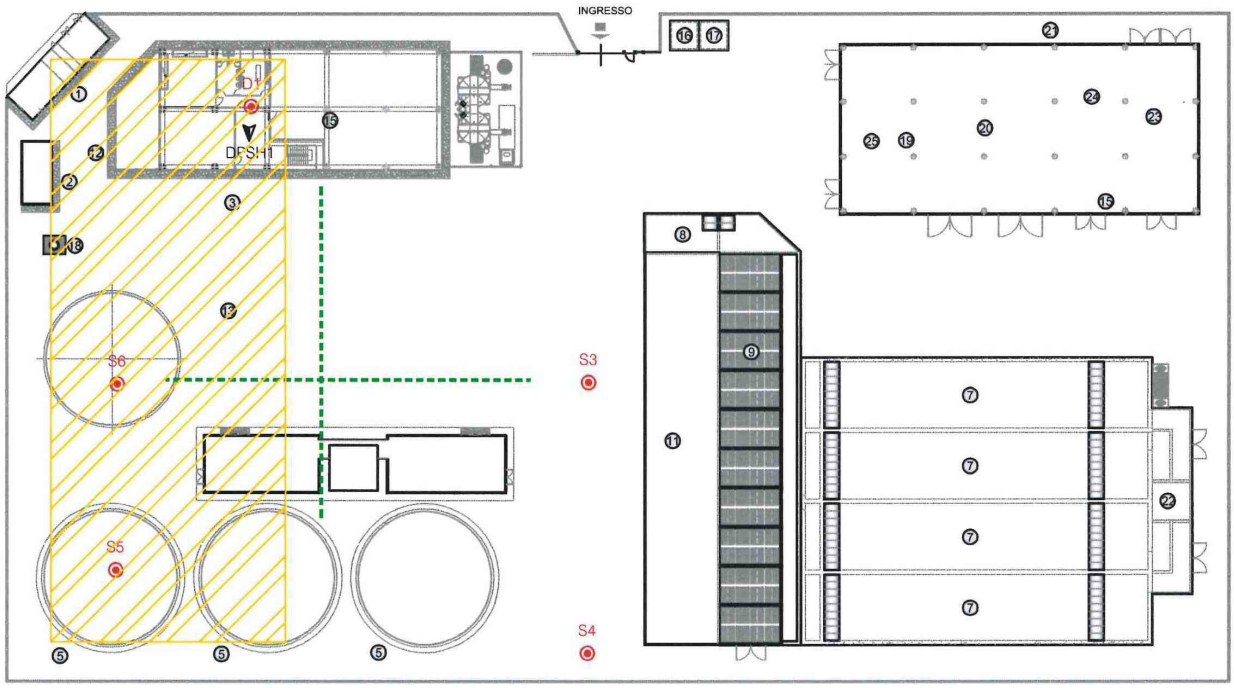
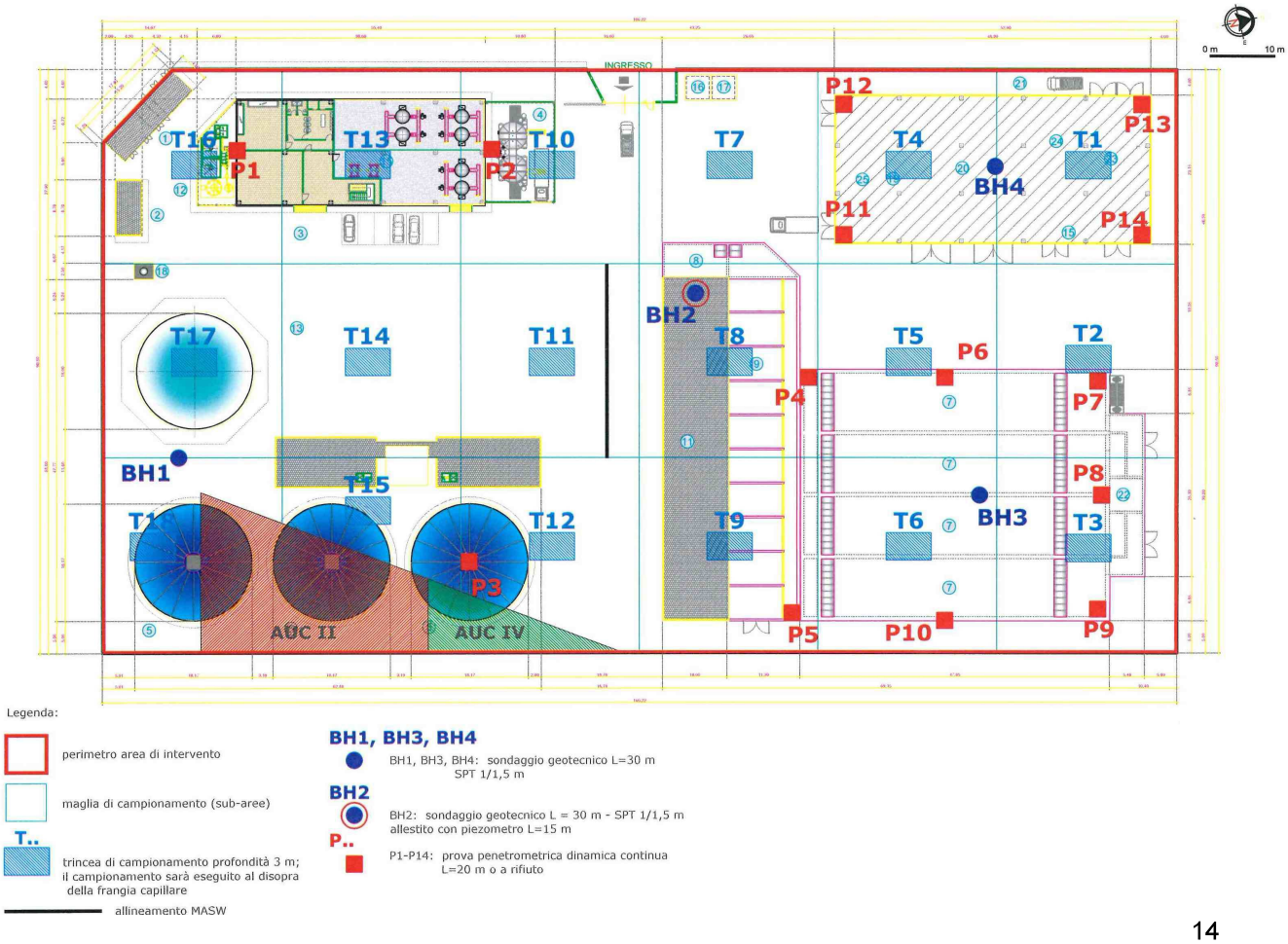


FIGURA 1.4 – UBICAZIONE SOMMARIA VERTICALI D'INDAGINE

PRIMA FASE



SECONDA FASE



Legenda:

- perimetro area di intervento
- maglia di campionamento (sub-aree)
- T.. trincea di campionamento profondità 3 m; il campionamento sarà eseguito al disopra della frangia capillare
- allineamento MASW
- BH1, BH3, BH4: BH1, BH3, BH4: sondaggio geotecnico L=30 m SPT 1/1,5 m
- BH2: BH2: sondaggio geotecnico L = 30 m - SPT 1/1,5 m allestito con piezometro L=15 m
- P..: P1-P14: prova penetrometrica dinamica continua L=20 m o a rifiuto

Capitolo 2 ***CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA***

2.1 – Caratteristiche litostratigrafiche

L'area in esame è pressoché pianeggiante ed è ubicata in prossimità della linea di spiaggia del mare.

È caratterizzata dalla presenza di un importante spessore di materiale di riporto testimonianza che l'area fu oggetto di antropizzazione d'ampliamento a mare della fascia costiera.

Al disotto del riporto sono presenti terreni di origine alluvionale costituiti da livelli metrici a prevalente frazione sabbiosa e limosa la cui frazione e spessore variano, alternandosi, entro l'area in maniera caotica arealmente e con la profondità.

Nel riporto sono presenti massi che hanno opposto ai penetrometri il rifiuto presumibilmente costituiti da blocchi di muratura, di calcestruzzo ovvero da preesistenze interrate.

Macroscopicamente i terreni dell'area in esame possono essere suddivisi nei principali strati di seguito descritti.

Le quote di separazione degli strati sono riportate nella tabella 2.1.

STRATO R

Dal piano campagna fino alla -10÷-11,5 m (cfr. Q_R di tabella 2.1).

È costituito più frequentemente da terreni limosi sabbiosi integrati o intercalati da materiali grossolani di demolizione edile.

Sono suddivisi in due parti denominati con le lettere R1 e R2.

Il sottostrato R1 è presente al disotto del ricoprimento superficiale e si differenzia dal sottostante sottostrato R2 per avere opposto ai penetrometri resistenze sensibilmente inferiori a quelle associabili alla porzione R2.

La quota di separazione dei due sottostrati è compresa entro l'area tra la -6,5 e la -7 m.

Sono caratterizzati da valori della resistenza penetrometrica N_{SPT} che, se pur molto dispersi, sono quantizzabili in 8/10 colpi/piede il sottostrato R1 e in 15÷20 colpi/piede il sottostrato R2, rivelando entrambi una notevole variabilità dovuta essenzialmente all'intercettamento di elementi lapidei che spesso hanno impedito l'avanzamento della punta penetrometrica..

I picchi dell'andamento della N_{SPT} con la profondità non sono per tale motivo rappresentativi in maniera significativa della densità dei materiali.

Pertanto nella caratterizzazione meccanica dei terreni riportata nel paragrafo seguente sarà dato più affidamento alla lower-band della N_{SPT} ignorando le resistenze maggiori di 50 colpi/piede.

Con tale premessa i terreni dello strato R presentano caratteristiche meccaniche medie con l'eccezione dei terreni superficiali (R1) i quali hanno fornito resistenze mediamente minori.

STRATO A

Dalla -10÷-11,5 m alla -14÷-16,5 m (cfr. $Q_{L,A}$ di tabella 2.1)

È caratterizzato da resistenze penetrometriche dell'ordine dei 10 colpi/piede con numerosi picchi, in particolare nella parte alta del sondaggio BH1.

È costituito da sabbia e limo con la ghiaia subordinata.

È ubicato nella carta della plasticità di figura 1.2 nella zona dei limi inorganici di bassa plasticità e media compressibilità.
Presenta caratteristiche meccaniche scadenti.

STRATO B

Dalla -14÷-16,5 m alla -23÷-24,5 m

È costituito sabbia e limo argilloso prevalenti con la ghiaia in tracce. Le frazioni granulometriche variano in maniera caotica arealmente e con la profondità.
La frazione fine è ubicata nella carta della plasticità di figura 1.2 nella zona delle argille inorganiche di bassa plasticità e bassa compressibilità.
L'esame della figura 1.3 fornisce un quadro esaustivo delle variazioni della litologia sopra rilevate.
La presenza dello strato B è evidenziata da un aumento della N_{SPT} che dai valori tipici dello strato A assume valori compresi tra 20 e 30 colpi/piede nella parte alta – sottostrato B1 – in diminuzione a 15÷20 nella parte bassa – sottostrato B2.
Lo stato di addensamento dei terreni dello strato B è definibile medio al tetto in lieve diminuzione con la profondità.

STRATO C

Dalla -23÷-24,5 m fino alla massima profondità d'indagine

Lo strato C è caratterizzato da un rapido e progressivo aumento della resistenza penetrometrica che assume valori dell'ordine dei 35÷40 colpi/piede e spesso il rifiuto.
I terreni costituenti lo strato C si presentano molto addensati e con una estrema variabilità litologica: dall'argilla limosa in matrice sabbiosa all'argilla con ciottoli nel sondaggio BH2.

INTERCALAZIONE LIMOSA ARGILLOSA

In corrispondenza dei sondaggi S4, S6, BH2 a quote comprese tra la -19 e la –24 m e quindi all'interno dello strato B, si registrano sensibili cali della N_{SPT} che si ritengono dovuti a intercalazioni a prevalente frazione limosa argillosa. Non si ha corrispondenza nelle litologie dei sondaggi della corrispondente variazione litologica ipotizzata. Per tale ragione tali livelli si ritengono di spessore non elevato, ipotizzabile non maggiore del metro.
L'ubicazione plano altimetrica di tale livello è del tutto casuale e non correlabile.

TABELLA 2.1 – ALTIMETRIE LITOTIPI

VERTICALE	$Q_{L,R1}$ [m]	$Q_{L,R2}$ [m]	Q_{LA} [m]	Q_{LB} [m]
BH1	-6,5÷-7	-11,5	-16	-23
BH2		-10,45	-15	-25,1
BH3		-10,7	-14	-24,5
BH4		-10,0	-16,5	-24,1

Q_L = quota letto strato.

2.2 - Caratteristiche geotecniche dei terreni

Le informazioni acquisite dalla campagna d'indagine in situ sono utilizzate per la caratterizzazione geotecnica dei terreni. Per la definizione dei parametri si è fatto ricorso a relazioni empiriche che legano la resistenza penetrometrica N_{SPT} con le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni investigati.

In subordine sono stati presi in esame i risultati delle prove di laboratorio, con particolare riferimento alla deformabilità.

Nelle figure 2.1÷2.5 si riportano gli andamenti con la profondità dell'angolo d'attrito φ', della densità relativa D_r, del gradiente *m,* del modulo E di YOUNG e delle resistenze $(N_1)_{60\text{-}SPT}$.

In sintesi, nella tabella 2.2 si riporta il modello geotecnico dedotto da quanto sopra riportato. A tale modello viene fatto riferimento nelle analisi seguenti.

TABELLA 2.2 – MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

a) CONDIZIONE SFAVOREVOLE – INDAGINE DI SECONDA FASE

STRATO	Q_L [m]	γ [kN/m^3]	φ'_{calc} [gradi]	D_r [%]	m [/]	n [/]	ν [/]
R1	-7	19	25	35	400	0,5	0,35
R2	-11,5	19	26,5	40	550	0,5	0,35
A	-16,5	19	27,5	45	500	0,5	0,35
B1	-19	19	29	55	700	0,5	0,35
B2	-24,5	19	27,5	50	450	0,5	0,35
C	/	19	32	75	800	0,5	0,35

b) CONDIZIONE FAVOREVOLE - INDAGINE DI PRIMA FASE

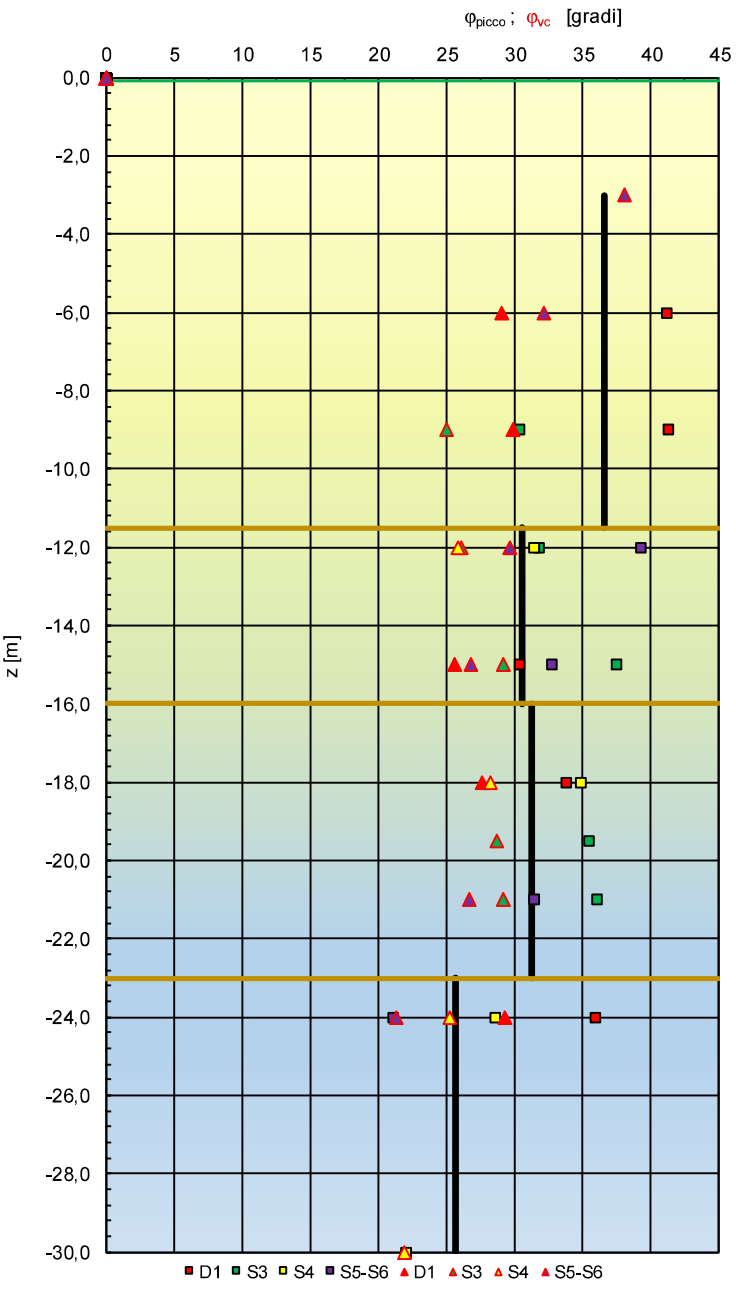
STRATO	Q_L [m]	γ [kN/m^3]	φ'_{calc} [gradi]	D_r [%]	m [/]	n [/]	ν [/]
R1	-7	19	27	35	1000÷400	0,5	0,35
R2	-11,5	19	28	40	600	0,5	0,35
A	-16,5	19	28,5	45	550	0,5	0,35
B1	-19	19	29	55	700	0,5	0,35
B2	-24,5	19	27,5	50	500	0,5	0,35
C	/	19	29	75	650	0,5	0,35

Nelle figure 2.1÷2.5 e nella tabella 2.2 si è indicato con:

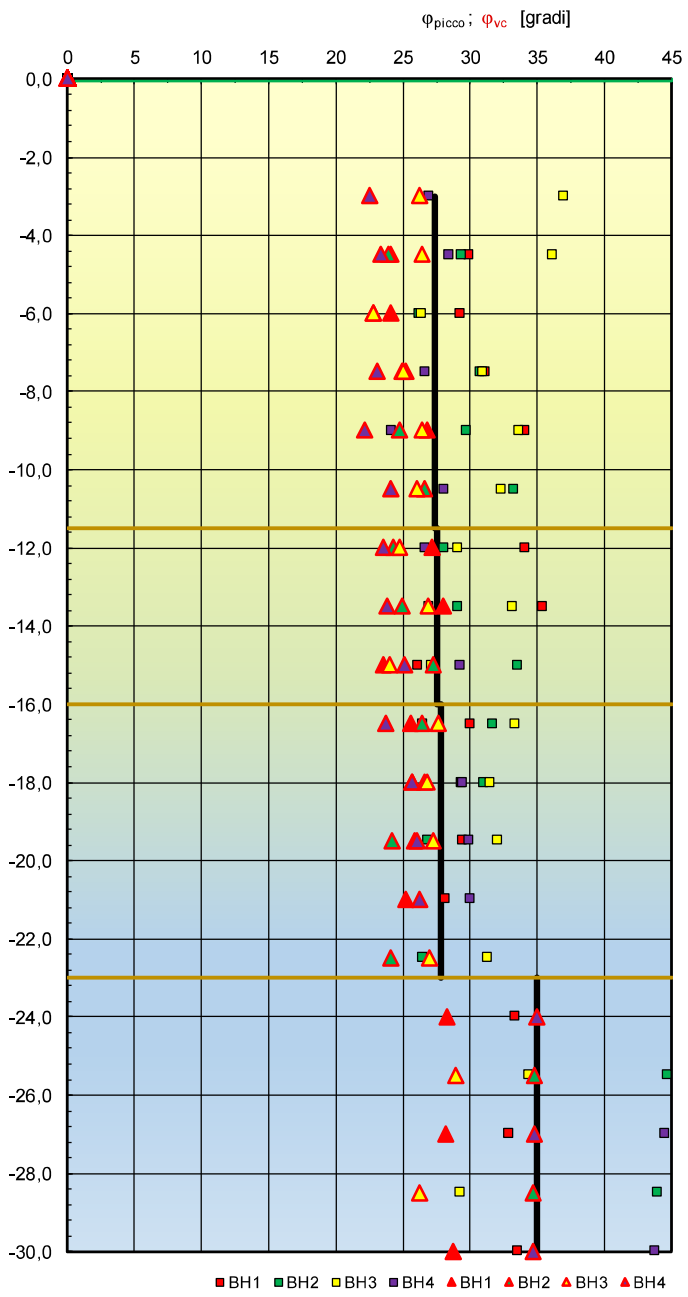
- Q_L la quota del letto dello strato,
- γ il peso di volume fuori falda,
- φ'_{calc} l'angolo d'attrito operativo,
- D_r la densità relativa,
- m il gradiente del modulo di YOUNG E_{vc} nella formulazione $E_{vc} = m\ (\sigma_c/\sigma_r)^n\ \sigma_r$ (JANBU);.σ_c; σ_r rispettivamente la pressione di contenimento efficace e la pressione di riferimento, quest'ultima pari a 100 per *E* e σ_c in kPa,
- E_{VC} il modulo di YOUNG (curva vergine); il modulo di YOUNG $E_{UL\text{-}RL}$ di scarico e ricarico è pari a $\alpha^* E_{VC}$; α per i terreni in esame α assume il valore pari a 2,
- ν il rapporto di POISSON.

FIGURA 2.1 – ANDAMENTO ANGOLO D'ATTRITO φ' CON LA PROFONDITÀ

INDAGINE DI PRIMA FASE



INDAGINE DI SECONDA FASE



$\varphi = 15+[15*(N_1)_{60}]^{.5}$ (sabbie fini limose-SHIOI & FUKUNI-1982; ROAD BRIDGE SPECIFIC.)

$\varphi = 27 + 0,3 * (N_1)_{60}$ (sabbie medio grosse e sabbie ghiaiose - JAPANESE NATIONAL RAILWAY)

$\varphi = 15 + [20 * (N_1)_{60}]^{.5}$ (sabbie medio grosse e sabbie debolmente ghiaiose - OWASAKI & IWASAKI)

$(N_1)_{60} = N_{SPT} * E_F/60 * C_N$

$(N_1)_{60}$ = resistenza penetrometrica SPT normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa

N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT misurata

E_F = efficienza dei macchinari italiani stimato al 65%, riferita al rendimento del 60%

$C_N = (98,1/\sigma'_{v0})^{.5}$ [kPa] = fattore di correzione (LIAO & WHITMANN - 1986)

$\varphi = 15+[15*(N_1)_{60}]^{.5}$ (sabbie fini limose-SHIOI & FUKUNI-1982; ROAD BRIDGE SPECIFIC.)

$\varphi = 27 + 0,3 * (N_1)_{60}$ (sabbie medio grosse e sabbie ghiaiose - JAPANESE NATIONAL RAIL

$\varphi = 15 + [20 * (N_1)_{60}]^{.5}$ (sabbie medio grosse e sabbie debolmente ghiaiose - OWASAKI & IW

$(N_1)_{60} = N_{SPT} * E_F/60 * C_N$

$(N_1)_{60}$ = resistenza penetrometrica SPT normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa

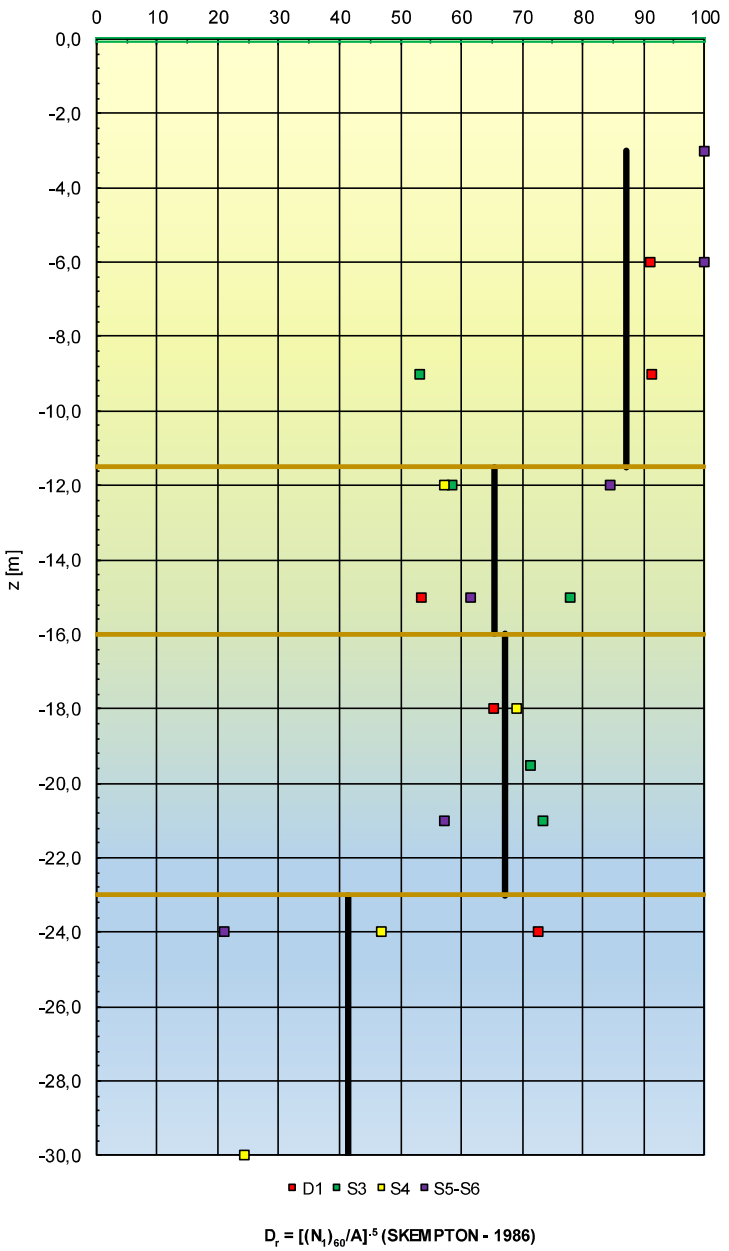
N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT misurata

E_F = efficienza dei macchinari italiani stimato al 65%, riferita al rendimento del 60%

$C_N = (98,1/\sigma'_{v0})^{.5}$ [kPa] = fattore di correzione (LIAO & WHITMANN - 1986)

FIGURA 2.2 – ANDAMENTO DENSITÀ RELATIVA D_R CON LA PROFONDITÀ

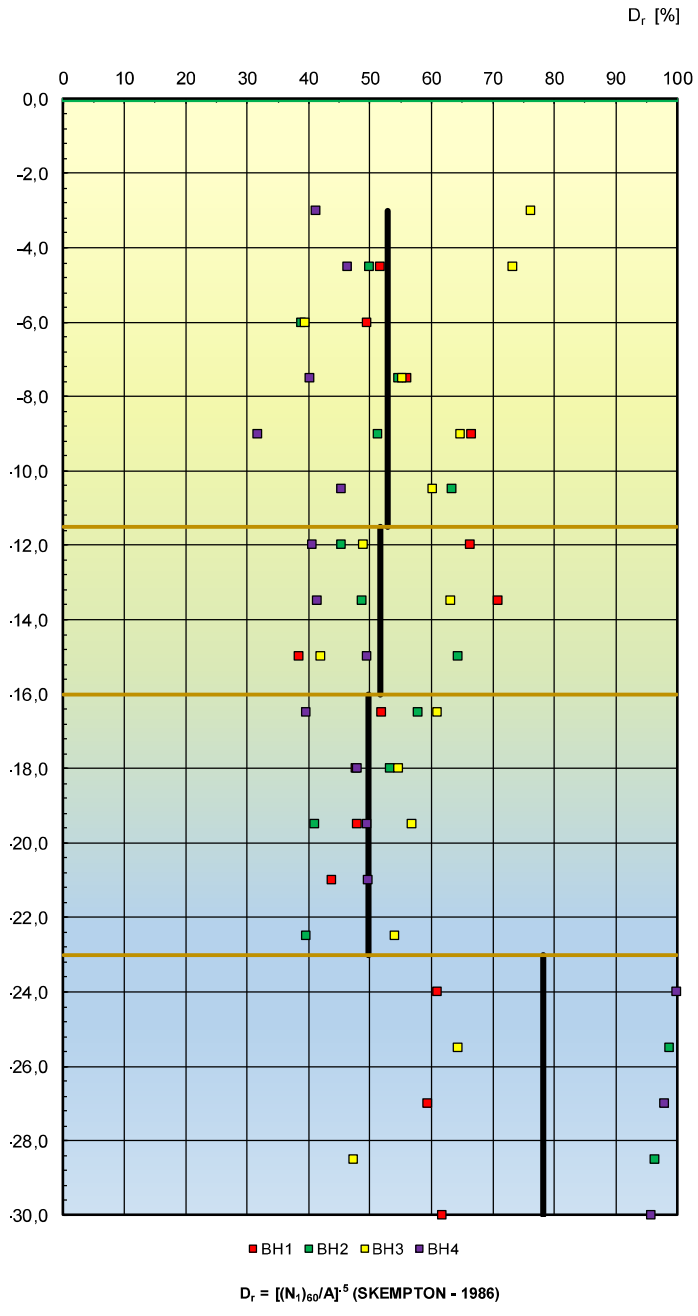
INDAGINE DI PRIMA FASE



$D_r = [(N_1)_{60}/A]^{.5}$ (SKEMPTON - 1986)

$(N_1)_{60} = N_{SPT} * E_F/60 * C_N$
$(N_1)_{60}$ = resistenza penetrometrica SPT normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa
N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT misurata
E_F = efficienza dei macchinari italiani stimato al 65%, riferita al rendimento del 60%
$C_N = (98,1/s'_{v0})^{.5}$ [kPa] = fattore di correzione (LIAO & WHITMANN - 1986)
A = 55, 60, 65 rispettivamente per sabbie fini, sabbie medie, sabbie grosse.

INDAGINE DI SECONDA FASE

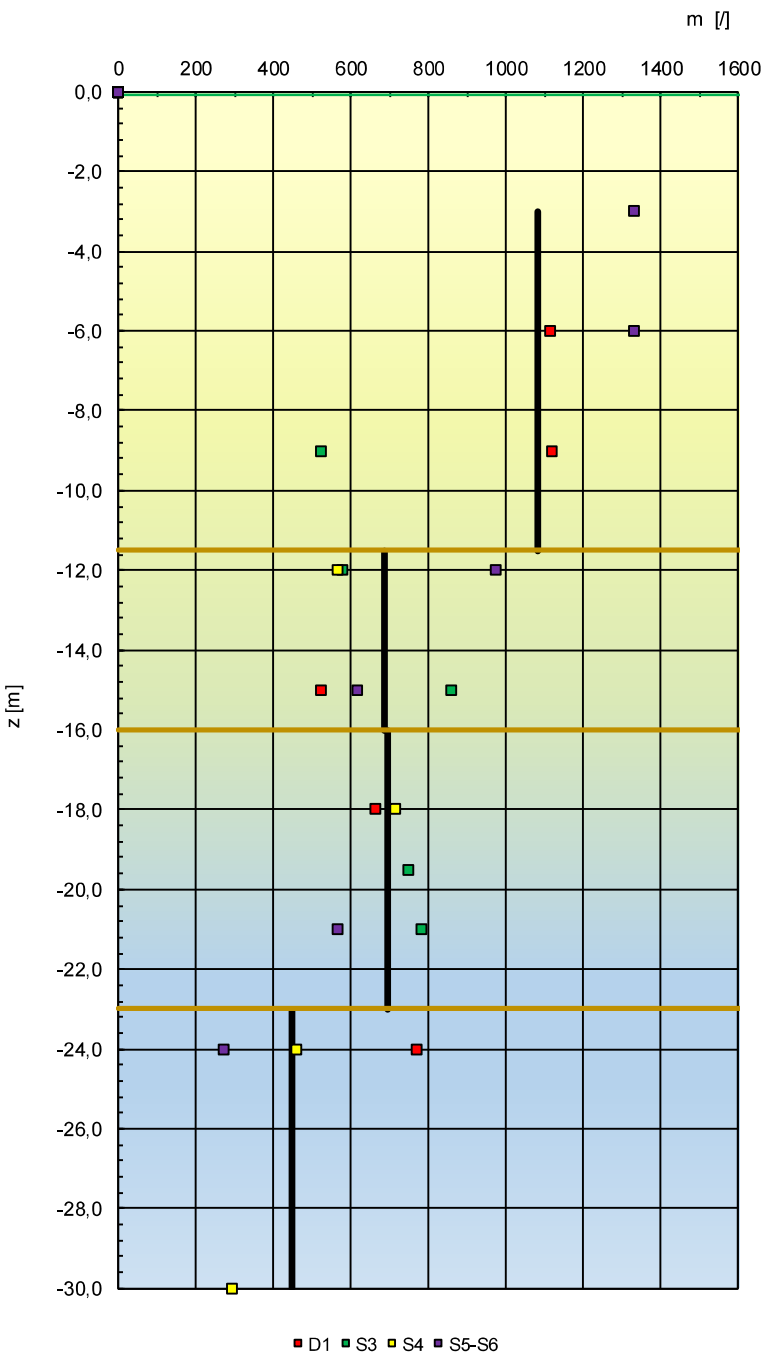


$D_r = [(N_1)_{60}/A]^{.5}$ (SKEMPTON - 1986)

$(N_1)_{60} = N_{SPT} * E_F/60 * C_N$
$(N_1)_{60}$ = resistenza penetrometrica SPT normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa
N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT misurata
E_F = efficienza dei macchinari italiani stimato al 65%, riferita al rendimento del 60%
$C_N = (98,1/s'_{v0})^{.5}$ [kPa] = fattore di correzione (LIAO & WHITMANN - 1986)
A = 55, 60, 65 rispettivamente per sabbie fini, sabbie medie, sabbie grosse.

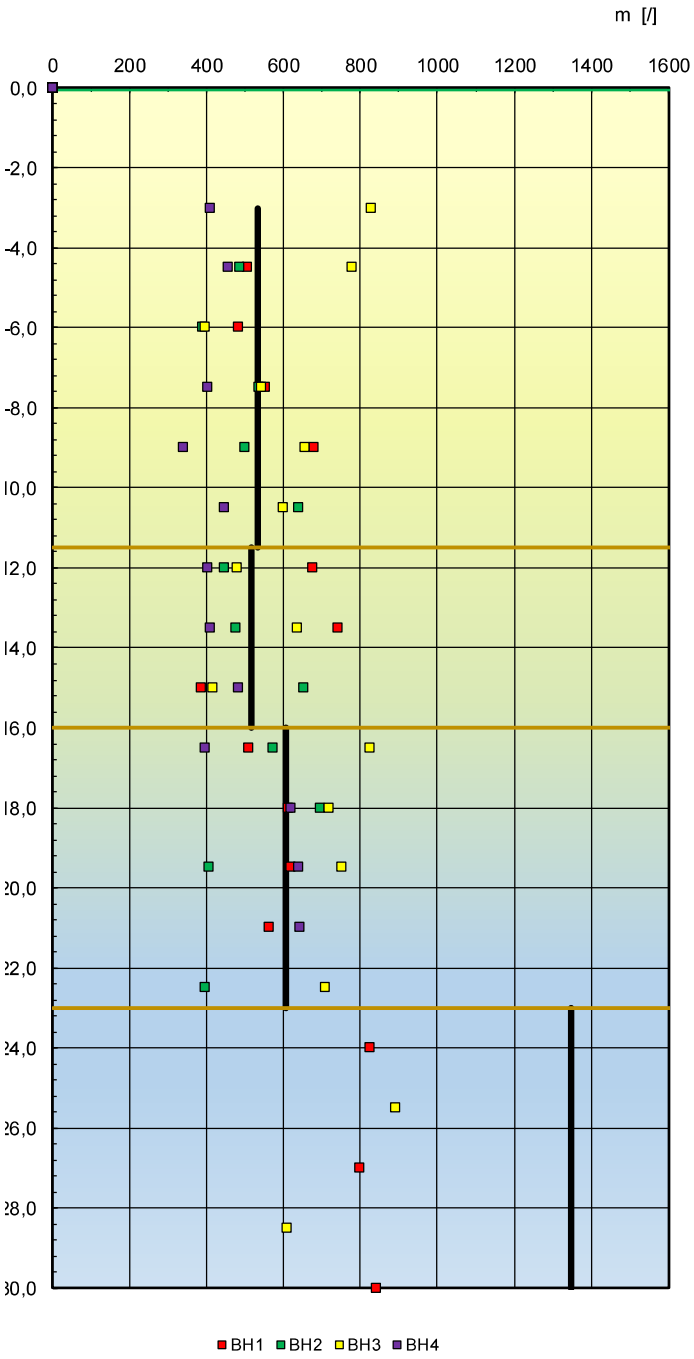
FIGURA 2.3 – ANDAMENTO GRADIENTE DEL MODULO *m*
DI YOUNG CON LA PROFONDITÀ

INDAGINE DI PRIMA FASE



a, b = parametri adimensionali funzione della granulometria del terreno assunti pari a:
a = 180, 210, 250
b = 0,02, 0,0225, 0,25
rispettivamente per sabbie fini, sabbie medie, sabbie grosse,
D_r = densità relativa.

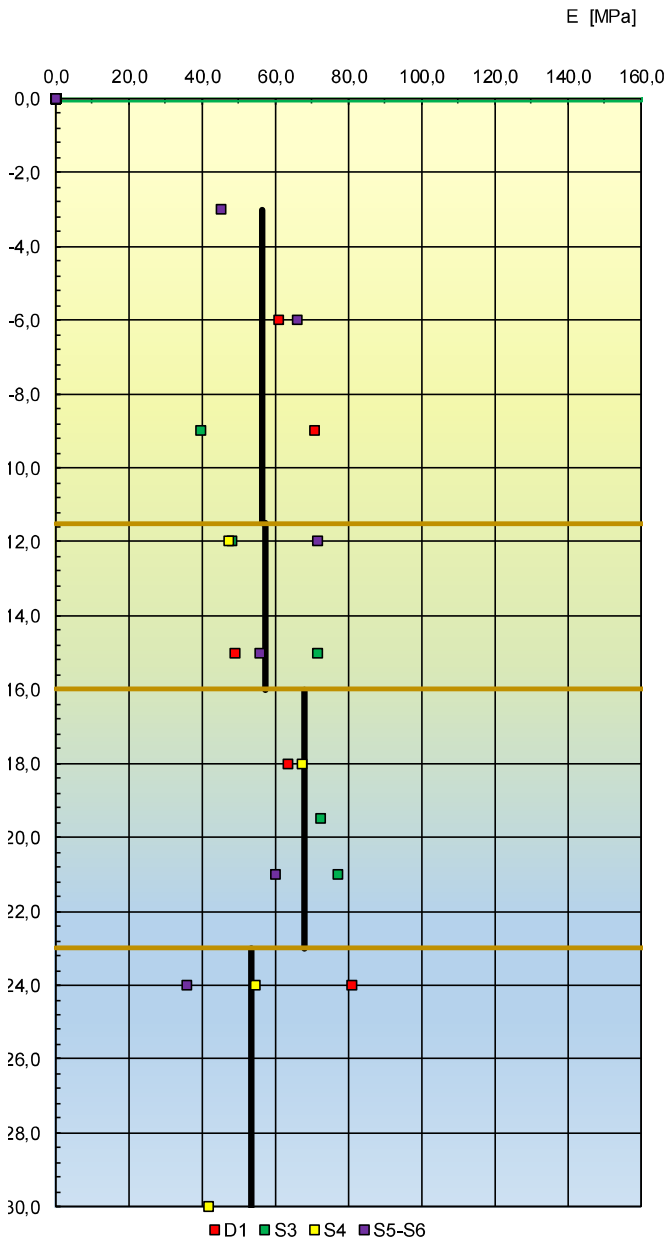
INDAGINE DI SECONDA FASE



a, b = parametri adimensionali funzione della granulometria del terreno assunti pari a:
a = 180, 210, 250
b = 0,02, 0,0225, 0,25
rispettivamente per sabbie fini, sabbie medie, sabbie grosse,
D_r = densità relativa.

FIGURA 2.4 – ANDAMENTO MODULO DI YOUNG *E* CON LA PROFONDITÀ

INDAGINE DI PRIMA FASE



$E = m\ (\sigma'_c/\sigma_r)^n\ \sigma_r$

m = gradiente del modulo = a * e $^{(b*Dr)}$ (JAMIOLKOWSKI-PASQUALINI - 1975)

n = esponente del modulo

σ'_c = pressione di contenimento efficace in kg/cm^2, calcolata adottando un coefficiente a riposo = 1-Si

σ_r = pressione di riferimento = 100 per E in kPa

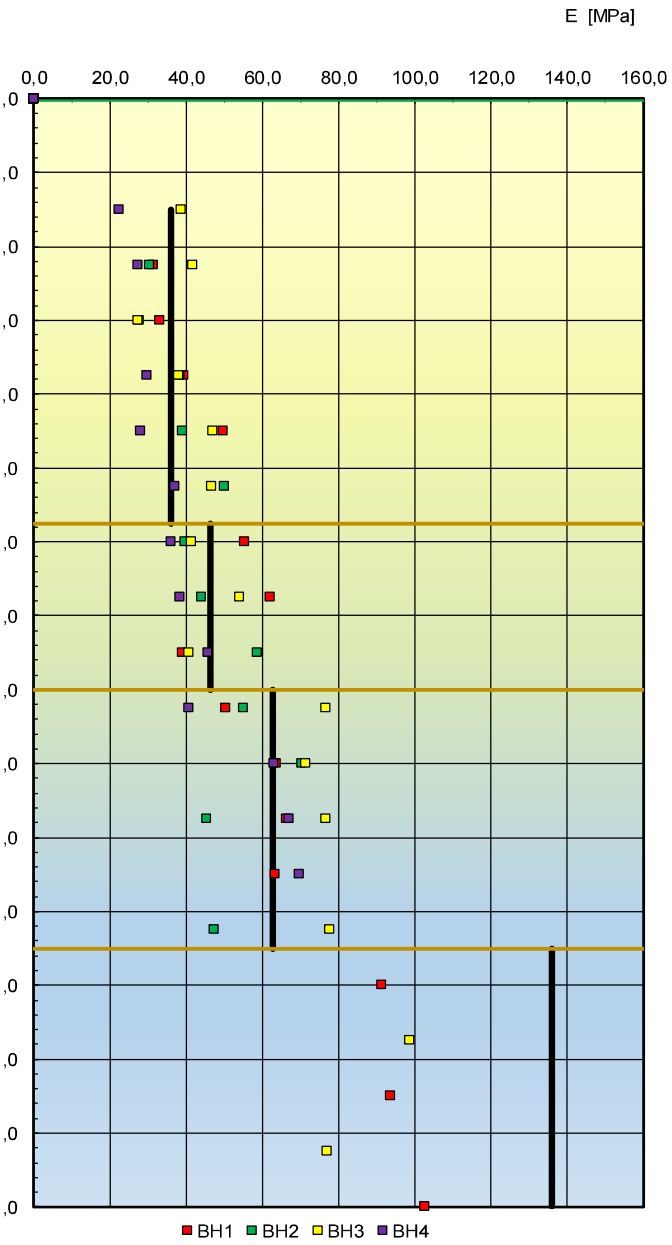
$E = 196{,}2 * B * (N_1)_{60}$ (SCHMERTMANN)

B = 4, 6, 10 rispettivamente per sabbie fini, sabbie medie, sabbie grosse.

$E = A * (N_1)_{60}$ (CLAYTON 1993)

A = coefficiente di correlazione variabile in funzione di $(N_1)_{60}$

INDAGINE DI SECONDA FASE



$E = m\ (\sigma'_c/\sigma_r)^n\ \sigma_r$

m = gradiente del modulo = a * e $^{(b*Dr)}$ (JAMIOLKOWSKI-PASQUALINI - 1975)

n = esponente del modulo

σ'_c = pressione di contenimento efficace in kg/cm^2, calcolata adottando un coefficiente a riposo = 1-sin φ

σ_r = pressione di riferimento = 100 per E in kPa

$E = 196{,}2 * B * (N_1)_{60}$ (SCHMERTMANN)

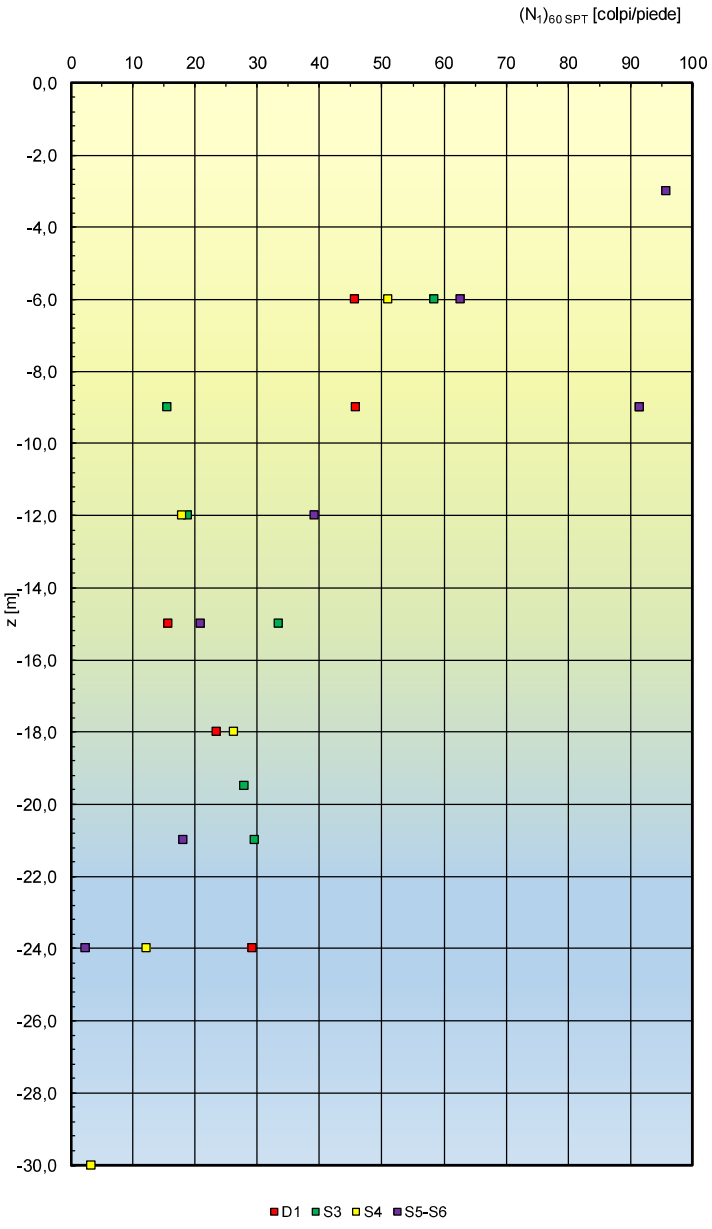
B = 4, 6, 10 rispettivamente per sabbie fini, sabbie medie, sabbie grosse.

$E = A * (N_1)_{60}$ (CLAYTON 1993)

A = coefficiente di correlazione variabile in funzione di $(N_1)_{60}$

FIGURA 2.5 – ANDAMENTO RESISTENZA $(N_1)_{60,SPT}$ CON LA PROFONDITÀ

INDAGINE DI PRIMA FASE



$(N_1)_{60} = N_{SPT} * E_F/60 * C_N$

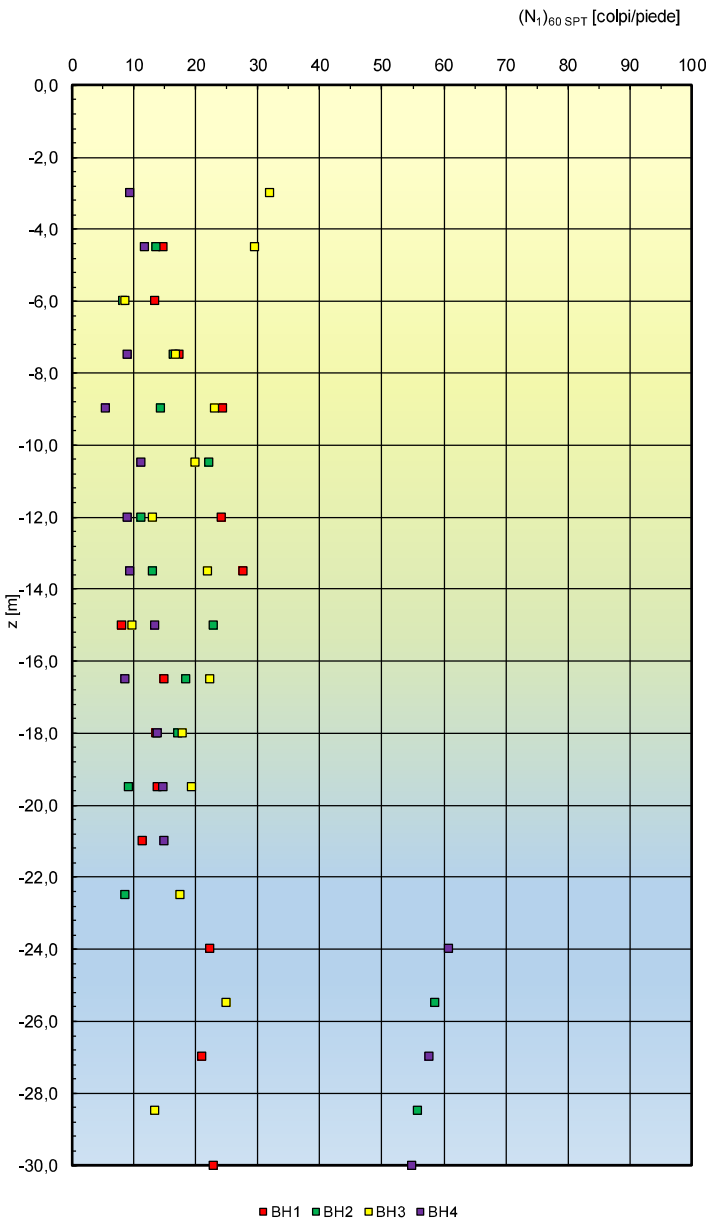
$(N_1)_{60}$ = resistenza penetrom. SPT normalizzata a una tensione efficace vert.=100 kPa

N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT misurata

E_F = efficienza dei macchinari italiani stimato al 65%, riferita al rendimento del 60%

$C_N = (98,1/\sigma'_{v0})^{-5}$ [kPa] = fattore di correzione (LIAO & WHITMANN - 1986)

INDAGINE DI SECONDA FASE



$(N_1)_{60} = N_{SPT} * E_F/60 * C_N$

$(N_1)_{60}$ = resistenza penetrom. SPT normalizzata a una tensione efficace vert.=100 kPa

N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT misurata

E_F = efficienza dei macchinari italiani stimato al 65%, riferita al rendimento del 60%

$C_N = (98,1/\sigma'_{v0})^{-5}$ [kPa] = fattore di correzione (LIAO & WHITMANN - 1986)

2.3 – Idrologia

Nel corso dei lavori d'indagine è stata riscontrata la presenza dell'acqua di falda a quote comprese tra la -2,8 e la -3,5 m.

In considerazione di condizioni idrologiche più sfavorevoli, nei calcoli l'acqua è stata considerata presente alla quota Q_w pari a:

$$Q_w = -2 \text{ m.}$$

2.4 - Sismicità dell'area

Nel seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in esame nel rispetto delle disposizioni delle NTC del Decreto Ministeriale del 14/01/2008.

- a) Il sito in esame appartiene alla ZONA 3, a basso rischio sismico.

- b) Essendo l'area pianeggiante questa risulta di Categoria topografica T1. Ne consegue un valore massimo del coefficiente di amplificazione topografica S_T risulta pari a:

$$S_T = 1{,}0.$$

- c) Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore $v_{s,30}$, definito come media della velocità delle onde di taglio entro i primi 30 m dal piano di fondazione. In particolare si considerano i risultati delle prove geofisiche riportate nella tabella 2.3 introdotti nella tabella 2.4.

TABELLA 2.3 – SINTESI RISULTATI PROVE GEOFISICHE

VERTICALE	$v_{s,30}$ [m/s]	Categoria di Suolo
MASW	321	C
DOWN-HOLE	341,6	C

In sintesi i terreni in esame risultano inseriti nella **CATEGORIA DI SUOLO C.**

TABELLA 2.4 – CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO

CATEGORIA DI SUOLO	LITOLOGIA	V_{S30} m/s	N_{SPT} /	c_u kPa
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore ≤ 5 m.	>800	/	/
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessore di diverse decine di metri.	360÷800	>50	>250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine di metri fino a centinaia di metri.	180÷360	15÷50	70÷250
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti.	<180	<15	<70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con v_{s30} >800 m/s.	come *C* o *D*	/	/

v_{s30} = velocità onde di taglio,
N_{SPT} = resistenza SPT,
c_u = coesione non drenata.

- d) Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della "pericolosità sismica" dell'area in esame.
La "pericolosità sismica" è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.
Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali definite, sul sito di riferimento, in funzione dei parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito,
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'ALLEGATO A del citato decreto in corrispondenza delle coordinate geografiche di una griglia di punti prefissati sul territorio. I parametri dell'area in esame vengono ottenuti per interpolazione lineare tra quattro punti della griglia.
Considerando con sufficiente approssimazione l'area ubicata in corrispondenza del centro del Comune di GENOVA, utilizzando il software del medesimo modello si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, costruiti a partire dai parametri di tabella 2.5, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M..

TABELLA 2.5 - VALORI DEI PARAMETRI a_G, F_O E T^*_C

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,023	2,542	0,184
50	0,030	2,525	0,206
72	0,034	2,543	0,221
101	0,039	2,555	0,244
140	0,044	2,521	0,265
201	0,050	2,529	0,270
475	0,068	2,536	0,287
975	0,088	2,532	0,297
2475	0,120	2,522	0,305

T_R = periodo di ritorno,

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno,

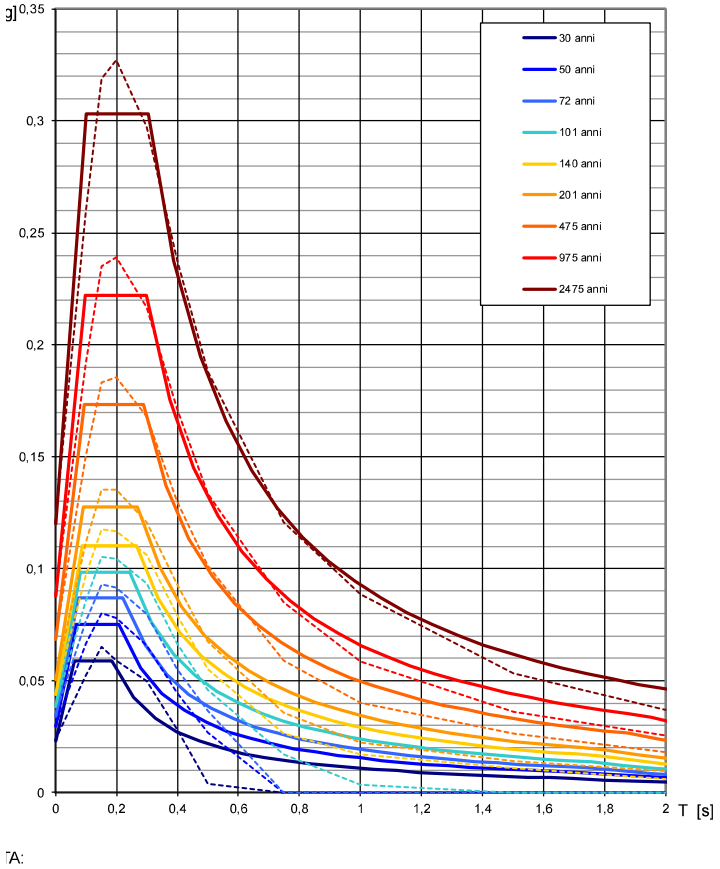
F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri sono riportati nella figura 2.6.

- Con linee continue gli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali di moto per diversi periodi di ritorno dell'azione sismica (D.M. del 14/01/2008).
- Con linee tratteggiate gli spettri definiti dal progetto INGV-S1 (http://esse1.mi.ingv.it/ - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) a partire dai quali sono stati derivati gli spettri di normativa.

FIGURA 2.6 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI SU SUOLO RIGIDO



2.5 – Verifica a liquefazione

Secondo le NTC, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze.

1) Eventi sismici attesi di magnitudo M<5.
2) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) < 0,1 g.
3) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
4) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}>30$ oppure $q_{c1N}>180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata con prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
5) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure 7.11.1 (a) e 7.11.1 (b) delle NTC.

Da quanto sopra esposto le circostanze 4), 5) si manifestano nel sito in esame. Pertanto la verifica di suscettibilità alla liquefazione dei terreni viene omessa.

Capitolo 3 ***CARATTERISTICHE SOMMARIE DEL PROGETTO***

Nella figura 3.1 si riporta il layout dell'impianto.
Il piano finito è stato prefissato pari a ±0,0 m (+3,5 m s.m.m.).

Nelle figure 3.2÷3.5 sono esposte le principali caratteristiche dei vari settori.
Queste sono riassunte nella tabella 3.1.

TABELLA 3.1 – PRINCIPALI CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI CARICO DELL'IMPIANTO

COMPARTO	B * L [m]	Q_f [m; (m s.m.m.)]	$q_{t,SLE}$ - N [kPa/kN]	TIPO DI FONDAZIONE
Pretrattamenti –Area A	15*30	-0,6 (+2,9)	160	Platea su pali riduttori cedimento
Pretrattamenti –Area B	11,5*15,3	-2,6 (+0,9)	160	Platea su pali riduttori cedimento
Pretrattamenti - Plinti	/	-2 (+1,5)	1000	Plinti su pali
Inspessimento e disidratazione	13,8*40,6	-0,6 (+2,9)	65	Platea
Digestori	18,7 (diametro)	-0,5 (+3,0)	220	Platea su pali
Biologico Ultrafiltrazione	55,1*44,2	-0,6 (+2,9)	120	Platea su pali riduttori cedimento
Biologico Edificio servizi	19,8*44,2	-0,6 (+2,9)		Platea su pali riduttori cedimento
Biologico	/	-1 (+2,0)	/	Fondazioni nastriformi su pali

Si osserva quanto segue.

- ***a)*** All'interno dell'edificio del comparto dei pretrattamenti sono presenti due aree in corrispondenza delle quali sono previsti sovraccarichi elevati, dell'ordine dei 160 kPa. Le due aree sono indicate nella tabella 3.1 con le lettere A e B, unitamente alle dimensioni rettificate a rettangolo.
- ***b)*** L'edificio del comparto dei pretrattamenti presenta una struttura a pilatri su due allineamenti d'ambito, in calcestruzzo armato prefabbricato e copertura a tegoli. I plinti, del tipo prefabbricato a bicchiere, sono previsti su pali (monopalo).
- ***c)*** I digestori sono costituiti da sili in acciaio di pianta cilindrica su fondazione a platea superficiale impostata su pali.

FIGURA 3.1 – SCHEMA PLANIMETRICO DELL'INSEDIAMENTO

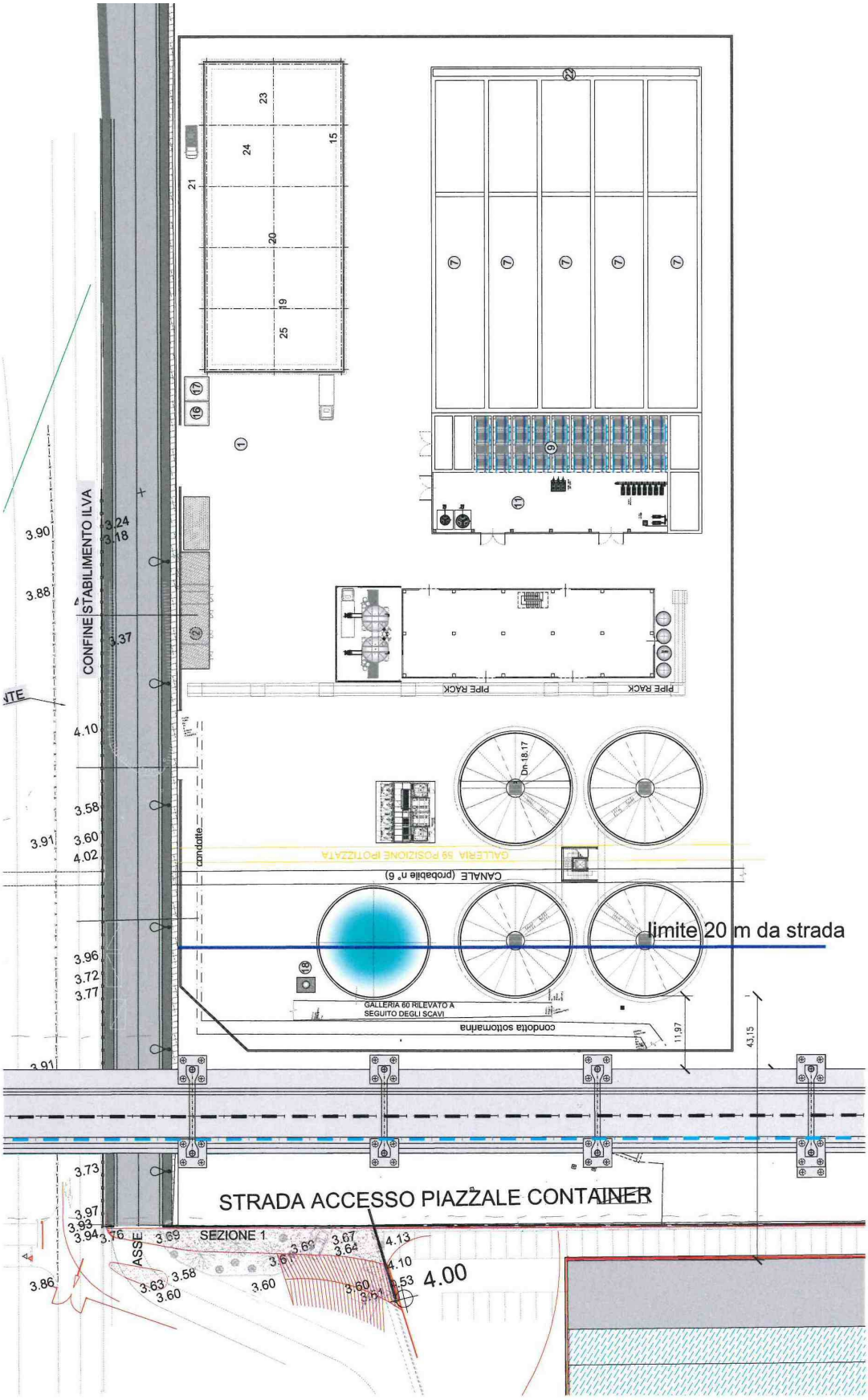
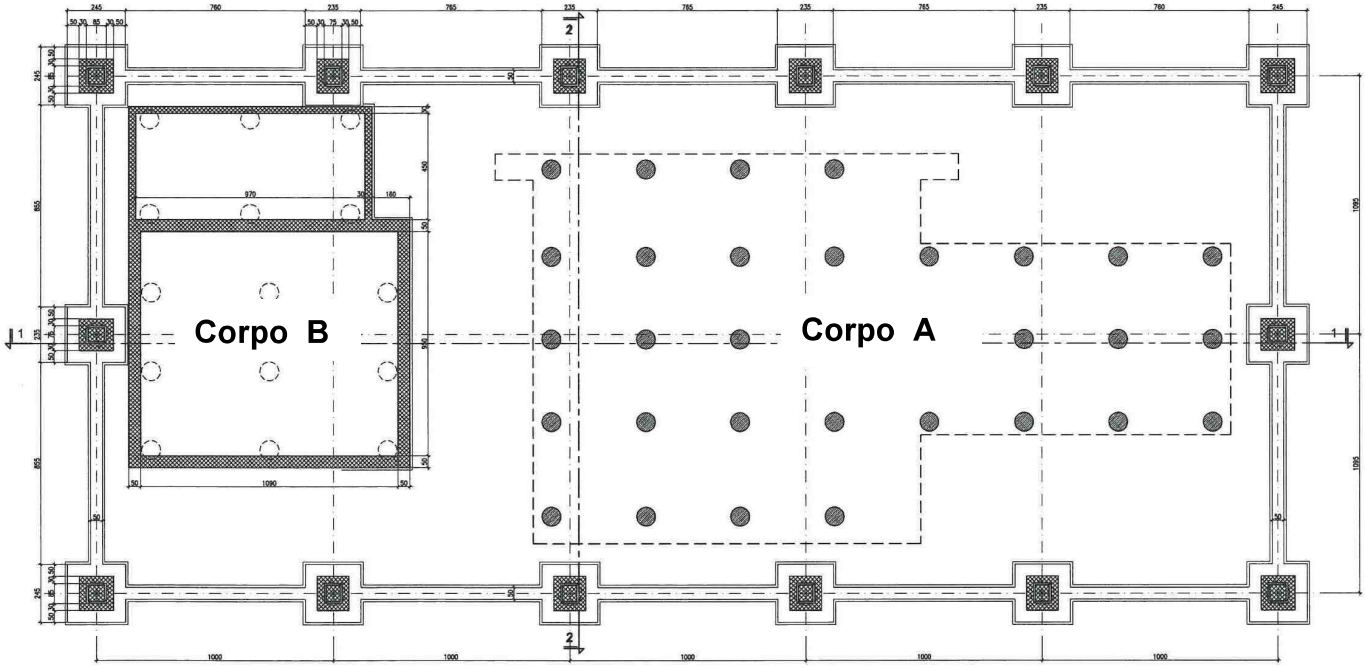


FIGURA 3.2 – COMPARTO PRETRATTAMENTI

PIANTA



SEZIONE

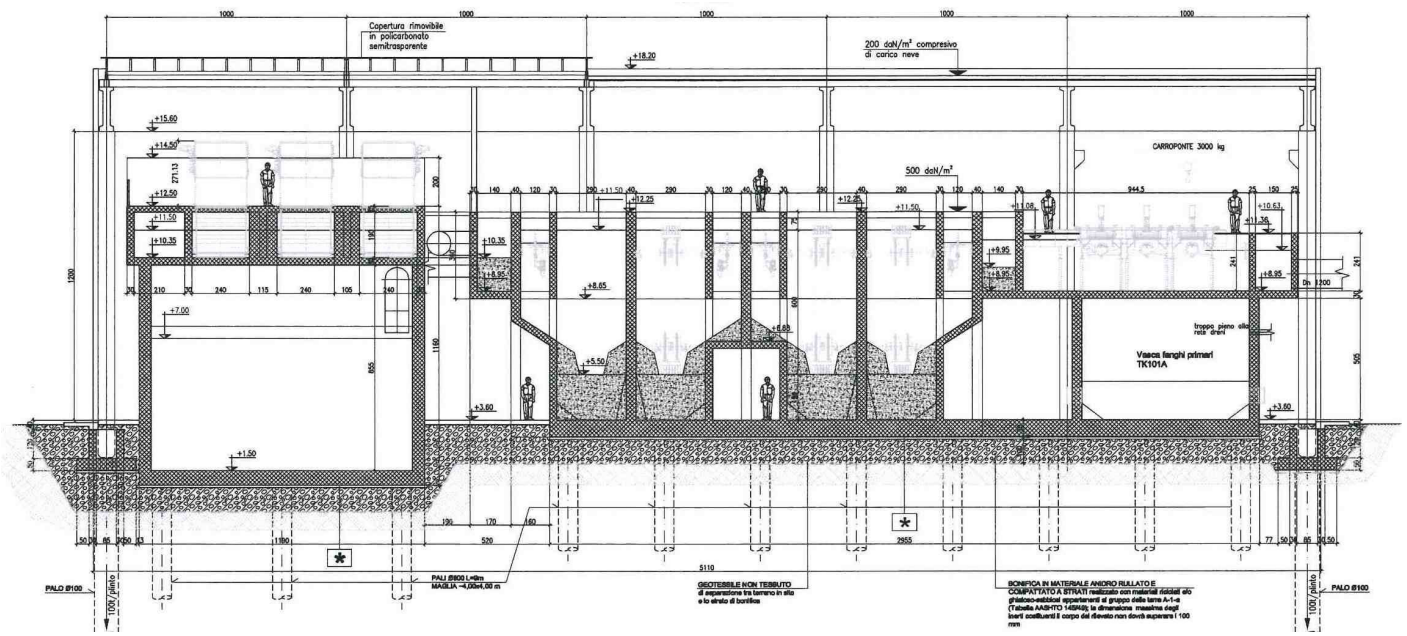
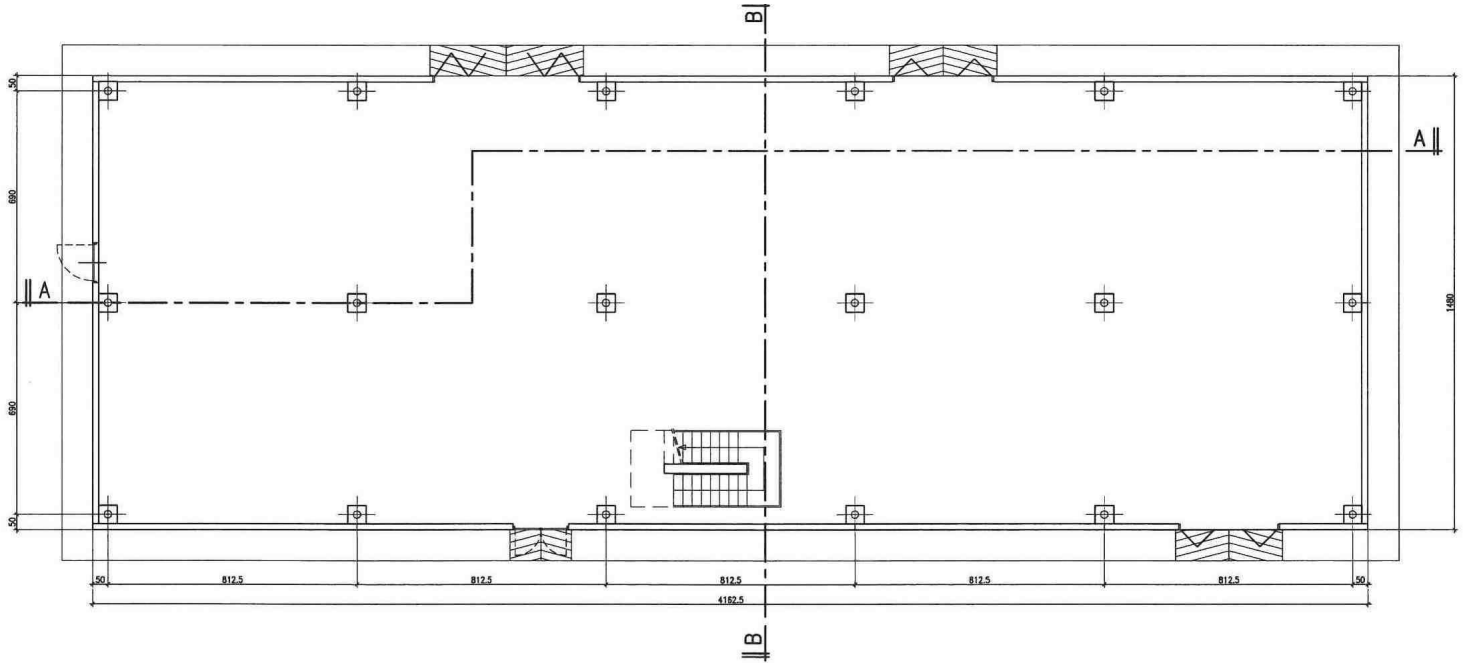


FIGURA 3.3 – COMPARTO ISPESSIMENTO E DISIDRATAZIONE

PIANTA



SEZIONE

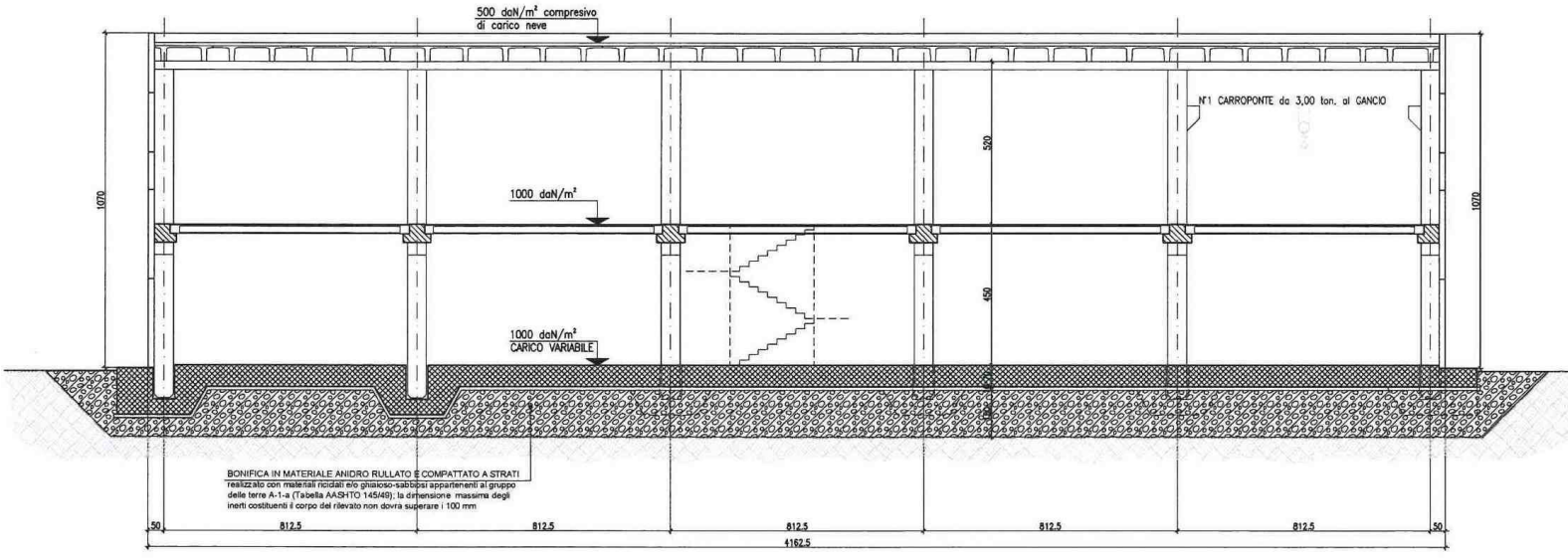


FIGURA 3.4 – COMPARTO DIGESTORI

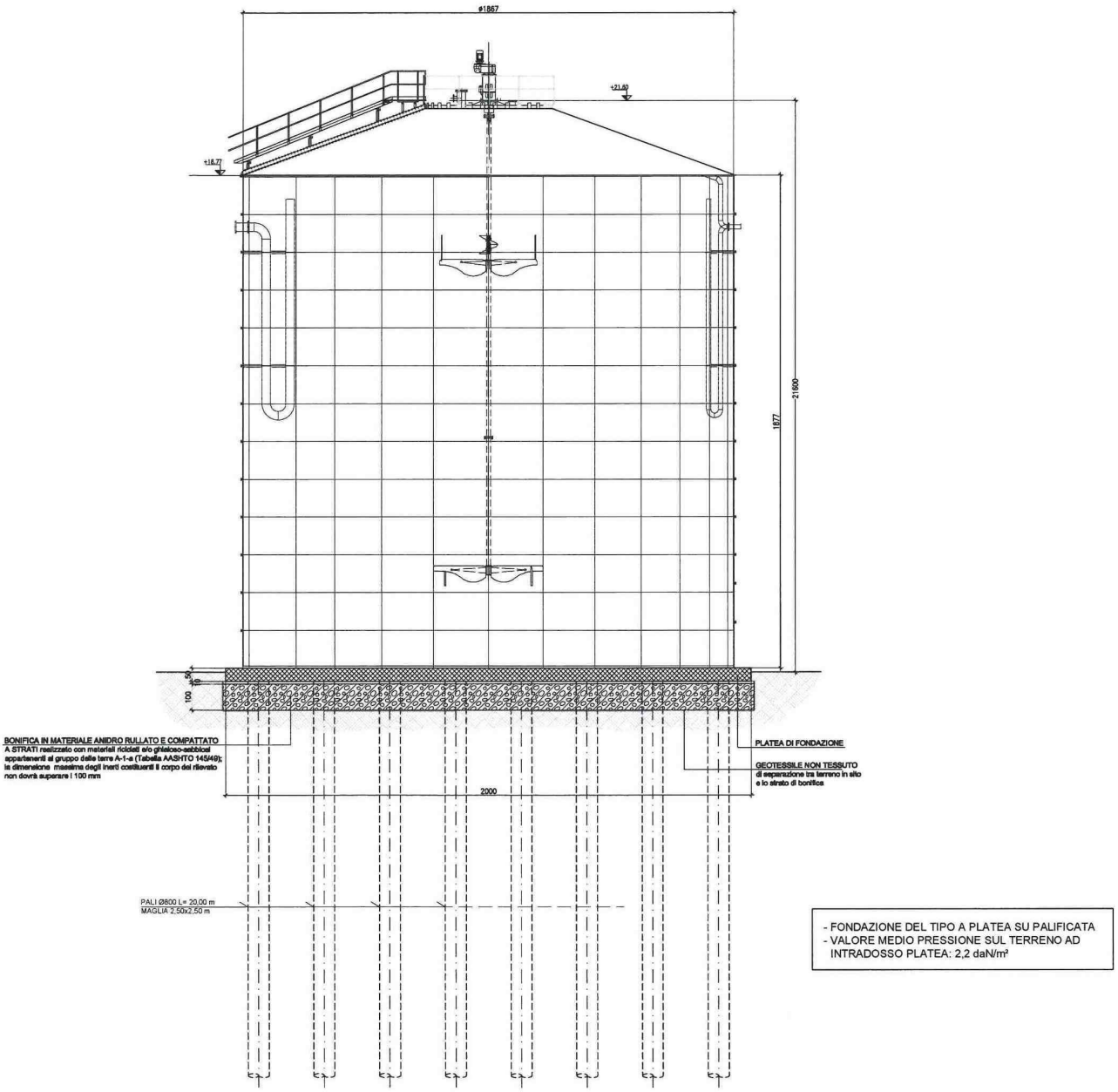
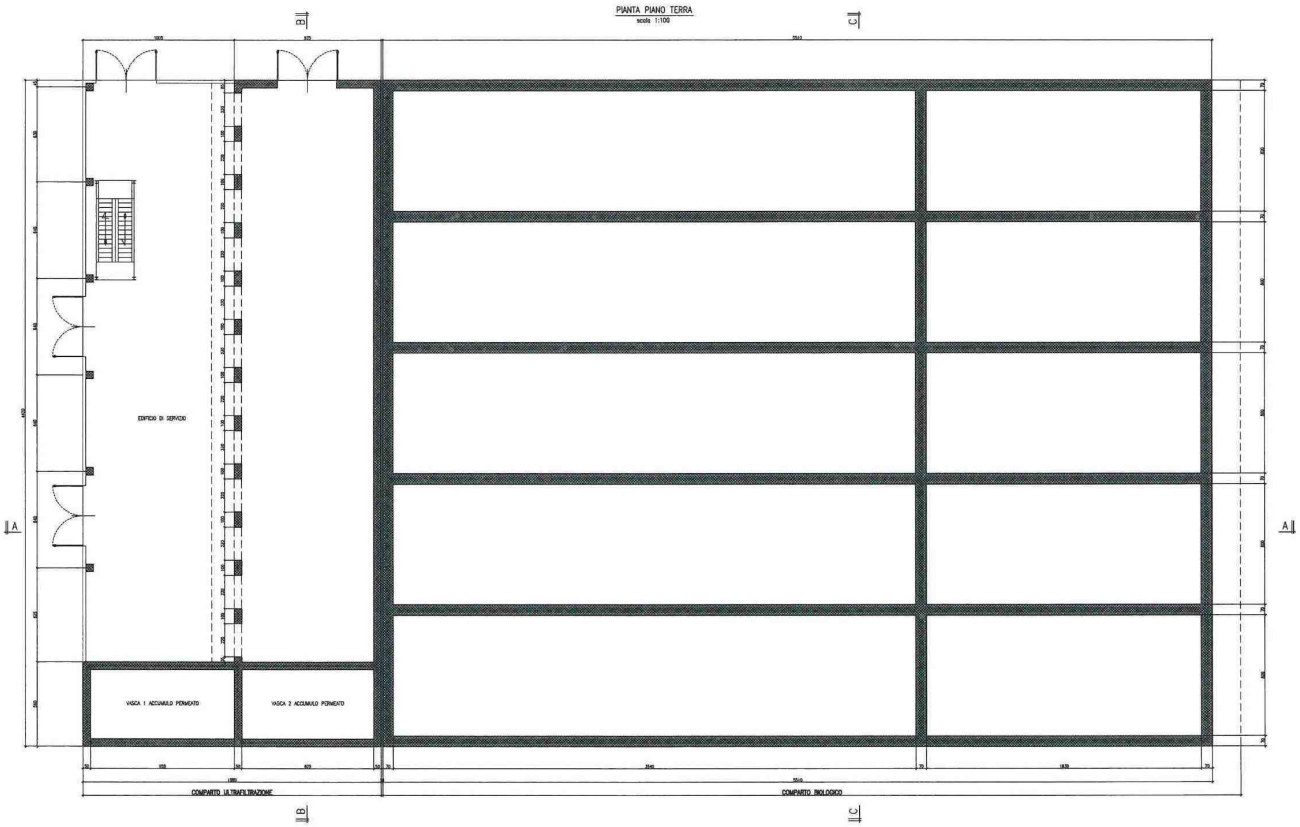
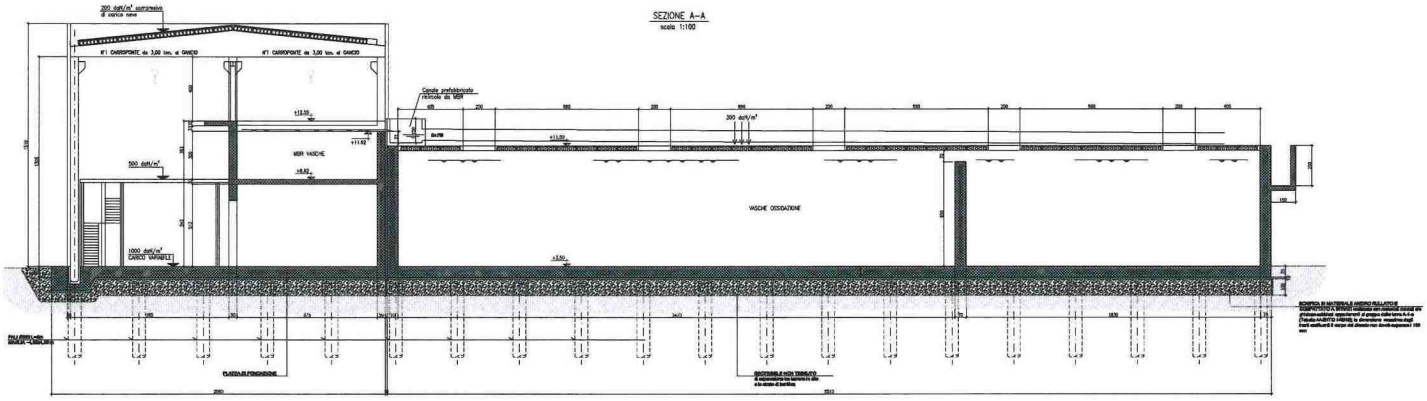


FIGURA 3.5 – COMPARTO BIOLOGICO

PIANTA

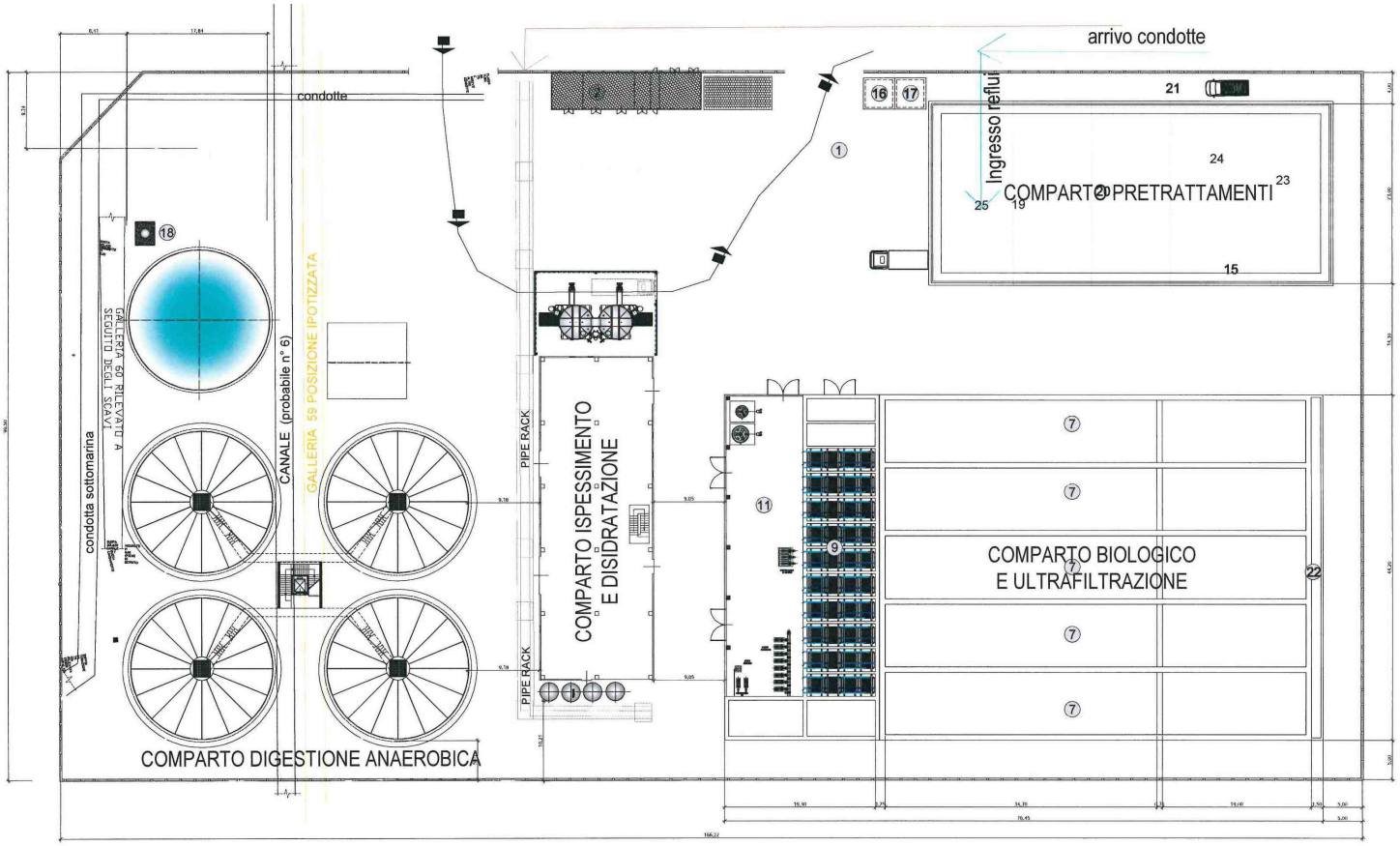


SEZIONE



Nell'area in esame e nelle immediate vicinanze si segnalano importanti interferenze di cui nella figura 3.6 si riportano le disposizioni planimetriche.
Si segnalano in particolare i due canali interrati e la fascia di rispetto con la strada sopraelevata di futura realizzazione. Tutte nelle immediate vicinanze dei sili dei digestori.

FIGURA 3.6 – PIANTA DELLE INTERFERENZE



Capitolo 4 ***FONDAZIONI***

Premessa

Nel seguito è definita e analizzata la tipologia di fondazione delle principali strutture introdotte e sommariamente descritte nel capitolo 3.

Allo scopo viene fatto riferimento alla caratterizzazione meccanica riportata nel capitolo 2 e alle caratteristiche geometriche di progetto riportate nel capitolo 3.

4.1 – Definizione della tipologia di fondazione da adottare per le strutture in progetto

Si condividono e si approvano le tipologie di fondazione descritte nel capitolo 3 delle quali nel seguito viene prodotto il dimensionamento.

In particolare il lavoro viene articolato come segue:

- fondazioni a platea: analisi della resistenza del complesso fondazione terreno; calcolo dei cedimenti sotto il carico di esercizio;
- pali del diametro di 420 e 500 mm destinati a ridurre i cedimenti delle platee più caricate: calcolo della resistenza verticale nei confronti del collasso per carico limite del complesso palo-terreno, calcolo della curva carico-cedimento;
- pali di fondazione destinati a trasmettere integralmente il carico al terreno: calcolo della resistenza verticale e orizzontale nei confronti del collasso per carico limite del complesso palo-terreno, calcolo della curva carico-spostamento; analisi pali sottoposti a forze orizzontali;
- analisi delle platee su pali riduttori di cedimento.

Le platee sono previste impostate su terreno bonificato secondo la procedura riportata nel capitolo 5.

I pali, sia di portata che di irrigidimento del terreno sono previsti del tipo CFA trivellato ad elica continua, gettato in opera con calcestruzzo pompato a pressione attraverso l'asse cavo della cloclea durante la sua risalita del diametro di 420 e 500 mm.

I pali di portata sono previsti del diametro di 500, 800 e 1000 mm.

4.2 – Analisi fondazioni a platea - Calcolo della resistenza R_D per collasso del complesso fondazione-terreno (SLU – GEO) – Calcolo dei cedimenti

Sono nel seguito analizzate le fondazioni a platea dei vari comparti di cui nella tabella 3.1 sono riportate le geometrie e le pressioni medie trasmesse al terreno.

Sono calcolate le resistenze di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno e valutati i cedimenti e il coefficiente di sottofondo verticale per terreno alla WINKLER utile per l'analisi interattiva fondazione-terreno e per valutare l'ammissibilità delle fondazioni rispetto ai requisiti prestazionali delle sovrastrutture.

Da tale analisi deriveranno quelle fondazioni che, a causa dei cedimenti elevati, saranno impostа-

te su terreno irrigidito dai pali riduttori di cedimento.

4.2.1 - Ipotesi e modalità di calcolo

- a) Resistenza

I calcoli di resistenza sono condotti agli stati limiti ultimi, secondo quanto prescritto dalle NTC, utilizzando la parametrizzazione geotecnica riportata nel capitolo 2. Si rimanda all'APPENDICE B per i dettagli circa le procedure adottate per il calcolo della R_d.

- b) Cedimenti

- Il calcolo dei cedimenti viene eseguito considerando il terreno a comportamento elastico lineare.
- Nei calcoli è adottata la medesima geometria considerata nei calcoli di resistenza.
- Si è adottato il modello geotecnico riportato nella tabella 2.2 – Condizione sfavorevole. Nell'Appendice B si riportano in breve le modalità di calcolo dei cedimenti. Per maggiore dettaglio si fa presente quanto segue.
  - Si è fatto riferimento alla teoria dell'elasticità.
  - Il terreno è stato suddiviso in strati di spessore costante aventi caratteristiche meccaniche omogenee.
  - La diffusione con la profondità della pressione trasmessa dalla platea, ipotizzata infinitamente flessibile, è stata valutata nell'ipotesi di terreno a semispazio elastico, isotropo, omogeneo alla BOUSSINESQ mediante la soluzione di STEINBRENNER.
  - Il cedimento w_i dello strato iesimo è calcolato nei vari punti dell'area di carico tramite l'espressione approssimata:

$$w_i = \Delta p_i * \Delta H_i / E_i \quad \text{(terreni grossolani)}$$

    Δp_i = variazione tensionale indotta dall'area di carico,
    ΔH_i= spessore strato iesimo,
    E_i = modulo elastico dello strato iesimo,
  - il cedimento totale è calcolato in corrispondenza dello spigolo (w_s), delle mezzerie dei lati (w_b, w_l), del centro (w_c) dell'area di carico mediante la sommatoria dei cedimenti dei singoli strati fino alla profondità in cui la $\Delta p_i \leq 0{,}1$ della pressione verticale efficace,
  - il cedimento medio w_m dell'area di calcolo, è valutato come media pesata dei cedimenti di calcolo:

$$w_m = (w_s + 2*w_b + 2*w_l + 4*w_c)/9,$$

    quest'ultimo è utilizzato per il calcolo del valore medio della costante di sottofondo.

4.2.2 - Risultati dei calcoli

Nell'APPENDICE B alle pagine 1÷30 sono riportate le modalità, i parametri e i risultati dei calcoli di resistenza per collasso dell'insieme fondazione terreno e di cedimento.

I risultati sono riassunti nelle tabelle 4.1, 4.2 e nelle schede 4.1÷4.4.

TABELLA 4.1 – RIASSUNTO DEI CALCOLI DI RESISTENZA

COMPARTO	B [m]	L [m]	R_c [kPa]	$R_{DA1\text{-}c2}$ [kPa]	R_{DA2} [kPa]
Pretrattamenti – Area A	15	30	927,3	268,5	403,2
Pretrattamenti – Area B	11,5	15,3	702,7	206,6	305,5
Inspessimento e disidratazione	13,8	40,6	909,9	264,2	395,6
Biologico Ultrafiltrazione	55,1	44,2	1735,5	487,2	754,6
Biologico Edificio servizi	19,8	44,2	1172,1	335,6	509,6

TABELLA 4.2 – RIASSUNTO DEI CALCOLI DI CEDIMENTO

COMPARTO	B [m]	L [m]	q_{t,m_SLE} [kPa]	w_s [cm]	w_b [cm]	w_l [cm]	w_c [cm]	w_R [cm]	$k_{v,m}$ [kN/m^3]
Pretrattamenti –Area A	15	30	160	1,91	2,98	3,43	5,19	3,9	4060,4
Pretrattamenti –Area B	11,5	15,3	160	1,29	2,07	2,20	3,44	2,6	6102,5
Ispessimento e disidrat-	13,8	40,6	65	0,58	1,07	1,32	2,18	1,6	4152,2
Biologico Ultrafiltrazione	70	44,2	120	1,00	2,36	2,50	4,71	3,3	3656,1
Biologico Edificio servizi									

B, L = lati della fondazione = B'_1, B'_2 della [4.1],

R_c = resistenza di calcolo del complesso fondazione- terreno,

$R_{DA1\text{-}c2}$ = resistenza del terreno secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) del D.M. del 14/01/08,

R_{DA2} = resistenza del terreno secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3) del D.M. del 14/01/08,

q_{t,m_SLE} = pressione di contatto fondazione terreno agli SLE (cfr. tabella 3.1),

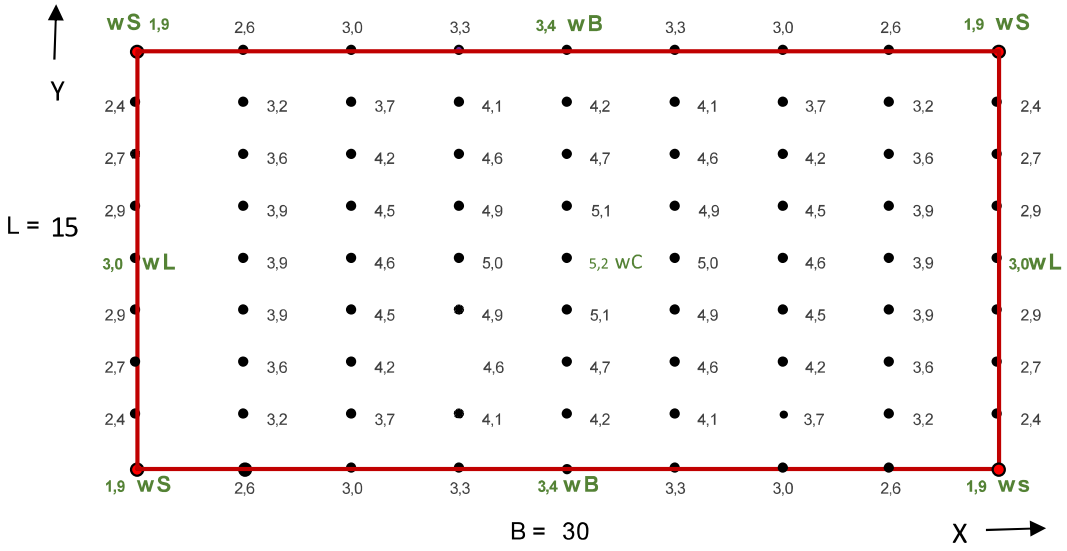
$w_{b,l,c}$ = cedimento mezzerie lato minore, maggiore, centro dell'area di carico,

w_R = cedimento medio (fondazione infinitamente rigida),

$k_{v,m}$ = coefficiente medio di sottofondo verticale per terreno alla Winkler = $q_{t,m,SLE}/w_R$.

SCHEDA 4.1 – RIASSUNTO CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO
PRETRATTAMENTI – AREA A

DISTRIBUZIONE AREALE CEDIMENTI [cm]



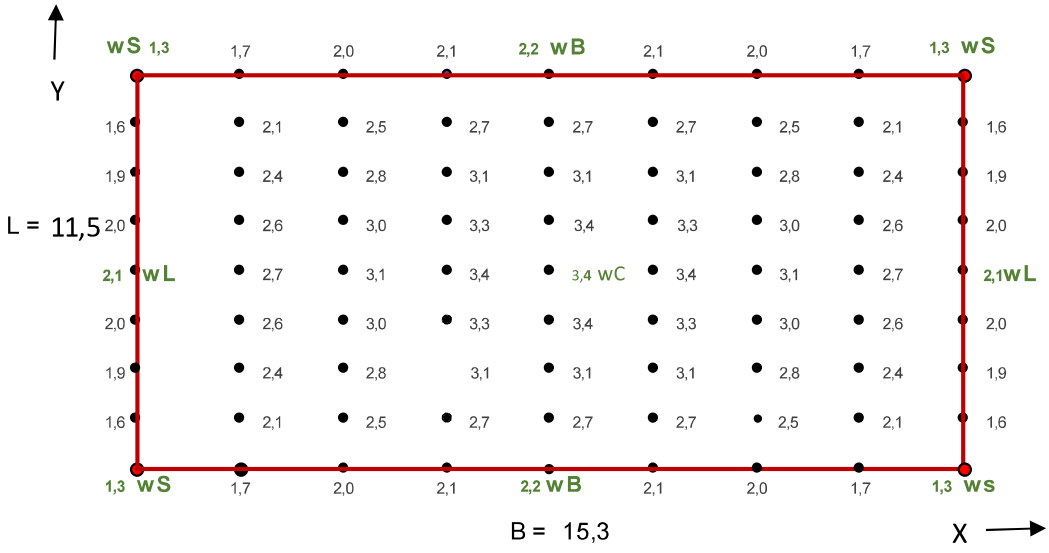
RISULTATI DEI CALCOLI

qt =	160,00	[kPa]
B =	30,00	[m]
L =	15,00	[m]
Dx =	3,75	[m]
Dy =	1,88	[m]
ws =	1,91	[cm]
wB =	3,43	[cm]
wL =	3,0	[cm]
wC =	5,19	[cm]

Area				
B [m]	L [m]	w [cm]	kv,m [kN/m3]	
30,00	15,00	3,94	4060,4	Area totale
30,00	3,75	3,24	4938,5	Fascia perim. Lungo X
15,00	7,50	3,38	4737,4	Fascia perim. lungo Y
15,00	7,50	4,70	3403,5	Area interna

SCHEDA 4.2 – RIASSUNTO CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO
PRETRATTAMENTI – AREA B

DISTRIBUZIONE AREALE CEDIMENTI [cm]



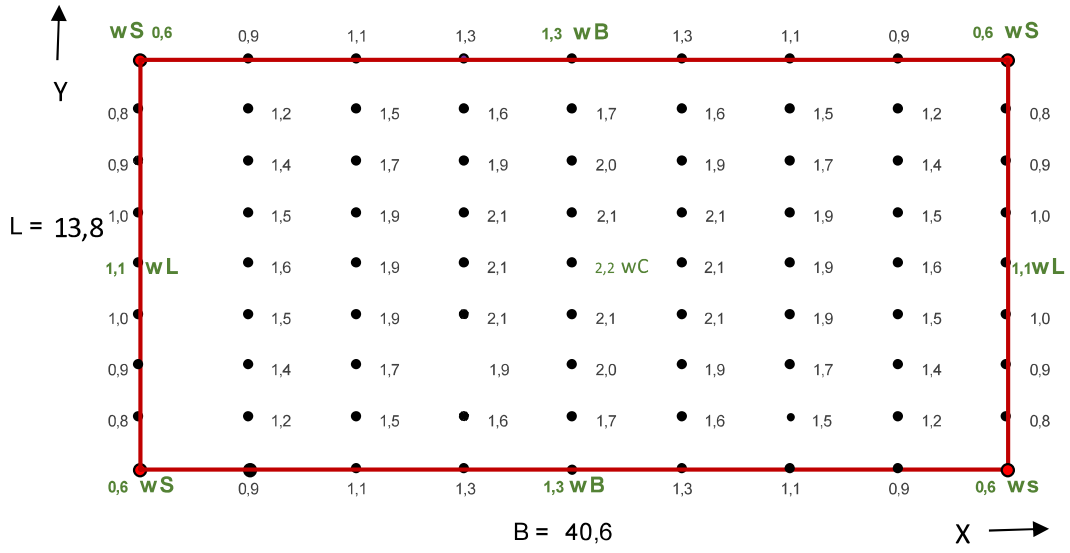
RISULTATI DEI CALCOLI

qt =	160,00	[kPa]
B =	15,30	[m]
L =	11,50	[m]
Dx =	1,91	[m]
Dy =	1,44	[m]
ws =	1,29	[cm]
wB =	2,20	[cm]
wL =	2,1	[cm]
wC =	3,44	[cm]

Area				
B [m]	L [m]	w [cm]	kv,m [kN/m3]	
15,30	11,50	2,62	6102,5	Area totale
15,30	2,88	2,14	7471,4	Fascia perim. Lungo X
11,50	3,83	2,26	7071,6	Fascia perim. lungo Y
7,65	5,75	3,12	5126,1	Area interna

SCHEDA 4.3 – RIASSUNTO CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO
ISPESSIMENTO E DISIDRATAZIONE

DISTRIBUZIONE AREALE CEDIMENTI [cm]



RISULTATI DEI CALCOLI

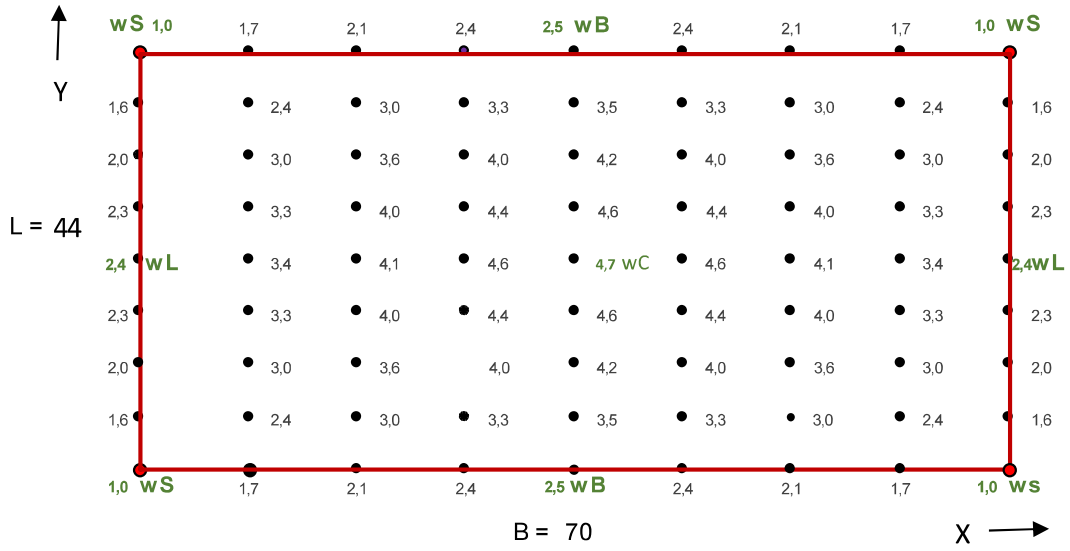
qt =	65,00	[kPa]
B =	40,60	[m]
L =	13,80	[m]
Dx =	5,08	[m]
Dy =	1,73	[m]
ws =	0,58	[cm]
wB =	1,32	[cm]
wL =	1,1	[cm]
wC =	2,18	[cm]

Area				
B [m]	L [m]	w [cm]	kv,m [kN/m3]	
40,60	13,80	1,57	4152,2	Area totale
40,60	3,45	1,23	5305,8	Fascia perim. Lungo X
13,80	10,15	1,29	5052,7	Fascia perim. lungo Y
20,30	6,90	1,94	3350,4	Area interna

SCHEDA 4.4 – RIASSUNTO CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO

BIOLOGICO

DISTRIBUZIONE AREALE CEDIMENTI [cm]



RISULTATI DEI CALCOLI

qt =	120,00	[kPa]
B =	70,00	[m]
L =	44,00	[m]
Dx =	8,75	[m]
Dy =	5,50	[m]
ws =	1,00	[cm]
wB =	2,50	[cm]
wL =	2,4	[cm]
wC =	4,71	[cm]

Area				
B [m]	L [m]	w [cm]	kv,m [kN/m3]	
70,00	44,00	3,28	3656,1	Area totale
70,00	11,00	2,44	4921,4	Fascia perim. Lungo X
44,00	17,50	2,66	4503,7	Fascia perim. lungo Y
35,00	22,00	4,15	2890,9	Area interna

4.2.3 - Indicazioni progettuali

- Nelle verifiche agli SLU per il dimensionamento geotecnico delle fondazioni (GEO) e quindi laddove si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni, si potrà considerare l'Approccio 2 (combinazione (A1+M1+R3) – R_{DA2} di tabella 4.1). Dai calcoli risulta che la resistenza è sempre maggiore della pressione applicata. Il collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è pertanto verificato.

- La pressione di contatto fondazione-terreno $q_{tm,SLE}$ potrà essere calcolata nel rispetto della seguente espressione (MEYERHOF - 1953):

$$\sigma_{t,SLE} = N/(B'_1 * B'_2) \quad [4.1]$$

dove:

B'_1 = $B_1 - 2 * e_1$,
B'_2 = $B_2 - 2 * e_2$,
e_1, e_2 = M_1/N, M_2/N,
N = risultante forze verticali in fondazione,
M_1, M_2 = coppie in fondazione.

- I cedimenti calcolati sono da intendere sviluppantisi in breve tempo dall'applicazione dei carichi in quanto sono sviluppati da terreni in prevalenza a permeabilità media. La quota parte di quelli dovuti alle intercalazioni fini, tipicamente differiti nel tempo, si svilupperanno anch'essi in breve tempo in quanto di spessore metrico, inseriti in materiali drenanti.
  In ogni caso la caoticità della distribuzione planoaltimetrica dei vari litotipi non permette una attendibile valutazione dei tempi di esaurimento delle sovrappressioni dovute al carico trasmesso dalla fondazione.

- Come peraltro già previsto, ad eccezione dell'impianto di ispessimento e disidratazione, sotto i carichi di esercizio si sviluppano cedimenti elevati, giudicati non ammissibili.
  Tali platee saranno nel seguito oggetto di analisi prevedendole impostate su pali riduttori di cedimento.

4.3 – Analisi pali di fondazione

Nel seguito sono analizzati i pali di fondazione. I risultati dei calcoli saranno utilizzati sia per i pali di portata dei sili e dei pilastri del comparto Pretrattamenti, sia per i pali riduttori di cedimento.

4.3.1 - Pali sottoposti a forze verticali di compressione

- a) Ipotesi e modalità di calcolo

- 1) Si adotta il modello geotecnico riportato in tabella 2.2 a) giudicato come condizione sfavorevole, con i terreni in termini di sforzi efficaci.

- 2) La resistenza di calcolo $R_{c,cal}$ dei pali viene considerata come sommatoria della resistenza laterale R_{c,cal_l} e resistenza di base R_{c,cal_b}. Nell'Appendice B è descritta la procedura di cal-

colo.

- ***3)*** Per il calcolo dei cedimenti del palo isolato si è adottato il metodo delle curve di trasferimento.

- b) Risultati dei calcoli

I parametri, le modalità e i risultati dei calcoli di resistenza e di cedimento dei pali sono riportati nell'APPENDICE B alle pagine 31÷52 e riassunti nella tabella 4.3 e negli abachi riportati nelle figure 4.1÷4.8.

TABELLA 4.3 - SINTESI CALCOLI DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DEI PALI

D [mm]	Q_b [m]	$R_{c,calc_l}$ [kN]	$R_{c,calc_b}$ [kN]	$R_{ck,l}$ [kN]	$R_{ck,b}$ [kN]	$R_{D,A2}$ [kN]
420	-20,5	2122,1	341,6	1753,8	282,3	1686,4
	-21,5	2323,4	357,3	1920,1	295,3	1838,3
	-22,5	2533,5	373,0	2093,8	308,3	1996,6
500	-20,5	2526,3	484,8	2087,9	400,6	2044,6
	-21,5	2765,9	507,0	2285,9	419,0	2227,1
	-22,5	3016,1	529,3	2492,7	437,4	2417,2
	-25,0	3770,6	1079,1	3116,2	891,8	3299,4
	-26,0	4115,6	1128,7	3401,3	932,8	3575,0
	-27,0	4473,3	1178,3	3697,0	973,8	3859,8
800	-25,0	6032,9	2773,3	4985,9	2292,0	5851,9
	-26,0	6584,9	2900,2	5442,1	2396,8	6319,5
	-27,0	7157,3	3027,2	5915,2	2501,9	6801,8
1000	-25,0	7510,1	4486,4	6206,7	3707,8	7884,2
	-26,0	8200,1	4598,3	6777,0	3800,2	8435,9
	-27,0	8915,7	4752,3	7368,3	3927,5	9032,7

D = diametro del palo,

Q_b = quota di base del palo,

$R_{c,calc_l}$ = portata limite laterale,

$R_{c,calc_b}$ = portata limite di base,

R_{ckl} = resistenza caratteristica laterale = $R_{c,calc_l}/\xi_4$,

R_{ckb} = resistenza caratteristica di base = $R_{c,calc_b}/\xi_4$,

ξ_4, = 1,21 = fattore per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate e della condizione geotecnica media e sfavorevole (cfr. tabella 6.4.IV delle NTC),

$R_{D,A2}$ = resistenza di progetto secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3) = $R_{ckl}/\gamma_R + R_{ckl}/\gamma_R - P_p/\gamma_F$,

γ_R = coefficiente parziale (cfr. tabella 6.4.II delle NTC),

P_p = peso del palo,

γ_F = coefficiente parziale (cfr. tabella 6.2.I delle NTC).

FIGURA 4.1 – PALO D = 420 mm

ABACO RESISTENZA –QUOTA DI BASE

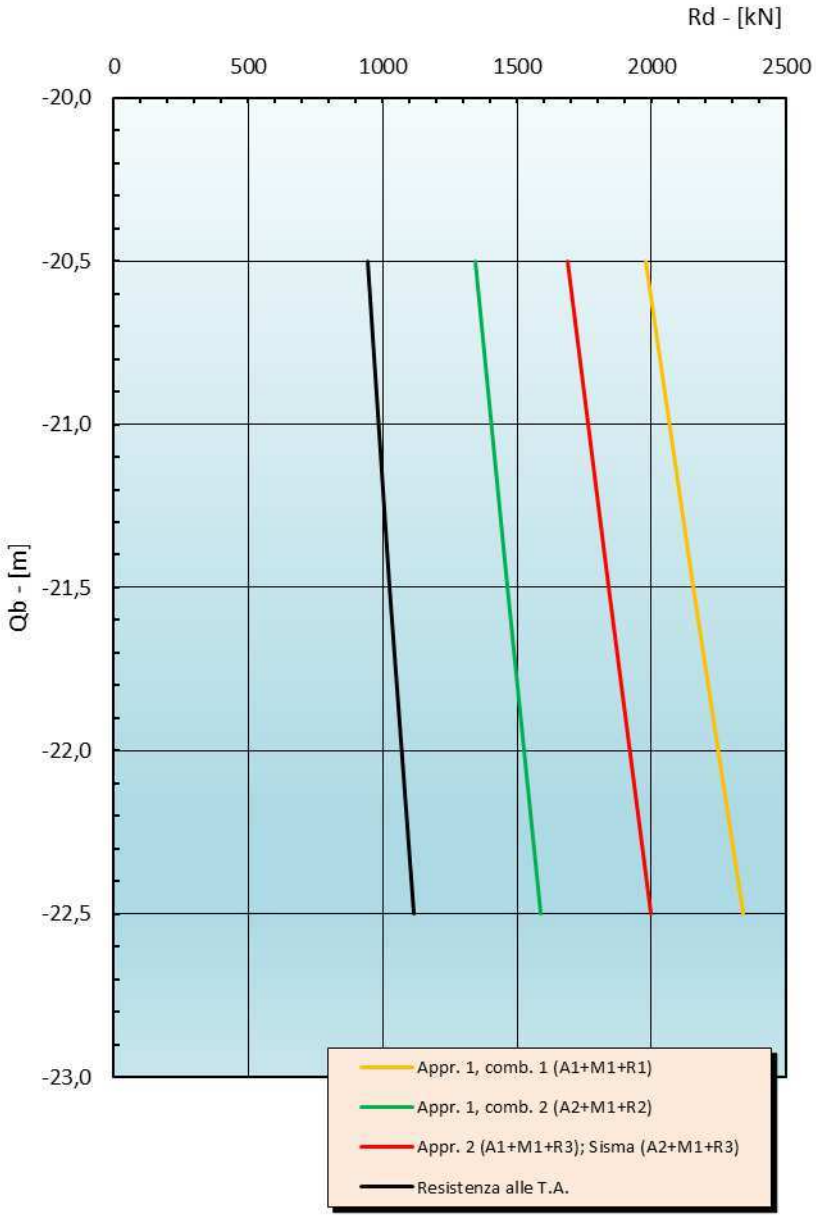


FIGURA 4.2 – PALO D = 500 mm

ABACO RESISTENZA –QUOTA DI BASE

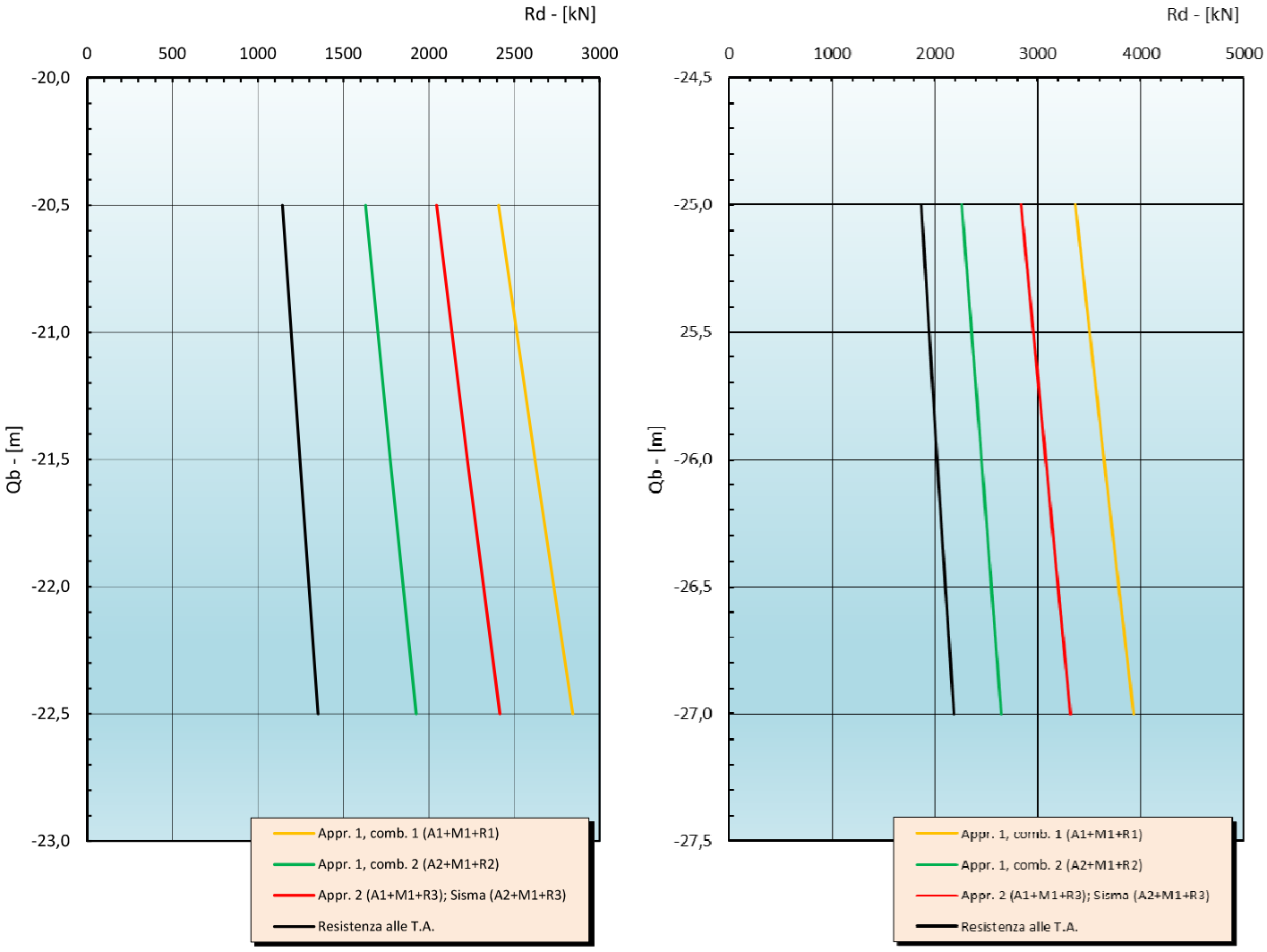


FIGURA 4.3 – PALO D = 800 mm

ABACO RESISTENZA –QUOTA DI BASE

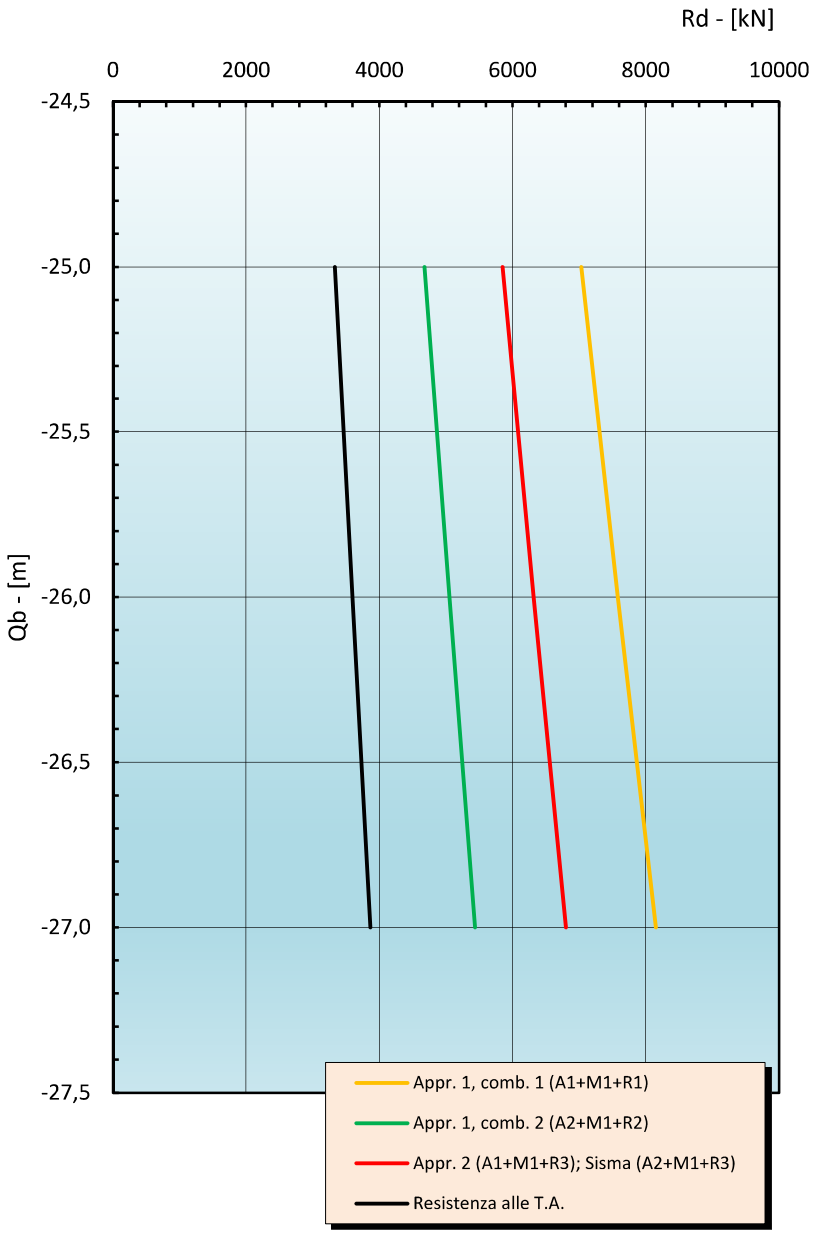


FIGURA 4.4 – PALO D = 1000 mm

ABACO RESISTENZA –QUOTA DI BASE

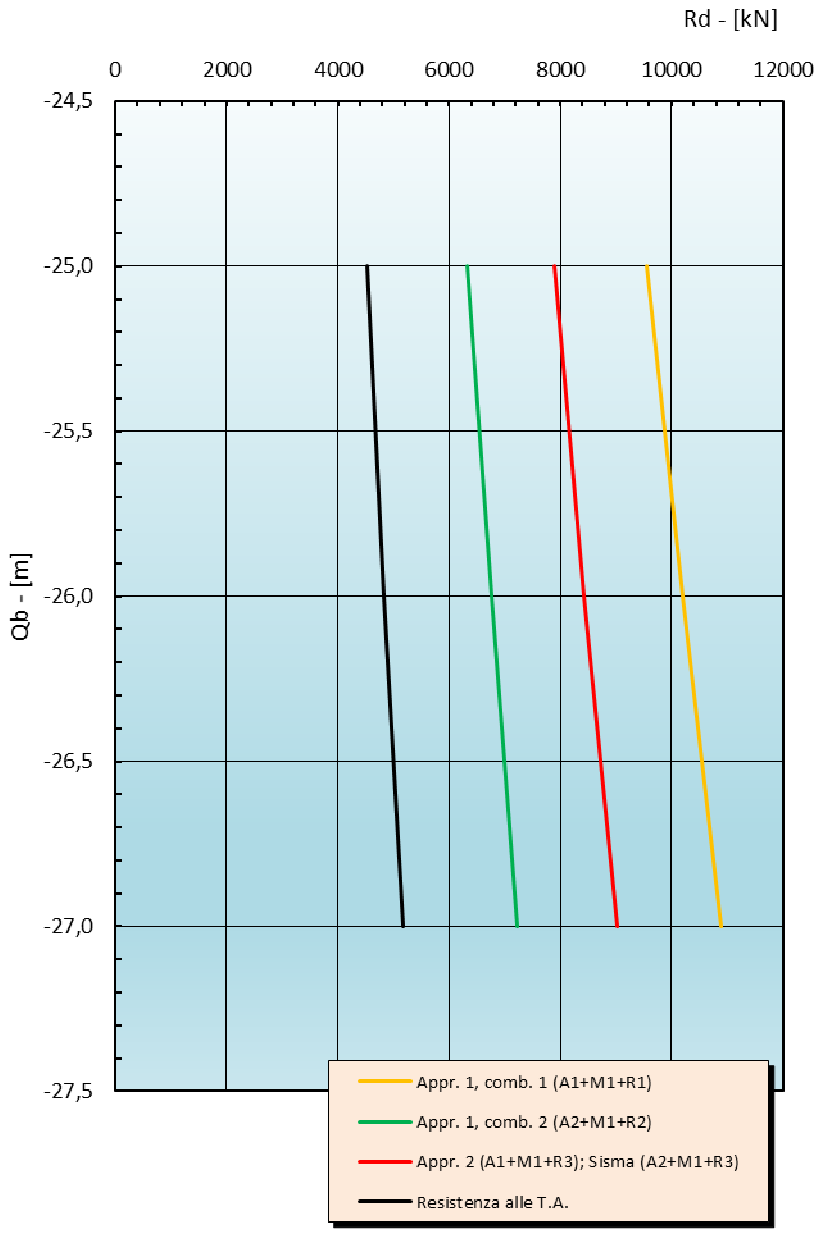


FIGURA 4.5 – ABACO PORTATA VERTICALE – CEDIMENTO PALO ISOLATO

D = 500 mm

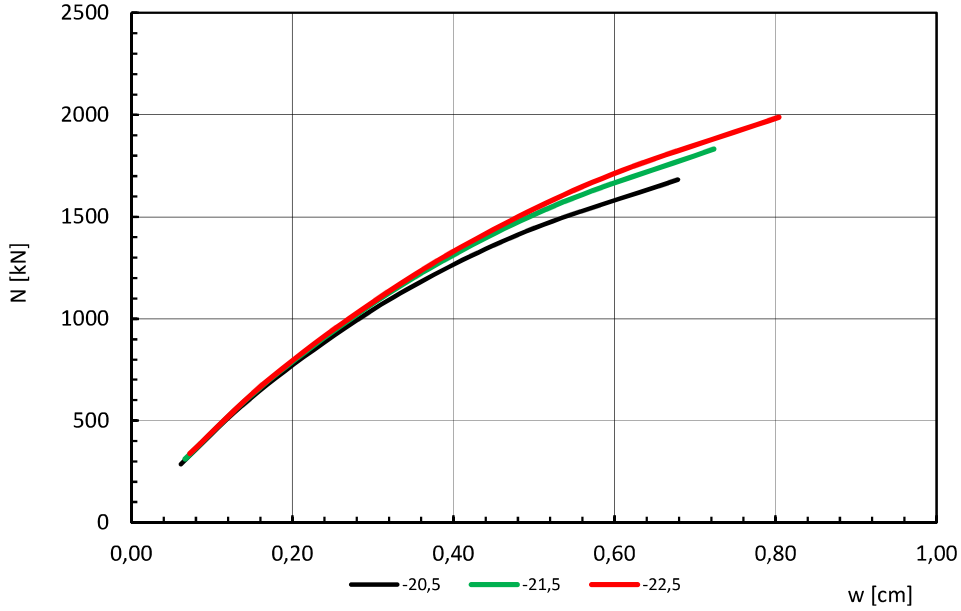


FIGURA 4.6 – ABACO PORTATA VERTICALE – CEDIMENTO PALO ISOLATO

D = 500 mm

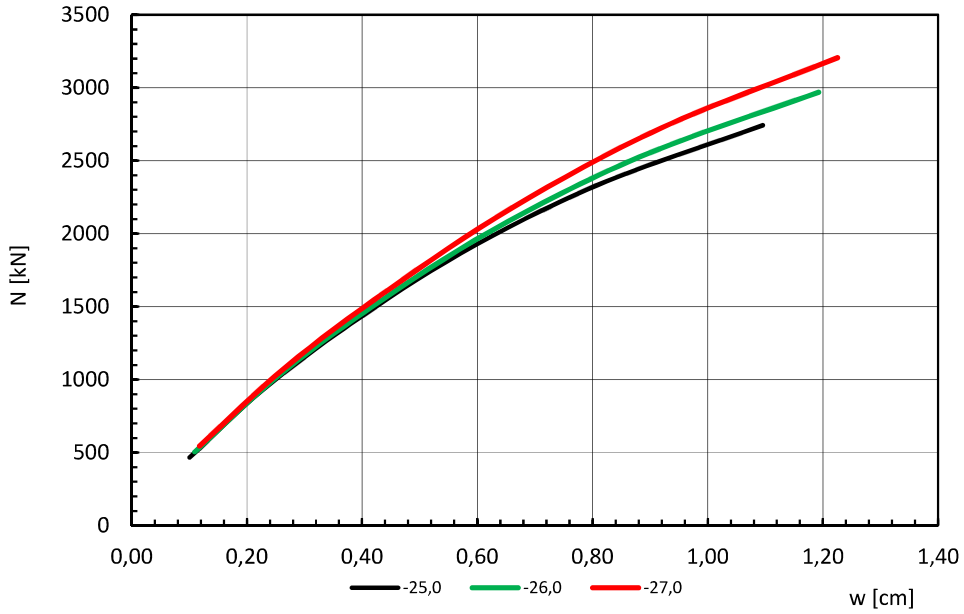


FIGURA 4.7 – ABACO PORTATA VERTICALE – CEDIMENTO PALO ISOLATO

D = 800 mm

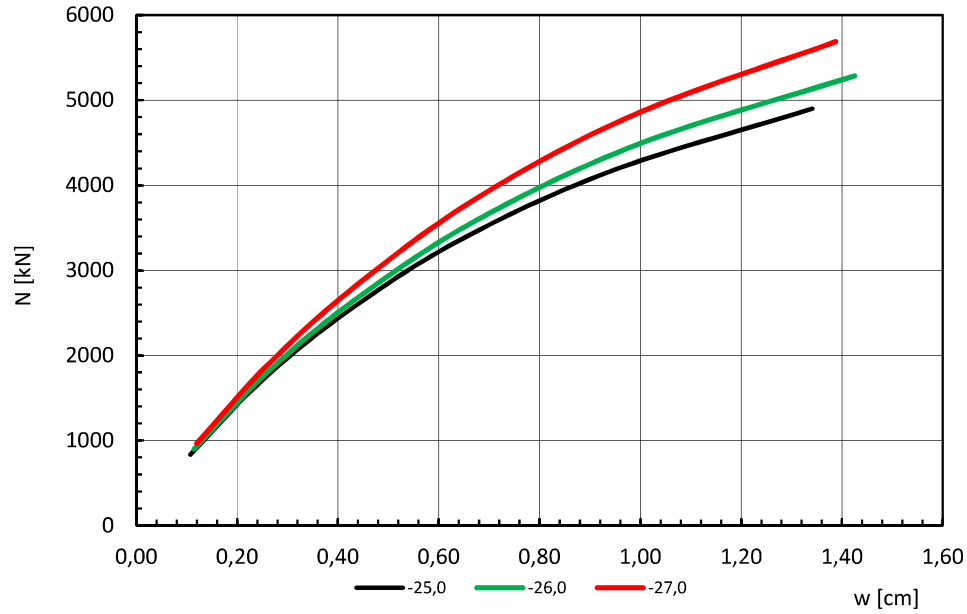
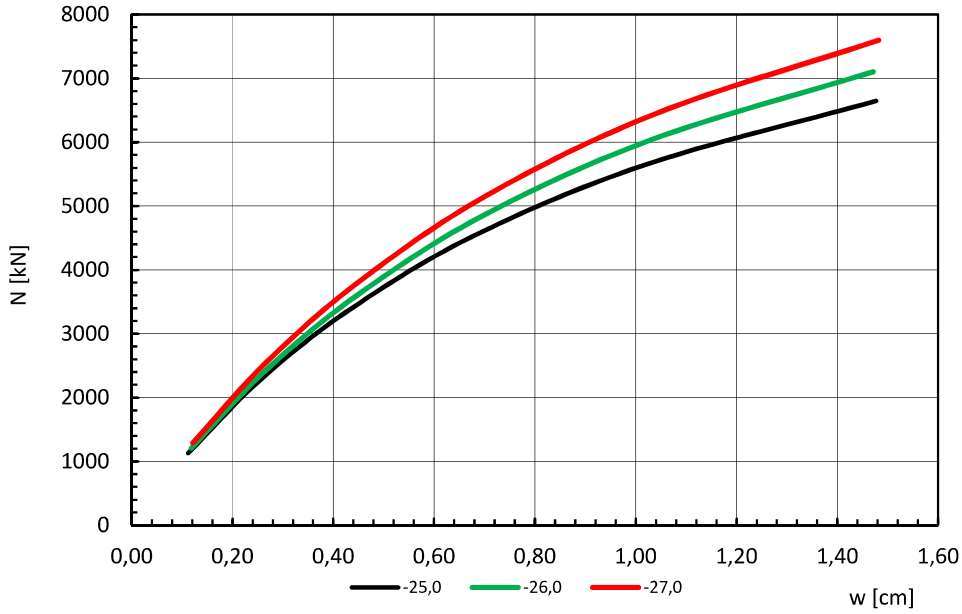


FIGURA 4.8 – ABACO PORTATA VERTICALE – CEDIMENTO PALO ISOLATO

D = 1000 mm



- c) Osservazioni sui cedimenti della palificata

- I cedimenti della testa dei pali deducibili dalle curve di figura 4.5÷4.8 sono riferiti al palo isolato. Per i pali in gruppo dei sili dei digestori, i cedimenti e la rigidezza saranno differenti e varieranno in relazione al numero di pali del gruppo e all'interasse.

Il valore del cedimento medio w_G del gruppo di pali da utilizzare per la valutazione della rigidezza K_G media del palo in gruppo:

$$K_G = N_p/w_G$$

è calcolato tramite l'espressione (VIGGIANI – 2003):

$$w_G = 0{,}3 * n_p * w_s * R^{-1,2} \qquad [4.2]$$

n_p = numero dei pali del gruppo,
w_s = cedimento del palo isolato,
N_p = forza media agente sul singolo palo,
$R = (n_p * s/L)^{0,5}$,
s = interasse medio dei pali in gruppo,
L = lunghezza media dei pali in gruppo.

Nella tabella 4.4 e negli abachi di figura 4.9 e 4.10 si riportano i cedimenti e le relative rigidezze delle possibili palificate di fondazione dei sili composte in alternativa da pali del diametro di 500 e 800 mm, disposti a differenti interassi.

TABELLA 4.4 – CEDIMENTI PALI IN GRUPPO

D [mm]	n_p [/]	s [m]	N [kN]	Q_b [m]	L [m]	w_s [cm]	w_G [cm]	K_g [MN/m]
500	60	2,3	1151,9	-25,0	24	0,298	1,88	61,2
	65	2,2	1063,3	-25,0	24	0,269	1,80	59,1
	70	2,1	987,3	-25,0	24	0,245	1,73	57,2
800	24	3,6	2879,7	-25,0	24	0,506	1,68	171,0
	25	3,5	2764,5	-25,0	24	0,456	1,56	177,0
	27	3,4	2559,7	-25,0	24	0,381	1,38	185,9

D = diametro palo,
n_p = numero dei pali del gruppo,
s = interasse medio dei pali in gruppo,
$N = D_{silo}^2 * \pi/4 * q_{l,SLE}/n_p$ = carico sul singolo palo[1],
Q_b = quota di base del palo,
L = lunghezza media dei pali in gruppo,
w_s = cedimento del palo isolato dedotto dalle curve di figure 4.5, 4.6.
w_G = cedimento medio del gruppo di pali,
$K_g = N/w_G$ = rigidezza del gruppo di pali.

L'uso degli abachi fornisce in predimensionamento l'interasse dei pali della palificata, prefissati il cedimento del gruppo di pali w_G e il diametro D.

[1] I valori di $q_{t,SLE}$ e D_{silo} sono riportati nella tabella 3.1.

FIGURA 4.9 – CEDIMENTI PALI IN GRUPPO – ABACO NUMERO DEI PALI IN GRUPPO – CEDIMENTO

D = 500 mm

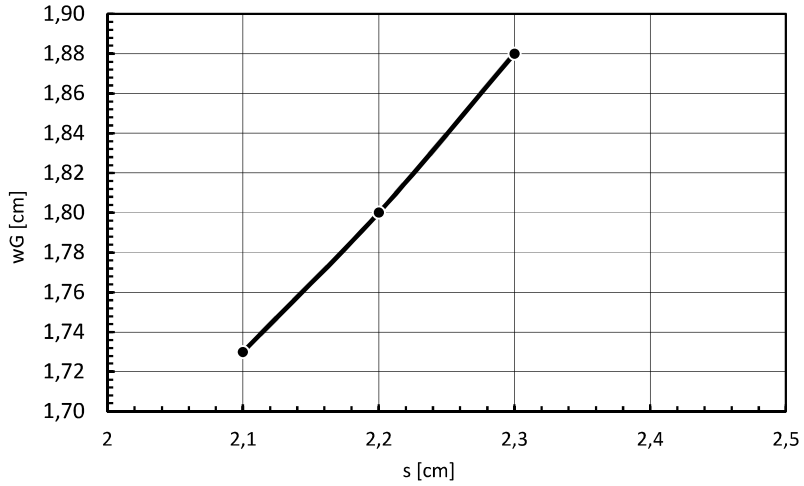
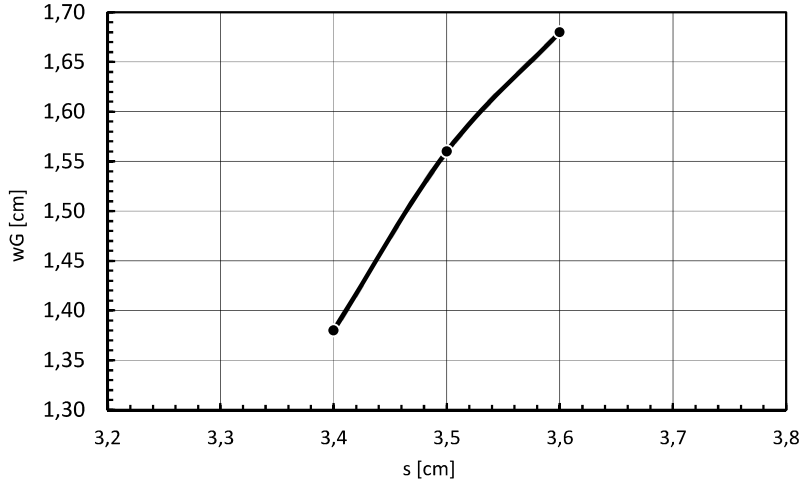


FIGURA 4.10 – CEDIMENTI PALI IN GRUPPO – ABACO NUMERO DEI PALI IN GRUPPO – CEDIMENTO

D = 800 mm



4.3.2 - Pali sottoposti a forze orizzontali

- a) Calcolo della resistenza – Palo isolato

I calcoli sono condotti secondo quanto prescritto nelle NTC.

- La resistenza di calcolo $R_{tr,cal}$ dei pali viene valutata secondo quanto esposto da VIGGIANI (2003).
- L'analisi è condotta utilizzando il modello geotecnico riportato nella tabella 2.2 a).
- Anche per la resistenza caratteristica dei pali soggetti a carchi trasversali si è utilizzato l'Approccio 2 (A1+M1+R3) e il fattore di correlazione ξ_4.
- Il calcolo della resistenza è eseguito con il terreno in condizioni di sforzi efficaci considerando un valore di φ medio ponderale calcolato entro lo spessore di terreno ΔH interessato dal fenomeno deformativo. ΔH è stato assunto pari a 10 D (D = diametro del palo).

  I risultati dei calcoli sono riportati nell'Appendice B alle pagine 53÷55 e riassunti nelle tabelle 4.5.

TABELLA 4.5 – RIASSUNTO DEI CALCOLI DI RESISTENZA ORIZZONTALE DEI PALI

PALO CON TESTA IMPEDITA DI RUOTARE

D [mm]	M_y [kNm]	$R_{tr,cal}$ [kN]	$R_{tr,k}$ [kN]	R_{DA2} [kN]
500	100	133,7	110,5	85,0
	200	212,2	175,4	134,9
	300	278,0	229,8	176,7
800	350	360,4	297,9	229,1
	1000	725,6	599,7	461,3
	1500	950,8	785,8	604,5
1000	700	584,9	483,4	371,8
	1500	972,2	803,5	618,1
	2500	1366,6	1129,4	868,8

PALO CON TESTA LIBERA DI RUOTARE

D [mm]	M_y [kNm]	$R_{tr,cal}$ [kN]	$R_{tr,k}$ [kN]	R_{DA2} [kN]
500	100	84,2	69,6	53,5
	200	133,7	110,5	85,0
	300	175,1	144,7	111,3
800	350	227,1	187,7	144,4
	1000	457,2	377,9	290,7
	1500	599,1	495,1	380,9
1000	700	368,5	304,5	234,3
	1500	612,5	506,2	389,4
	2500	861,0	711,6	547,4

D = diametro palo,

M_y = momento di plasticizzazione,

$R_{tr,cal}$ = resistenza orizzontale di calcolo,

$R_{tr,k}$ = resistenza orizzontale caratteristica = $R_{tr,cal}/\xi_4$,

ξ_3 = fattore di correlazione in funzione del numero di verticali indagate (cfr. tabella 6.4.IV delle NTC) = 1,21,

$R_{D,tr,A2}$ = $R_{tr,k}/\gamma_T$ = resistenza di progetto (A1+M1+R3), APPROCCIO 2 (γ_T = 1,3 – tab. 6.4.VI delle NTC).

- b) Pali in gruppo

La distribuzione dei carichi sul singolo palo del gruppo sottoposto a forze orizzontali è funzione principalmente dell'aliquota di carico assorbita da ciascun palo ed è condizionata dalla posizione della fila di appartenenza del palo all'interno del gruppo.

La fila che assorbe l'aliquota maggiore è la fila frontale che incontra il terreno indisturbato.

Le file successive assorbono meno carico.

In generale sperimentalmente si osserva come, mediamente, la seconda fila risulti più cedevole della prima, la terza della seconda la quarta della terza. Dalla quarta in poi non si registra un'ulteriore perdita di resistenza.

I pali della fila frontale tendono a manifestare un comportamento analogo a quello del palo isolato limitatamente a una corretta posizione reciproca con quelli a lato, che sarà superiore ai 3 diametri.

Molti autori hanno approfondito il problema dell'interazione dei pali in parola e tuttavia non si è approdati a una soluzione analitica affidabile.

La metodologia più frequentemente adottata nella pratica geotecnica utilizza i coefficienti di efficienza che permettono di risalire al carico sui pali in relazione alla loro posizione nel gruppo con l'effetto di produrre una migrazione del carico applicato alla fondazione verso l'allineamento frontale.

Nella tabella 4.6 si riportano i coefficienti di efficienza che permettono di risalire alla distribuzione dei carichi sulla palificata, variabili al variare della loro posizione.

Non viene considerata la variazione dei carichi sulle righe.

Si fa presente che per minimizzare il rendimento della palificata occorrerà considerare un interasse dei pali ≥ 3 D.

Considerato quanto sopra, nell'Appendice B alle pagine 56, 57 si riporta il calcolo dei coefficienti di efficienza f_m.

TABELLA 4.6 – COEFFICIENTI DI EFFICIENZA α_i PER LA VALUTAZIONE DELLE FORZE ORIZZONTALI IN FONDAZIONE

Riga n°	f_m [/]
1	0,89
2	0,76
3	0,74
4	0,73
5	0,73
6	0,73

La forza H_i sul singolo palo è data dalla seguente espressione:

$$H_i = [(H_{app}/\Sigma f_m)\, f_{m,i}]/n_c$$

H_{app} = risultante forze orizzontale applicata alla palificata;

n_c = numero colonne palificata (allineamenti pali nella direzione della forza H_{app}).

c) Ricerca delle azioni interne

Ipotesi e modalità di calcolo

L'analisi dei pali sottoposti a forze orizzontali che porta alla valutazione della deformata e delle azioni flettenti potrà essere condotta, in predimensionamento, utilizzando le seguenti espressioni (MATLOCK - REESE):

$$\rho = C_y * (H * T^3/(E_p * J_p)$$

$$M_z = C_m * H * T$$

dove:

ρ = spostamento orizzontale,

M_z = momento flettente,

C_y, C_m = coefficienti variabili in funzione del vincolo in testa al palo e del coefficiente di profondità Z = z/T,

T = lunghezza caratteristica = $[(E_p * J_p)/n_h]^{.25}$,

E_p = modulo elastico del materiale costituente il palo,

J_p = momento di inerzia della sezione del palo,

n_h = A γ/1.35 = modulo di reazione orizzontale del terreno,

A = coefficiente funzione della rigidezza del terreno assunto pari a 400,

γ = peso di volume del terreno = 19 kN/m^3.

Risultati dei calcoli

Nell'APPENDICE B alle pagine 58÷73 sono riportati i parametri, le modalità e i risultati dei calcoli. nelle figure 4.9÷4.14 sono diagrammati con la profondità lo spostamento e il momento flettente dei pali nei tre diametri in analisi.

Nella tabella 4.7 è riportata la sintesi dei risultati.

TABELLA 4.7 – RIASSUNTO RISULTATI ANALISI PALO CARICATO CON FORZE ORIZZONTALI

Vincolo	D [m]	H [kN]	ρ [cm]	M_{max} [kNm]
Testa impedita di ruotare	500	135	0,87	232,7
	800	460	1,50	1181,4
	1000	620	1,45	1919,3
Testa libera di ruotare	500	85	1,44	121,9
	800	290	2,48	619,6
	1000	390	2,39	1004,4

H = forza applicata,

ρ = spostamento testa palo,

M_{max} = momento massimo all'incastro palo-fondazione ovvero lungo il palo.

- d) Indicazioni progettuali

- Note le forze $H_{p,i}$ sul singolo palo costituente la palificata, calcolate secondo la procedura sopra illustrata, si potrà procedere all'analisi della fondazione simulando la presenza dei pali con una molla orizzontale.

  La rigidezza $K_{H,p,i}$ della molla potrà essere valutata con l'espressione seguente:

$$K_{H,p,i} = H_{p,i}/\rho_i$$

  dove ρ_i à lo spostamento orizzontale del palo sottoposto alla forza $H_{p,i}$, spostamento valutabile da quanto riportato nella tabella[2] 4.7.
- Il momento d'incastro palo-fondazione ipotizzata di rigidezza infinita dovuto alla forza $H_{p,}$ applicata in testa al palo, potrà essere sviluppato da un dispositivo che sviluppa M_i in funzione di $H_{p,i}$. La relazione $H_{p,i} – M_i$ è riportata negli abachi di figura 4.11÷4.20.

[2] Il calcolo eseguito considera i materiali a comportamento elastico lineare. Pertanto per differenti valori di H i corrispondenti valori di ρ e M potranno essere calcolati nell'ipotesi di proporzionalità diretta.

FIGURA 4.11 – PALO D = 500 mm – TESTA IMPEDITA DI RUOTARE

ABACO SPOSTAMENTO y - PROFONDITÀ z

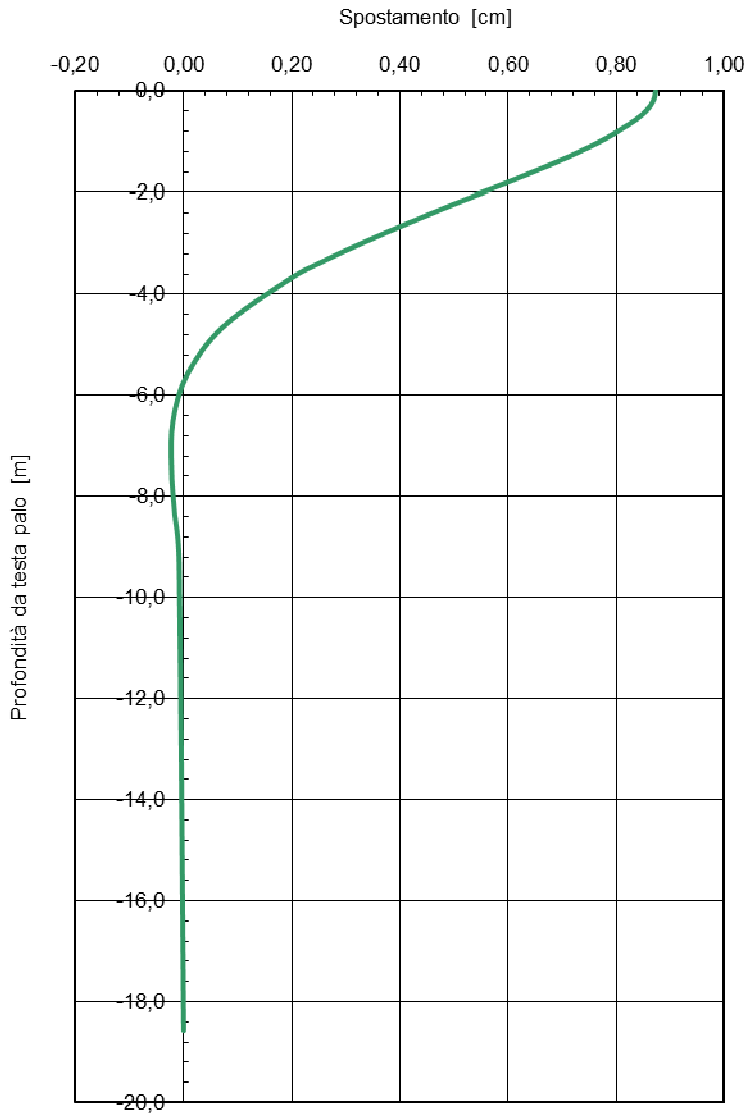


FIGURA 4.12 – PALO D = 500 mm – TESTA IMPEDITA DI RUOTARE

ABACO MOMENTO FLETTENTE M-PROFONDITÀ Z

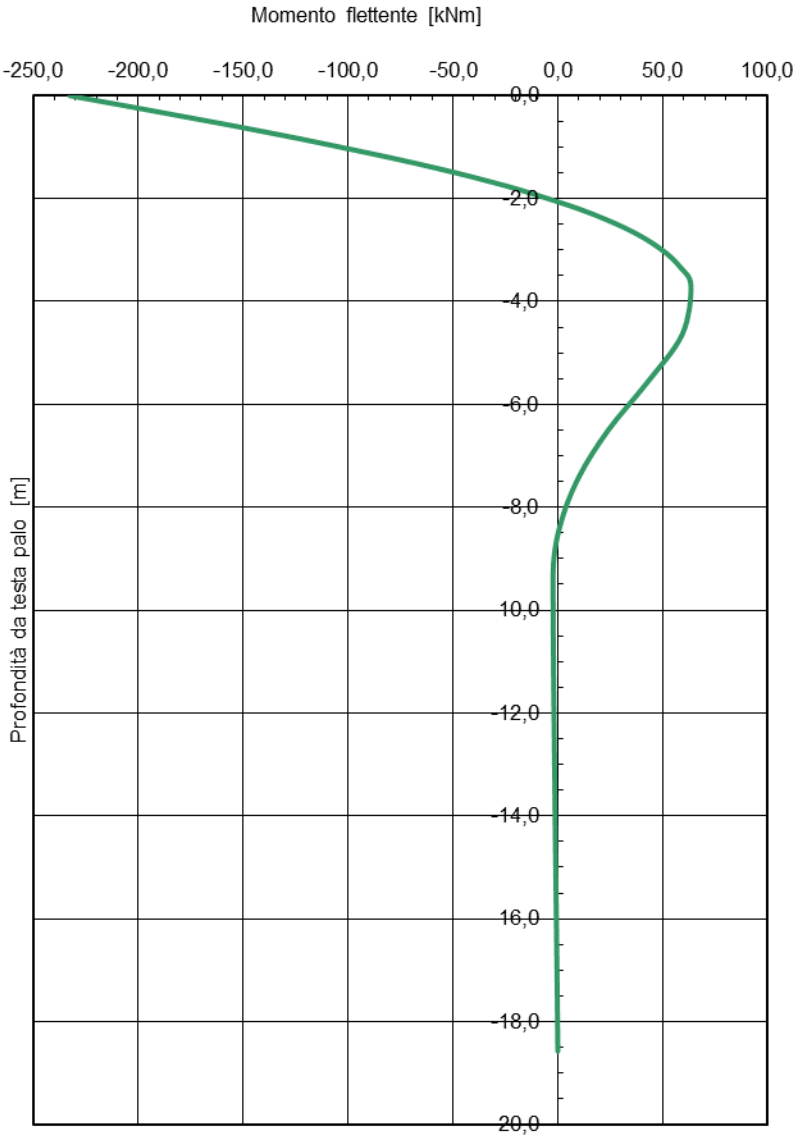


FIGURA 4.13 – PALO D = 500 mm – TESTA LIBERA DI RUOTARE

ABACO SPOSTAMENTO y - PROFONDITÀ z

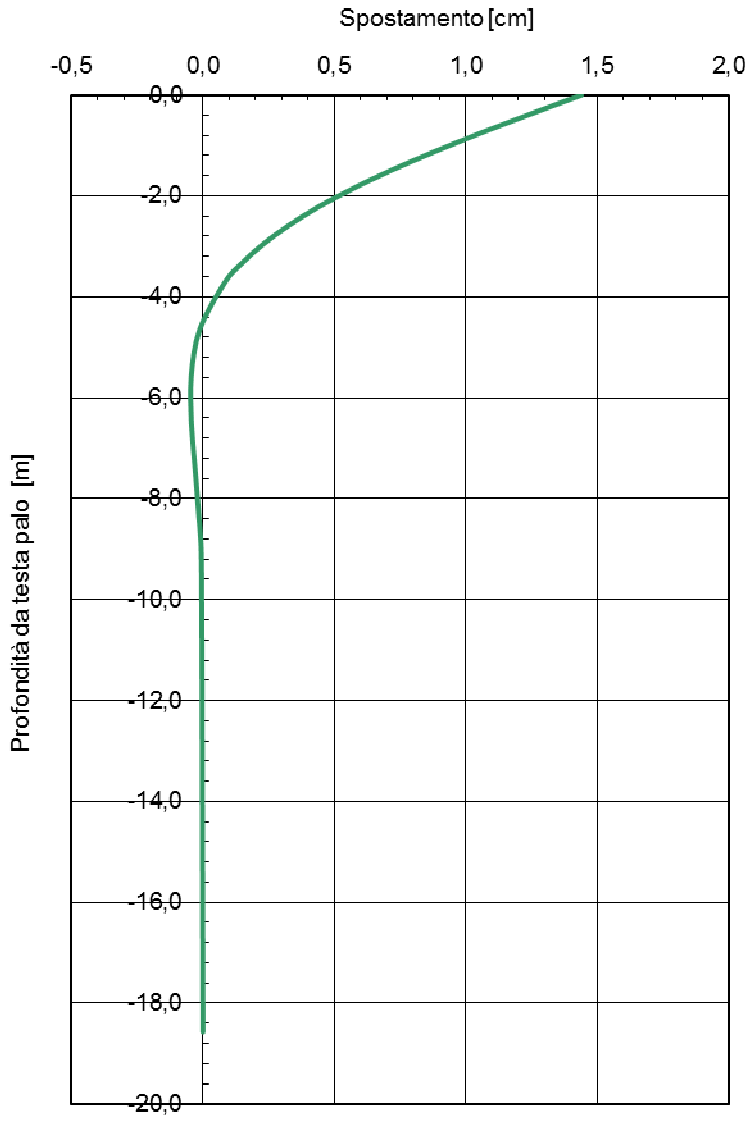


FIGURA 4.14 – PALO D = 500 mm – TESTA LIBERA DI RUOTARE

ABACO MOMENTO FLETTENTE M-PROFONDITÀ Z

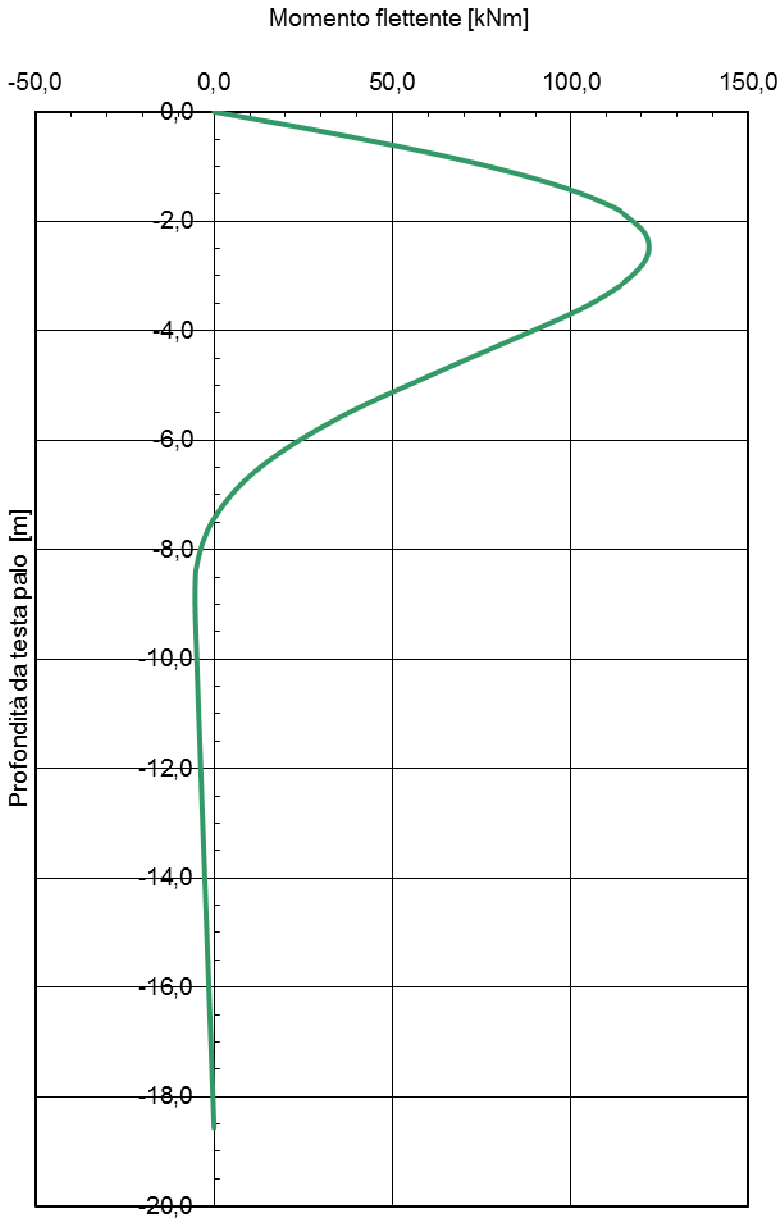


FIGURA 4.15 – PALO D = 800 mm – TESTA IMPEDITA DI RUOTARE

ABACO SPOSTAMENTO y - PROFONDITÀ z

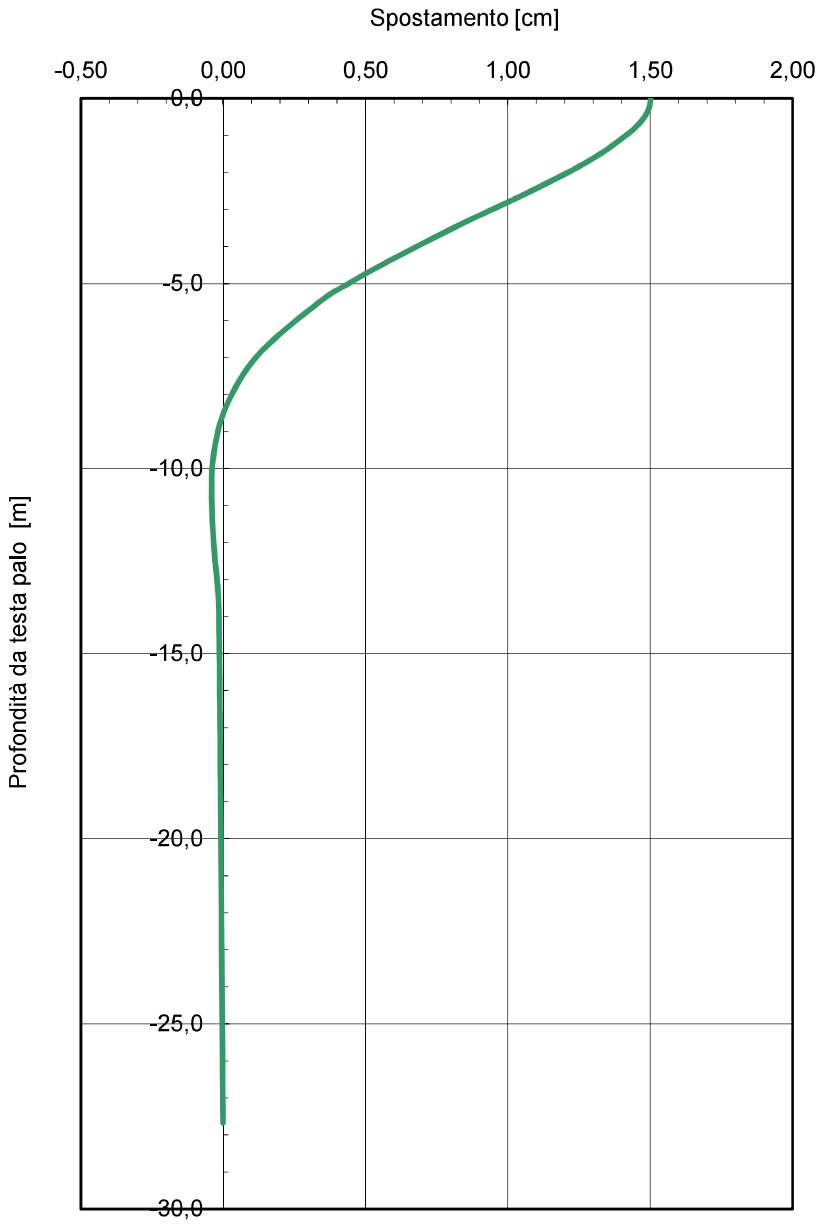


FIGURA 4.16 – PALO D = 800 mm – TESTA IMPEDITA DI RUOTARE

ABACO MOMENTO FLETTENTE M-PROFONDITÀ Z

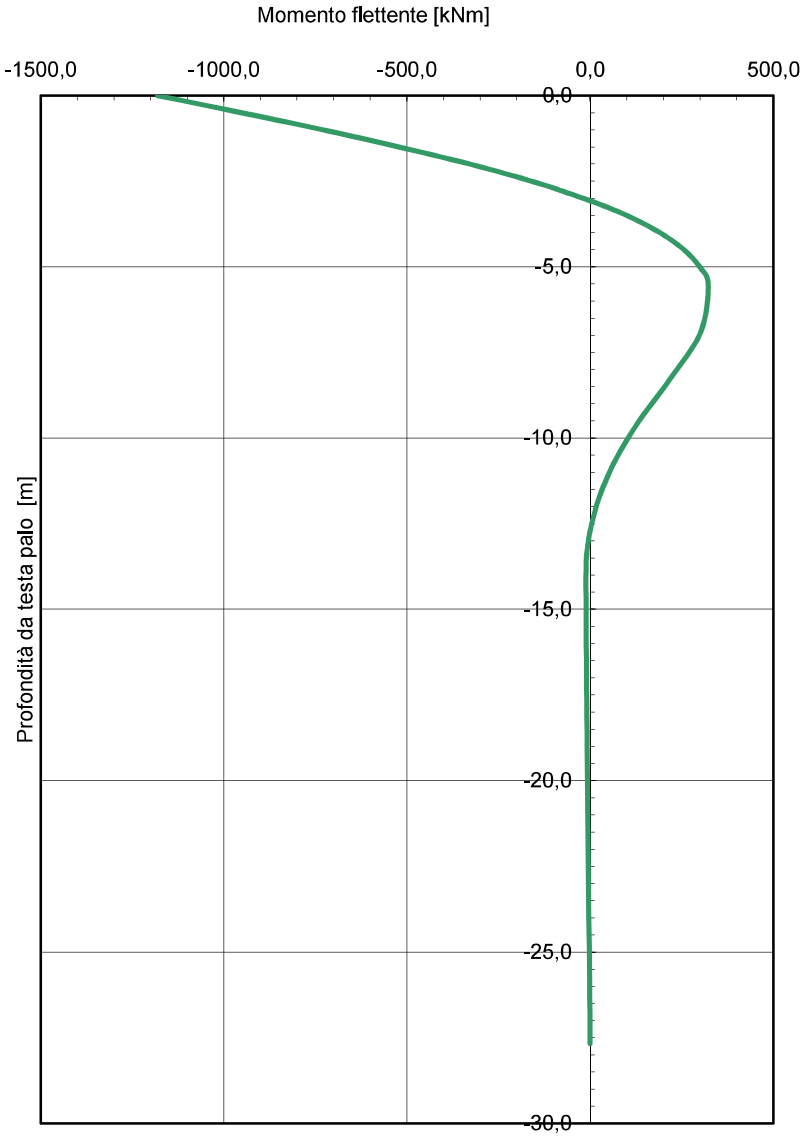


FIGURA 4.17 – PALO D = 800 mm – TESTA LIBERA DI RUOTARE

ABACO SPOSTAMENTO y - PROFONDITÀ z

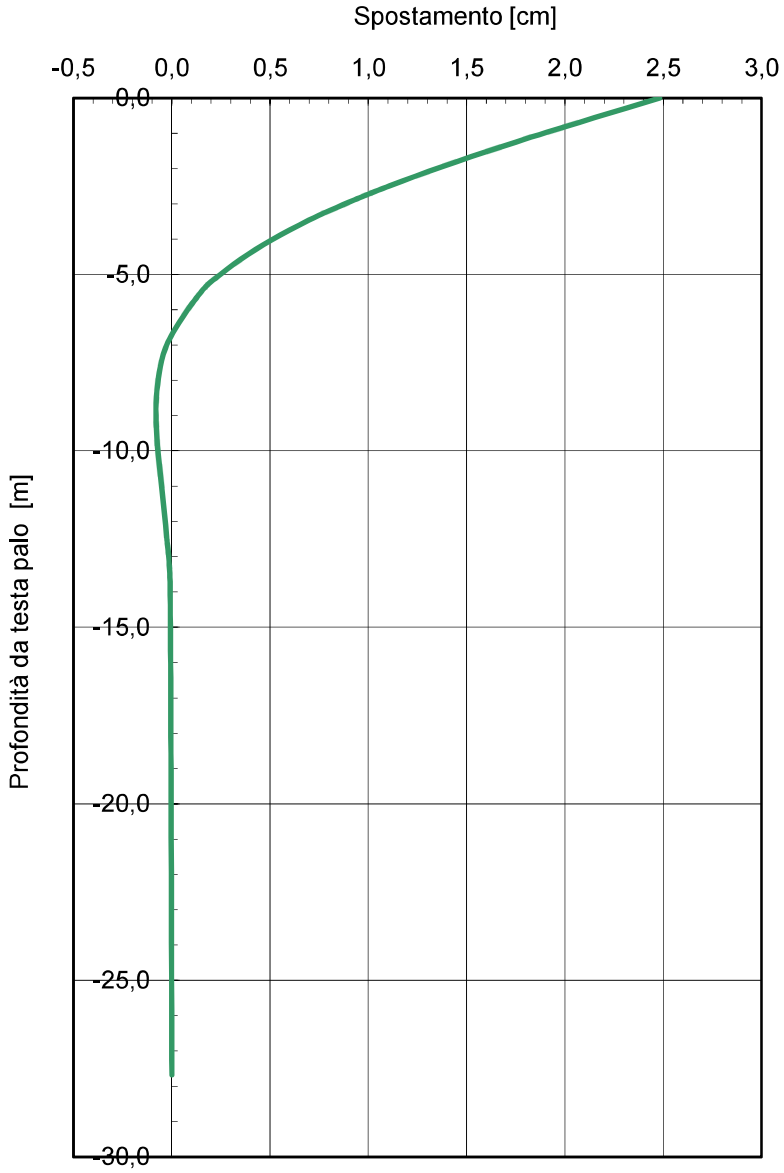


FIGURA 4.18 – PALO D = 800 mm – TESTA LIBERA DI RUOTARE

ABACO MOMENTO FLETTENTE M-PROFONDITÀ Z

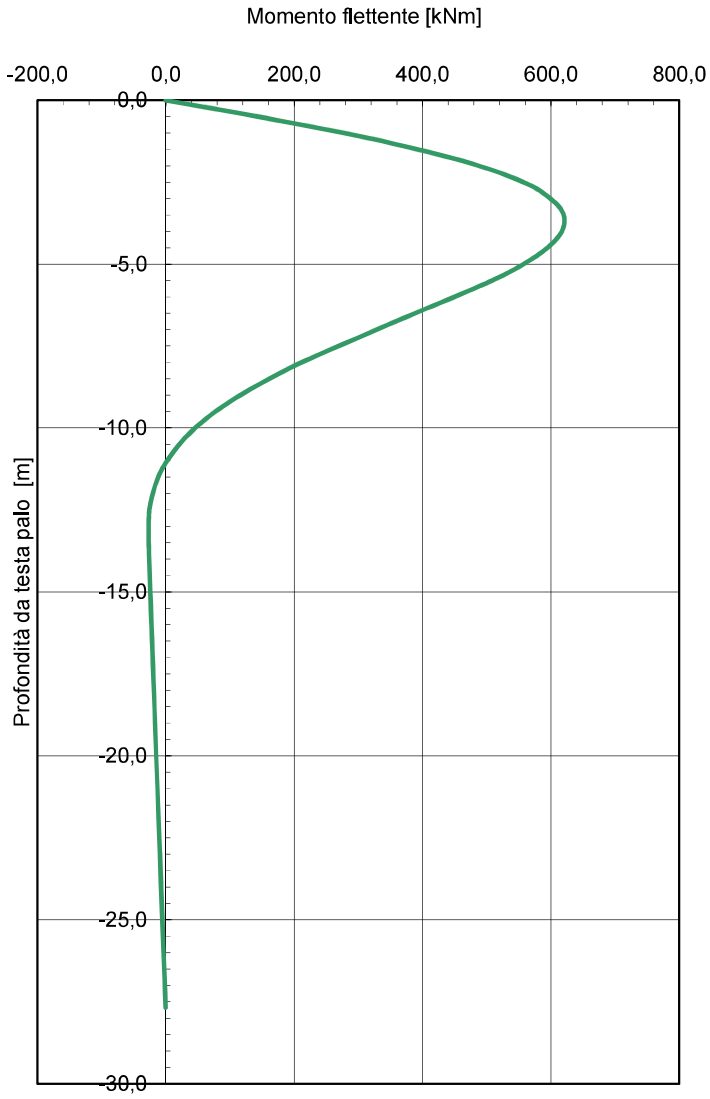


FIGURA 4.19 – PALO D = 1000 mm – TESTA LIBERA DI RUOTARE

ABACO SPOSTAMENTO y - PROFONDITÀ z

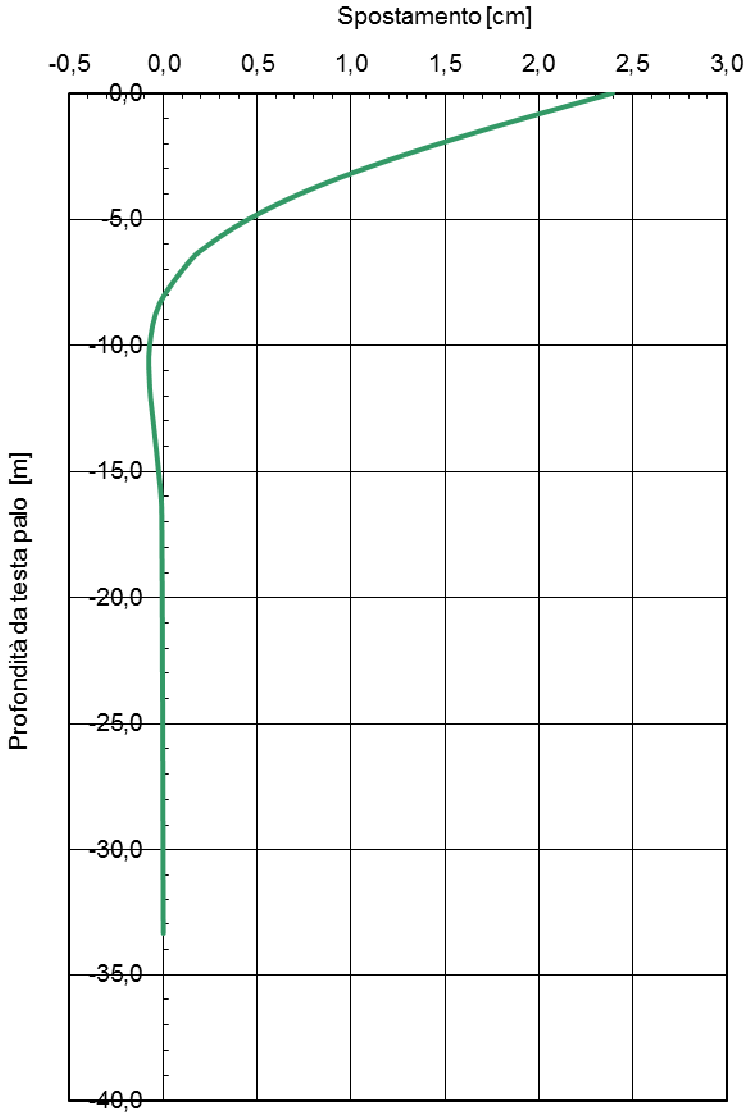
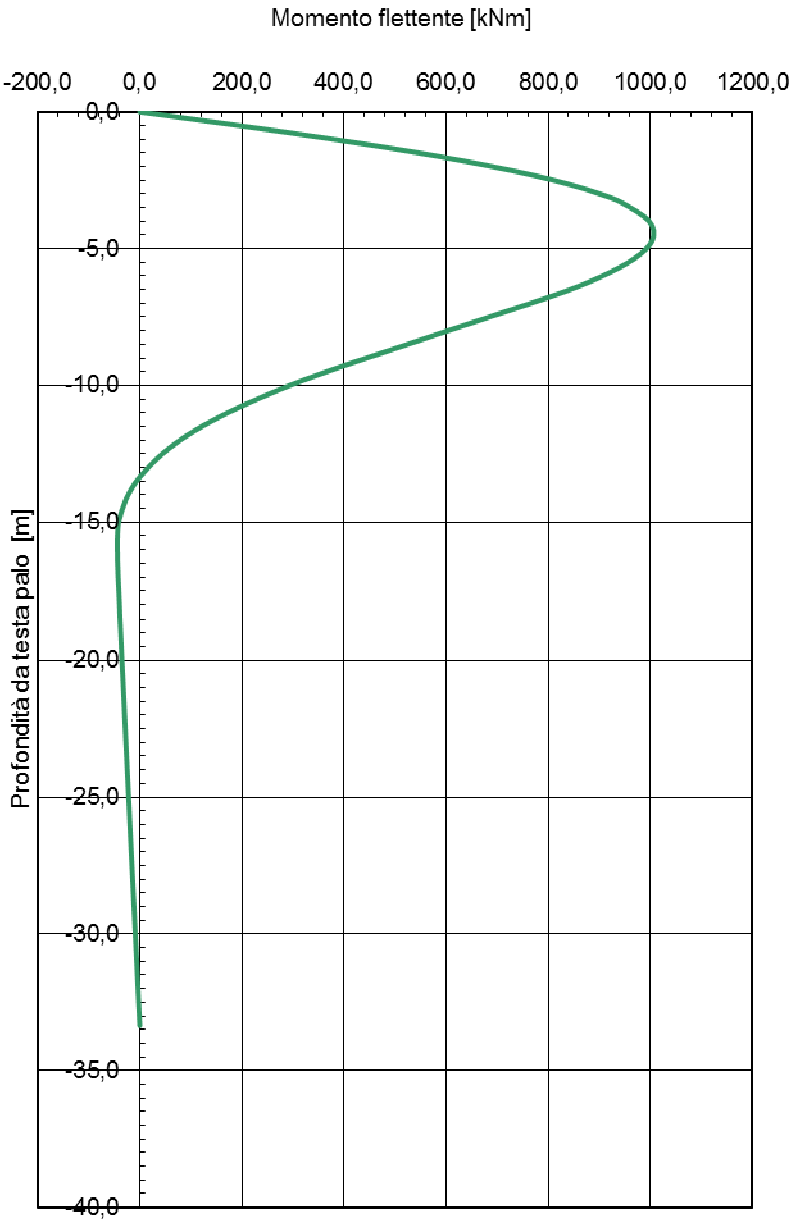


FIGURA 4.20 – PALO D = 1000 mm – TESTA LIBERA DI RUOTARE

ABACO MOMENTO FLETTENTE M-PROFONDITÀ Z



4.4 - Pali riduttori di cedimento

Come già riportato in apertura di capitolo, i cedimenti di previsione sopra calcolati relativamente ai manufatti dei comparti Biologico+Ultrafiltrazione e Pretrattamenti sono giudicati, in prima analisi, non ammissibili.

Se ne prevede la riduzione mediante l'adozione di pali riduttori di cedimento.

Come già anticipato, questi sono del tipo trivellato a elica continua gettati in opera con calcestruzzo pompato a pressione attraverso l'asse cavo della cloclea durante la risalita (CFA). Nel seguito viene analizzata la soluzione che prevede pali del diametro di 420 e 500 mm, già oggetto di analisi nel precedente paragrafo.

Delle fondazioni dei manufatti sopra esposti, nel seguito viene nel seguito riportato il dimensionamento delle palificate.

4.4.1 - Ipotesi e modalità di calcolo

Per la valutazione del comportamento in esercizio della fondazione mista "platea su pali" si utilizza il metodo PDR (POULOS, DAVIS e RANDOLPH, 1994).

Il metodo consente di valutare la risposta in termini di cedimento medio di una fondazione mista costituita da una platea di rigidezza K_P e carico limite $Q_{P,lim}$ e da un gruppo di pali di rigidezza K_G e carico limite $Q_{G,lim}$, combinati tra loro a costituire una platea su pali di rigidezza K_{PR} e carico limite $Q_{PR,lim}$. Esso si sviluppa in fasi:

- ***a)*** valutazione della resistenza di collasso per carico limite dell'insieme platea-terreno capacità portante R_D;
- ***b)*** valutazione della curva carico-cedimento della fondazione mista.

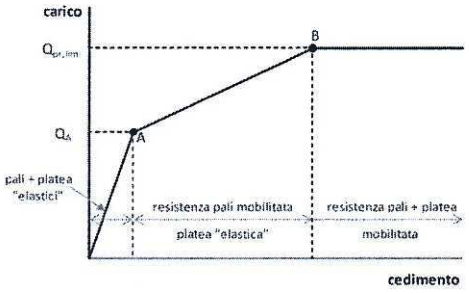
Considerando che la resistenza R_d è maggiore dell'azione (cfr. tabelle 3.1 e 4.1) e che quindi risulta soddisfatta la condizione:

$$E_d < R_d$$

si procede all'analisi della fase b).

Il metodo PDR assume che il comportamento della platea e del gruppo di pali sia di tipo elastico lineare fino al raggiungimento dei rispettivi carichi di rottura (cfr. figura 4.21).

FIGURA 4.21 – CURVA CARICO CEDIMENTO SECONDO IL METODO PDR



Il punto A rappresenta il punto in corrispondenza del quale la resistenza del gruppo di pali $Q_{G,lim}$ è interamente mobilitata.
Fino al punto A i pali (G) e la platea (P) si ripartiscono il carico Q_{PR} nelle aliquote α_{PR} e α_{RP} valutabili attraverso le seguenti relazioni:

$$\alpha_{PR} = Q_G/Q_{PR} = 1/(1+\beta)$$

dove:

$$\beta = (0,2/ (1-0,8*K_p/K_G))*K_p/K_G$$

e:

$$\alpha_{RP} = Q_p/Q_{PR} = 1-\alpha_{PR}$$

Fino al punto A, inoltre, il cedimento varia secondo l'espressione:

$$w = Q/K_{PR}$$

dove:
$K_{PR} = X*K_G$,
$X = [1-0,6*(K_p/K_G)]/[1-0,64*(K_p/K_G)]$.
Oltre il punto A, ogni eventuale incremento di carico può essere assorbito dalla sola platea, ed il cedimento sarà dato da:

$$w = Q_A/K_{PR}+(Q-Q_A)/K_p.$$

La rigidezza della platea si identifica con il cedimento medio w_R riportato nella tabella 4.2. La rigidezza del gruppo di n viene valutata considerando il valore w_G calcolato tramite [4.2].

4.4.2 - Risultati dei calcoli

Nell'Appendice B alle pagine 74, 75, 76 e nella tabella 4.8 si riportano i risultati dei calcoli.

TABELLA 4.8 – RIASSUNTO ANALISI PLATEE SU PALI RIDUTTORI DI CEDIMENTO

Impianto	D [mm]	q_{t,m_SLE} [kPa]	n_p [/]	i_p [m]	Q_B [m]	q_t [kPa]	N_p [kN]	w_R [cm]	$k_{v,m}$ [kN/m^3]	K_p [MN/m]
PRETRATTAMENTI AREA A	420	160	60	3,0	-20,5	30,2	977,9	1,54	1961	63,5
PRETRATTAMENTI AREA B	420	160	24	3,8-3.1	-20,5	20,4	1026,2	1,1	1854,5	93.3
BIOLOGICO + UKTRAFILTRAZ.	500	120	345	3,1	-21	32,1	791,4	1,7	1888,2	46,6

D = diametro palo,
q_{t,m_SLE} = pressione media di contatto fondazione terreno,
n_p = numero pali,
i_p = interasse pali (maglia quadrata),
L_p = lunghezza pali da intradosso fondazione,
q_t = pressione media di contatto fondazione terreno in presenza dei pali,
N_p = carico medio sul singolo palo,
$w_{R,2}$ = cedimento medio (fondazione infinitamente rigida),
$k_{v,m}$ = coefficiente medio di sottofondo verticale per terreno alla Winkler in presenza dei pali = q_t/w_R,
K_p = rigidezza pali = N_p/w_R.

4.4.3 - Commento ai risultati dei calcoli

Dall'esame dei risultati dei calcoli si osserva quanto segue

- Si evidenzia che la presenza dei pali di rigidezza sensibilmente maggiore rispetto al terreno, porta ad una ridotta mobilitazione della reazione del terreno. Da ciò ne consegue che il valore del coefficiente di sottofondo del terreno è alquanto modesto e la maggior parte del carico trasmesso dalle strutture fuori terra migra attraverso la palificata.
- Nell'analisi della platea di fondazione il terreno potrà essere simulato alla WINKLER con associati i valori del coefficiente di sottofondo medio k_v riportati nella tabella 4.8 integrati con molle localizzate a simulare il contributo vincolare dei pali aventi rigidezza K_g di tabella 4.8.
- Il modesto carico che risulta applicato ai pali autorizza a non armare i pali.

4.5 – Sintesi analisi pali

In sintesi si è prevista l'adozione dei seguenti pali:

- pali di portata con diametri in alternativa di 500 e 800 mm per le fondazioni dei digestori;
- pali di portata del diametro 1000 mm per le fondazioni del comparto Pretrattamenti nella soluzione che prevede n° 1 palo/pilastro; anche per tale comparto si potranno in alternativa, adottare pali del diametro di 500 mm, nel numero commisurato con le sollecitazioni trasmesse in fondazione;
- pali riduttori di cedimento del diametro 420 e 500 mm per le fondazioni delle rimanenti strutture.

Pali di diametri differenti da quelli previsti nel presente documento saranno analizzati su richiesta ovvero potranno essere analizzati adottando i medesimi parametri geotecnici e le medesime procedure qui seguite.

Capitolo 5 ***OSSERVAZIONI PROGETTUALI E INDICAZIONI ESECUTIVE***

5.1 – Comparti Pretrattamenti e Biologico+Ultrafiltrazione - Indicazioni sulla preparazione di sedime della platea su pali riduttori di cedimento

Il sedime delle platee in presenza di pali riduttori di cedimento sarà costituito da calcestruzzo magro avente la funzione di regolarizzare il terreno d'imposta del getto delle platee.

Il calcestruzzo sarà gettato su uno strato di bonifica costituito da inerte vibrocompattato messo in opera nel rispetto delle Specifiche riportate nell'Appendice C. La bonifica avrà uno spessore finito di 0,9 m.

Con tale premessa, si potrà operare secondo le fasi di seguito descritte.

- a) Sbancamento fino a raggiungere la quota d'imposta della bonifica:

. Q_b = -1,5 m Area A, Q_b = -3,5 m Area B Pretrattamenti

. Q_b = -1,5 m+ Biologico+Ultrafiltrazione

- b) Vibrocompattazione del fondo scavo mediante rullo vibrante del peso di 120 kN, procedente ad una velocità non superiore a 1,5 km/h. Saranno sufficienti n° 10 passate in sola andata.

- c) Stesura dell'inerte nel rispetto delle Specifiche in Appendice C fino al raggiungimento della quota Q_m di posa del magrone:

. Q_m = -0,6 m Area A, Q_m = -2,6 m Area B Pretrattament

. Q_m = -0,6 m Biologico+Ultrafiltrazione

- d) Su tale piano così predisposto saranno realizzati i pali CFA.

- e) Dopo l'esecuzione dei pali, che potrà rispettare le disposizioni riportate nel paragrafo 5.3 in riferimento ai pali di portata, si procederà alla asportazione dei residui della lavorazione dei pali, alla regolarizzazione del piano lavori e delle teste dei pali medesimi.

- f) Successivamente si procederà al getto del calcestruzzo magro ed alla successiva fase di armatura e getto della platea.

5.2 – Comparto ispessimento e disidratazione

La preparazione del sedime della platea prevista impostata sul terreno senza pali riduttori di cedimento seguirà le linee guida esposte sopra limitatamente ai punti a), b), c), f) prevedendo le seguenti quote:

Q_b = -1,5 m,

Q_m = -0,6 m.

5.3 – Esecuzione dei pali CFA - Indicazioni e raccomandazioni

5.3.1 – Fase di produzione

Nel corso della fase di produzione dei pali, allo scopo di controllare il buon andamento dei lavori e la corretta esecuzione, si consiglia il rilievo in corso d'opera dei parametri dell'avanzamento dell'elica (pressione olio, velocità d'avanzamento, ecc.) e dei quantitativi di calcestruzzo utilizzati per il singolo palo. Ciò potrà essere condotto compilando un idoneo rapporto di cantiere.

Occorrerà misurare per il singolo palo l'assorbimento di calcestruzzo V_a e rapportarlo con il volume teorico V_t. Sarà ammesso un rapporto $\alpha_{cls} = V_a/V_t$ compreso tra 1 e 1.5.

Valori di α_{cls} differenti da quello segnalato sono indicatori di anomalie esecutive. Occorrerà in tal caso interrompere le lavorazioni e prendere i necessari provvedimenti correttivi.

La presenza di elementi lapidei o da discarica edile di elevate dimensioni potrà creare problemi nel corso della perforazione dei pali nell'attraversamento dello strato R.

Considerando peraltro che tali elementi sono stati intercettati, al disotto della falda acquifera in sole 3 prove penetrometriche su 14 (prova n° P1, P2, P4) e che l'arresto delle prove potrebbe essere dovuto ad un elemento comunque superabile dalla punta della trivella dei pali, si potrà operare come di seguito consigliato.

- Interrompere la perforazione e cementare il foro.
- Nel caso di pali riduttori di cedimento o dei gruppi di pali dei sili, si procederà al riposizionamento del palo nelle immediate vicinanze di quello sospeso.
- Il riposizionamento dei pali di portata delle fondazioni dei pilastri dei comparti Pretrattamento e Biologico in posizione difforme a quella di progetto richiederà la realizzazione di un numero di pali maggiore e la variazione delle dimensioni della fondazione.

5.3.2 - Controlli e verifiche

Come previsto dalla normativa, si rileva che il dimensionamento dei pali potrà anche essere condotto mediante l'approccio sperimentale, utilizzando i risultati di una o più prove di carico di progetto da eseguire su pali pilota.

Queste prove permetteranno di ottimizzare il dimensionamento dei pali condotto nel presente rapporto con l'utilizzo dei fattori di correlazione ξ_1 e ξ_2 che si ricorda, assumono valori significativamente inferiori a quelli dei fattori ξ adottati sopra con il metodo analitico.

Per ultimo si ricorda quanto esposto nella Normativa vigente relativamente all'accettazione dei pali di fondazione, ovvero la necessità di eseguire prove di collaudo sui pali della palificata.

" *Sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1.5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.*

Il numero e le prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,

2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,

3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,

4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,

5 se il numero dei pali è compreso tra 201 e 500,

il numero intero più prossimo al valore 5+ n/500, se il numero n di pali è superiore a 500.

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali....". (D.M. del 14/01/2009).

Dott. Ing. *UMBERTO CROCE*



APPENDICE A

INDAGINE DI PRIMA FASE

SOMITER SONDAGGI MICROPALI GEOTERMIA	Committente: Ing. Schiavone Cantiere: Genova Cornigliano Sito indagine: EX ILVA Attrezzatura: Casagrande C6	Sondaggio D.1	Foglio 1
		Operatore Sig. Dall'Erta F.	
Via Piave 13, 12037 SALUZZO (CN) Tel/Fax 0175211047 info@somiter.eu	Data inizio31/03/2015 Data ultimazione01/03/2015 Note: Non è stato possibile il recupero del campione da -30m a -39m da P.C.	Responsabile cantiere Dott. Colla M.	

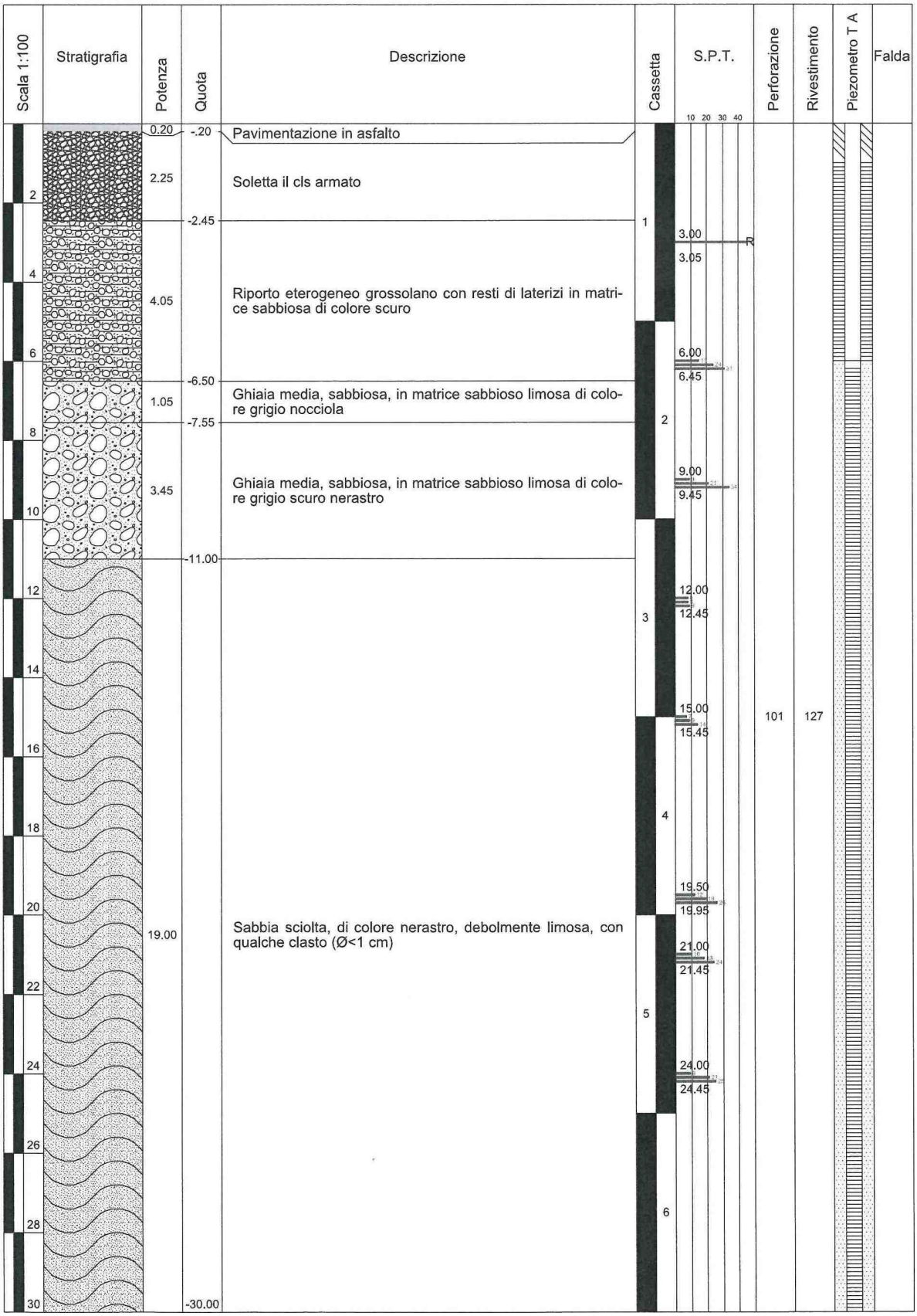
Scala 1:100	Stratigrafia	Potenza	Quota	Descrizione	Cassetta	S.P.T. (10 20 30 40)	Perforazione	Rivestimento	Piezometro T A	Falda
2		0.20	-.20	Pavimentazione in asfalto						
4		6.20		Riporto eterogeneo grossolano con resti di laterizi e blocchi di cls in matrice sabbiosa di colore scuro	1	3.00 (23 48 35) 3.45				
6			-6.40			6.00 (16 17 35) 6.45				
8		5.40		Ghiaia media, sabbiosa, in matrice sabbioso limosa di colore grigio scuro nerastro	2					
10						9.00 (23 25 28) 9.45				
12			-11.80		3					
14		18.20		Sabbia sciolta, di colore nerastro, limosa, con qualche clasto (Ø<1 cm)		15.00 (28 38 41) 15.45	101	127		
16										
18					4	18.00 (21 41 43) 18.45				
20										
22					5					
24						24.00 (37 39 39) 24.45				
26										
28					6					
30			-30.00							

SOMITER
SONDAGGI MICROPALI GEOTERMIA
Via Piave 13, 12037 SALUZZO (CN)
Tel/Fax 0175211047
info@somiter.eu

Committente: Ing. Schiavone
Cantiere: Genova Cornigliano
Sito indagine: EX ILVA
Attrezzatura: Casagrande C6

Sondaggio: S.3
Foglio: 1
Operatore: Sig. Dall'Erta F.
Responsabile cantiere: Dott. Colla M.

Data inizio25/03/2015 Data ultimazione25/03/2015
Note:



SOMITER
SONDAGGI MICROPALI GEOTERMIA

Committente: Ing. Schiavone
Cantiere: Genova Cornigliano
Sito indagine: EX ILVA
Attrezzatura: Casagrande C6

Sondaggio: S.4 | Foglio: 1
Operatore: Sig. Dall'Erta F.

Via Piave 13, 12037 SALUZZO (CN)
Tel/Fax 0175211047
info@somiter.eu

Data inizio26/03/2015 Data ultimazione27/03/2015
Note:

Responsabile cantiere: Dott. Colla M.

Scala 1:100	Stratigrafia	Potenza	Quota	Descrizione	Cassetta	S.P.T. (10 20 30 40)	Perforazione	Rivestimento	Piezometro T A	Falda
		0.20	-.20	Pavimentazione in asfalto						
		1.80		Riporto eterogeneo grossolano con resti di laterizi in matrice sabbiosa di colore scuro						
			-2.00		1	3.00 / 3.03				
		2.65		Soletta il cls armato						
			-4.65			6.00 / 6.45				
		6.85		Ghiaia media, sabbioso limosa, in matrice sabbioso limosa di colore grigio nerastro	2	9.00 / 9.07				
			-11.50		3	12.00 / 12.45				
		20.50		Sabbia sciolta, di colore nerastro, debolmente limosa, con qualche clasto (Ø<1 cm)	4	18.00 / 18.45				
					5	24.00 / 24.45	101	127		
					6	30.00 / 30.45				
			-32.00		7					
		7.00		Limo sabbioso, inconsistente, fortemente compressibile, di colore nerastro	8					
			-39.00							
		6.00		Ghiaia sabbiosa eterogenea, con clasti eterometrici (Ø 1-5 cm) in matrice sabbiosa grossolana debolmente limosa di colore bruno rossiccio	9					
			-45.00							

SOMITER SONDAGGI MICROPALI GEOTERMIA	Committente: Ing. Schiavone Cantiere: Genova Cornigliano Sito indagine: EX ILVA Attrezzatura: Casagrande C6	Sondaggio S.5	Foglio 1
		Operatore Sig. Dall'Erta F.	
Via Piave 13, 12037 SALUZZO (CN) Tel/Fax 0175211047 info@somiter.eu	Data inizio30/03/2015 Data ultimazione30/03/2015 Note:	Responsabile cantiere Dott. Colla M.	

Scala 1:100	Stratigrafia	Potenza	Quota	Descrizione	Cassetta	S.P.T. (10 20 30 40)	Perforazione	Rivestimento	Piezometro T A	Falda
2		0.30	-.30	Pavimentazione in asfalto						
		1.15		Riporto eterogeneo grossolano con resti di laterizi in matrice sabbiosa di colore scuro						
			-1.45		1	3.00 / 3.10				
4										
6										
8		10.35		Ghiaia media, sabbiosa, in matrice sabbioso limosa di colore grigio scuro nerastro	2	9.00 / 9.26				
10										
12			-11.80		3	15.00 / 15.45	101	127		
14										
16					4					
18										
20										
22		18.20		Sabbia sciolta, di colore nerastro, debolmente limosa, con qualche clasto (Ø<1 cm)	5	21.00 / 21.45				
24										
26										
28					6					
30			-30.00							

SOMITER
SONDAGGI MICROPALI GEOTERMIA
Via Piave 13, 12037 SALUZZO (CN)
Tel/Fax 0175211047
info@somiter.eu

Committente: Ing. Schiavone
Cantiere: Genova Cornigliano
Sito indagine: EX ILVA
Attrezzatura: Casagrande C6

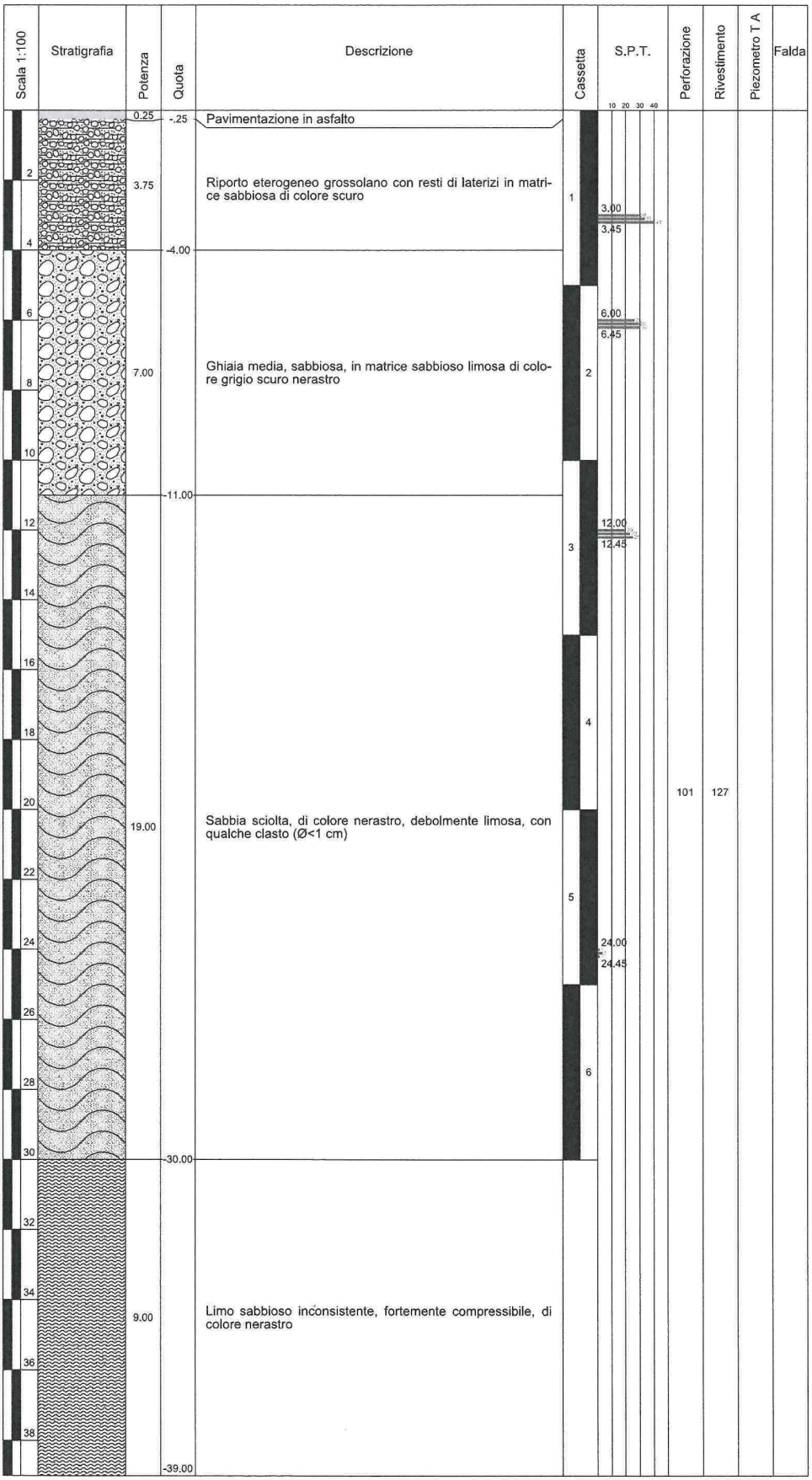
Sondaggio	Foglio
S.6	1

Operatore: Sig. Dall'Erta F.

Data inizio30/03/2015 Data ultimazione31/03/2015

Note: Non è stato possibile il recupero del campione da -30m a -39m da P.C.

Responsabile cantiere: Dott. Colla M.

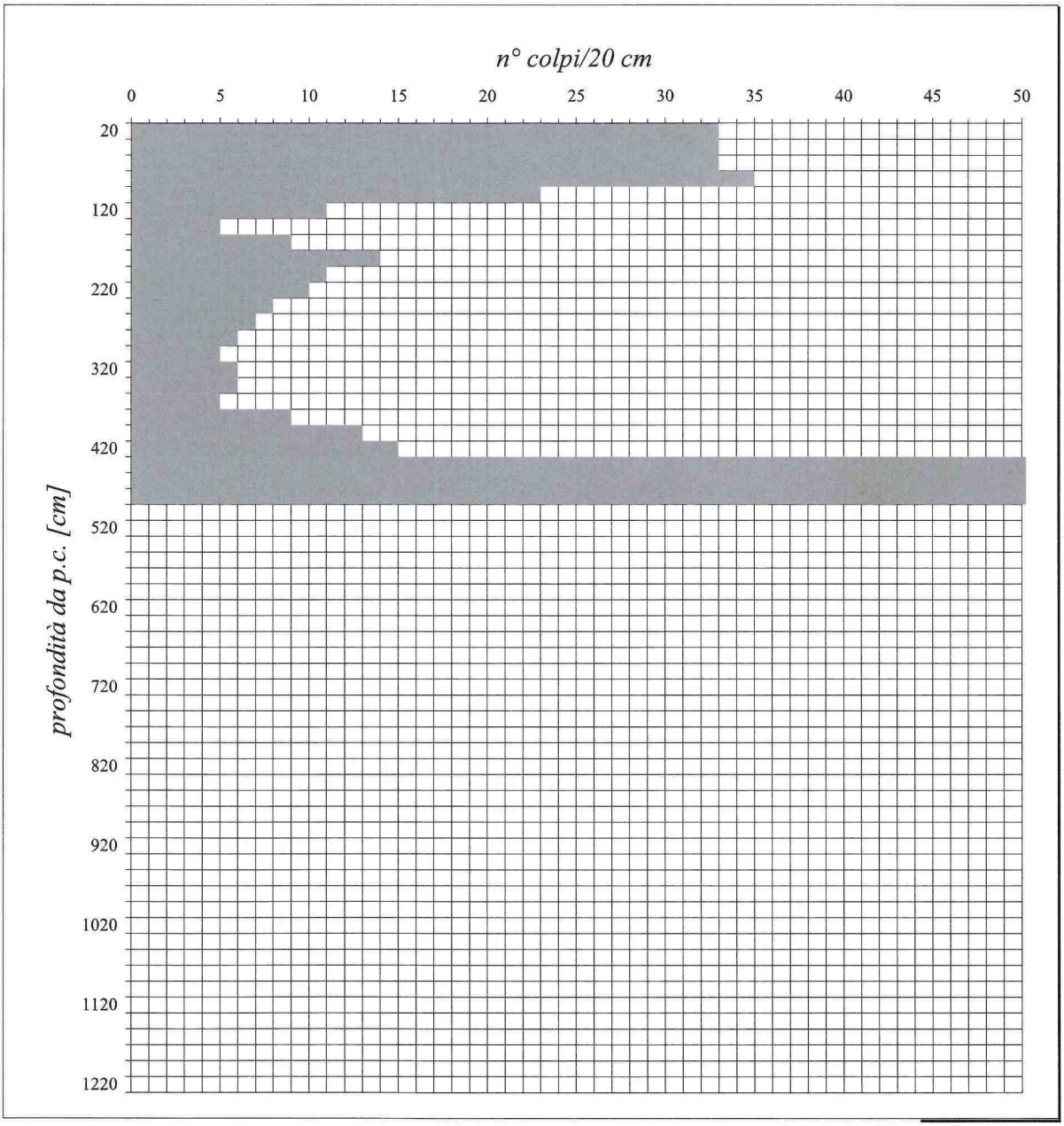


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
Penetrometro dinamico pesante DPSH PAGANI TG 63/200 KN

prova n°: **DPSH1**

località: **ex-ILVA di Cornigliano, Genova** *data:* **01/04/2015**

quota inizio: **p.c.** *falda:* **non rilevata**



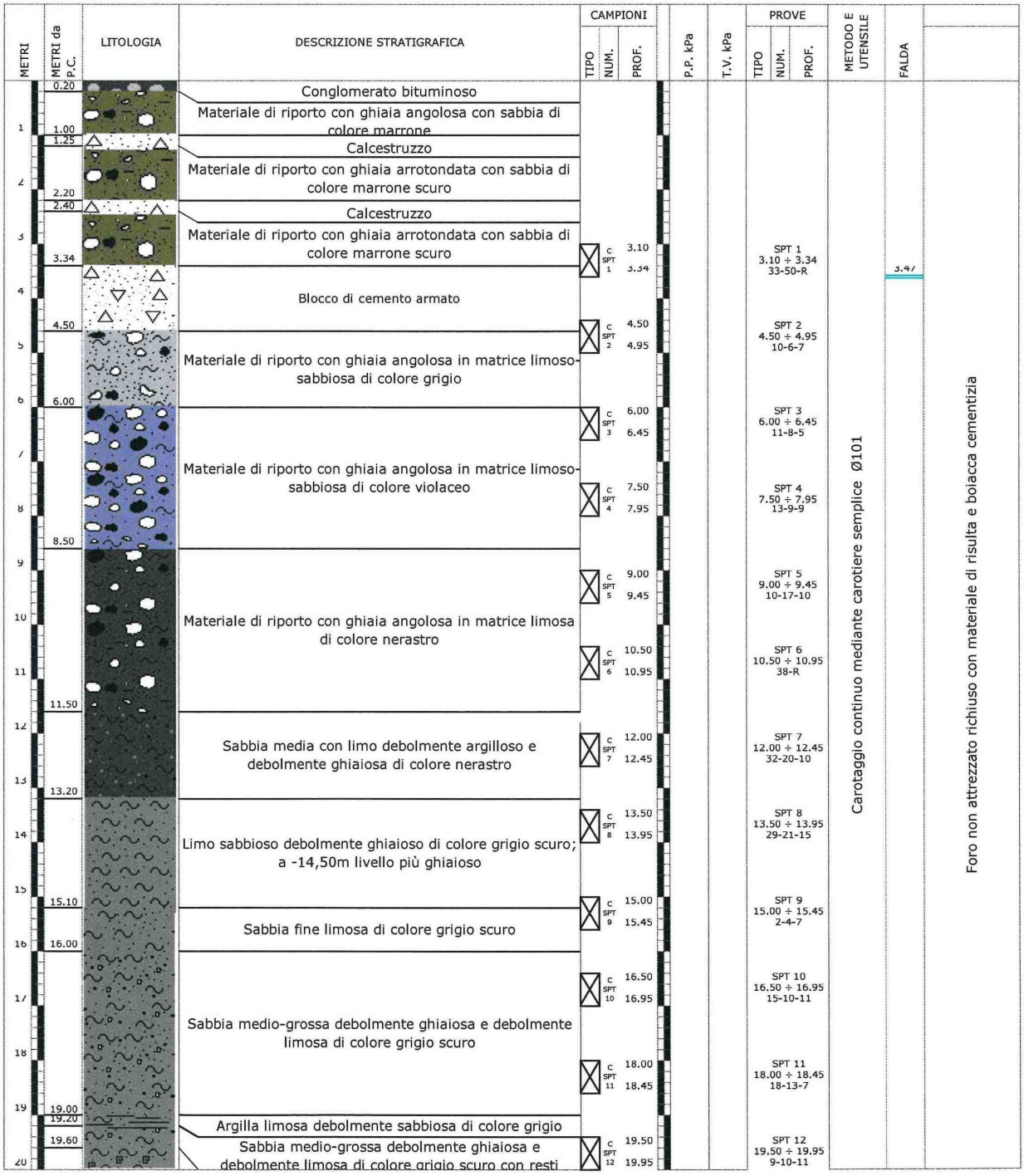
Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	punta conica diametro di base 51 mm	registrazione num. colpi ogni 0,20 m (N_{20})
63,5	0,75	angolo di apertura 60°	coeff. teorico di energia $N_{SPT} = 1,489\ N_{20}$

INDAGINE DI SECONDA FASE

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH1 C. SITO N°: PROFONDITA': 30.00 m
ESECUZIONE: 12-16/10/17 OPERATORE: BARONE RIVESTIMENTO: 28.50 m
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
Rimaneggiato L Lefranc
Ambientale V Vane Test



Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH1 C. SITO N°:
ESECUZIONE: 12-16/10/17 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI
PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 28.50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
Rimaneggiato L Lefranc
Ambientale V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI TIPO	CAMPIONI NUM.	CAMPIONI PROF.	P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE TIPO	PROVE NUM.	PROVE PROF.	METODO E UTENSILE	FALDA	
21			Limo sabbioso di colore grigio scuro con resti conchigliari, con presenza di un livello ghiaioso a 20,30m	C SPT	13	21.00 21.45			SPT	13	21.00 ÷ 21.45 6-8-10	Carotaggio continuo mediante carotiere semplice Ø101		Foro non attrezzato richiuso con materiale di risulta e boiacca cementizia
	21.30													
22	21.80		Sabbia media-fine debolmente limosa di colore grigio											
	22.40		Sabbia media-grossa di colore grigio scuro											
23	23.00		Limo con sabbia fine di colore grigio											
24				C SPT	14	24.00 24.45			SPT	14	24.00 ÷ 24.45 31-21-16			
	24.30													
25														
	25.50													
26			Alternanze di limo debolmente sabbioso di colore grigio scuro e sabbia media-fine debolmente limosa											
27				C SPT	15	27.00 27.45			SPT	15	27.00 ÷ 27.45 13-16-21			
	27.40													
28														
29	29.00													
			Limo sabbioso con livelli organici di colore grigio	C SPT	16	30.00 30.45			SPT	16	30.00 ÷ 30.45 14-18-24			
30	30.00													
31			Fine sondaggio											
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

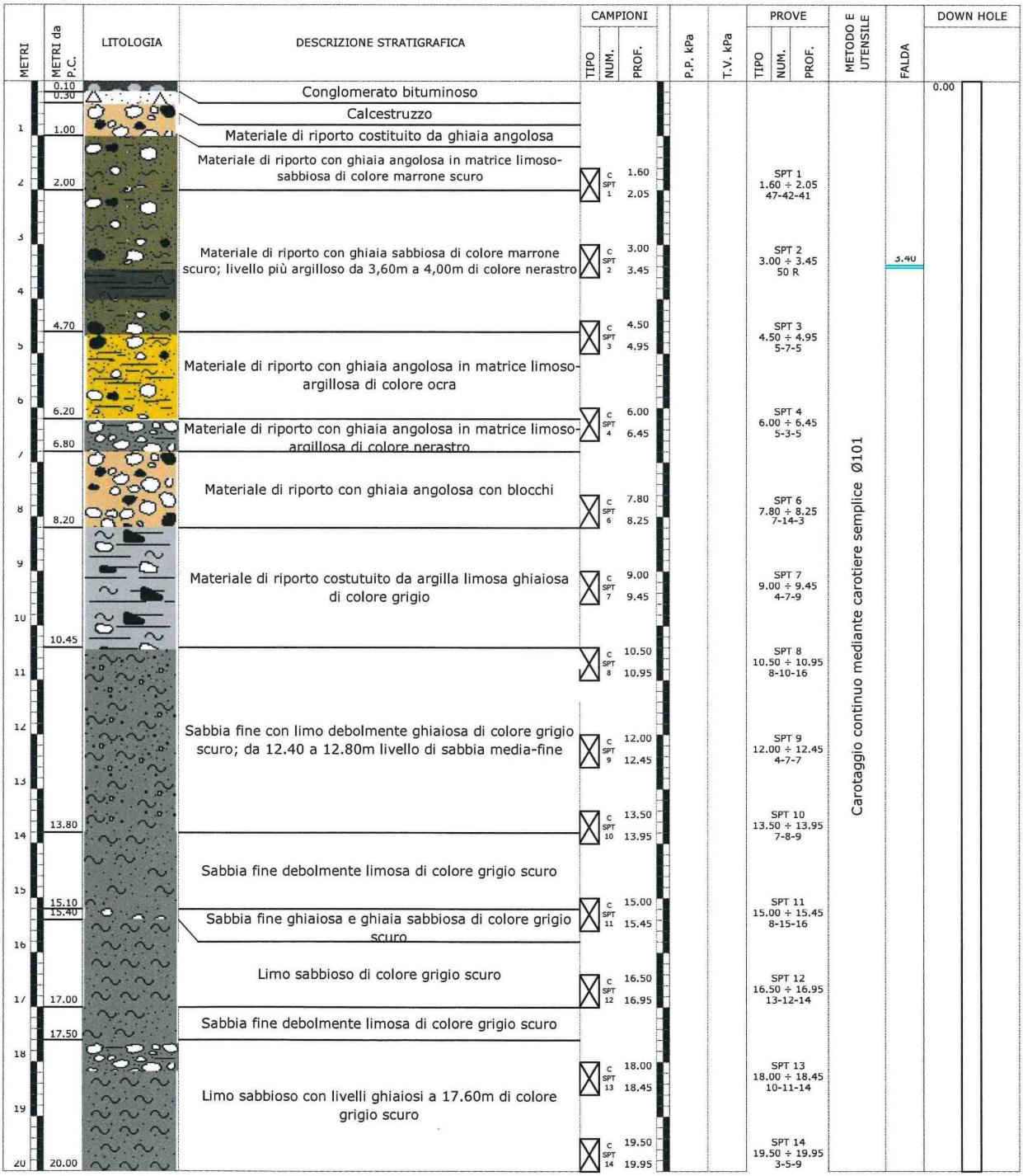
Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH2-DH C. SITO N°:
ESECUZIONE: 11-13/10/17 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI
PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 28.50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
Rimaneggiato L Lefranc
Ambientale V Vane Test



Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

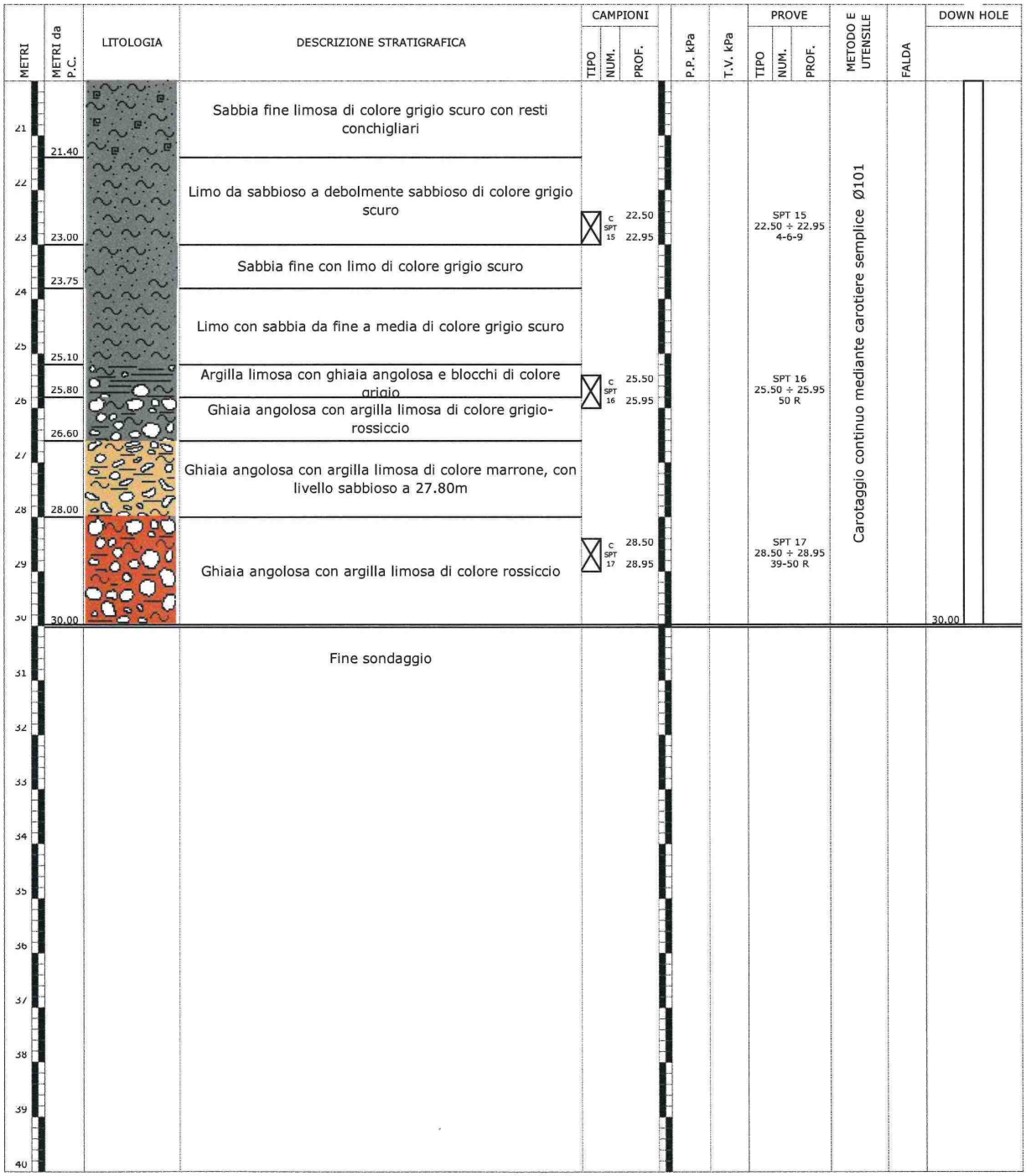
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001. Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH2-DH C. SITO N°:
ESECUZIONE: 11-13/10/17 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 28.50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
Rimaneggiato L Lefranc
Ambientale V Vane Test



Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH3 C. SITO N°:
ESECUZIONE: 04-05/10/17 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI
PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 28.50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
Rimaneggiato L Lefranc
Ambientale V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI TIPO	CAMPIONI NUM.	CAMPIONI PROF.	P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE TIPO	PROVE NUM.	PROVE PROF.	METODO E UTENSILE	FALDA
0	0.20		Conglomerato bituminoso										
1	1.00		Materiale di riporto con ghiaia, laterizi e calcestruzzo										
2			Materiale di riporto con ghiaia in matrice limoso-argillosa	C SPT	1	1.50 1.95					SPT 1 1.50 ÷ 1.95 16-28-30		
3				C SPT	2	3.00 3.45					SPT 2 3.00 ÷ 3.45 17-13-11		2.80
4	3.70		Materiale di riporto con ghiaia angolosa in matrice limoso-argillosa di colore rossastro. Blocco di cemento frantumato a circa 4.20m										
4	4.50			C SPT	3	4.50 4.95					SPT 3 4.50 ÷ 4.95 20-13-12		
5			Materiale di riporto con ghiaia angolosa in matrice limoso-sabbiosa di colore grigio										
6	6.00		Sabbia fine limosa grigia	C SPT	4	6.00 6.45					SPT 4 6.00 ÷ 6.45 2-3-6		
6	6.60		Argilla limosa ghiaiosa, con frammenti di laterizio, di colore marrone-grigiastro. Presente un blocco frantumato di argilla marnosa da 8.50 a 9.00 m	C SPT	5	7.50 7.95					SPT 5 7.50 ÷ 7.95 11-8-9		
9				C SPT	6	9.00 9.45					SPT 6 9.00 ÷ 9.45 7-14-11		
10				C SPT	7	10.50 10.95					SPT 7 10.50 ÷ 10.95 9-13-10		
11	10.70		Argilla limosa ghiaiosa di colore grigio scuro										
11	11.80		Sabbia medio-fine limosa, nerastra	C SPT	8	12.00 12.45					SPT 8 12.00 ÷ 12.45 3-6-11		
12	12.60		Limo sabbioso debolmente ghiaioso, nerastro										
13	13.50		Sabbia medio-grossa debolmente limosa, nerastra	C SPT	9	13.50 13.95					SPT 9 13.50 ÷ 13.95 5-14-14		
14	14.50		Limo sabbioso, nerastro										
15	15.20		Sabbia fine limosa nerastra	C SPT	10	15.00 15.45					SPT 10 15.00 ÷ 15.45 1-3-10		
15	15.80		Limo sabbioso, nerastro										
16	16.80		Sabbia fine limosa, grigio scuro	C SPT	11	16.50 16.95					SPT 11 16.50 ÷ 16.95 7-11-20		
17	17.50		Limo sabbioso con livelli di sabbia media, grigio scuro										
18				C SPT	12	18.00 18.45					SPT 12 18.00 ÷ 18.45 7-11-15		
19				C SPT	13	19.50 19.95					SPT 13 19.50 ÷ 19.95 9-12-17		
20	20.00											Carotaggio continuo mediante carotiere semplice Ø101	Foro non attrezzato richiuso con materiale di risulta e boiacca cementizia

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH3 C. SITO N°:
ESECUZIONE: 04-05/10/17 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI
PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 28.50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato | Rimaneggiato | Ambientale
S S.P.T | L Lefranc | V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI TIPO	CAMPIONI NUM.	CAMPIONI PROF.	P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE TIPO	PROVE NUM.	PROVE PROF.	METODO E UTENSILE	FALDA	
20	20.50		Sabbia medio-fine limosa, grigio scuro									Carotaggio continuo mediante carotiere semplice Ø101		Foro non attrezzato richiuso con materiale di risulta e boiacca cementizia
21	21.00		Limo debolmente argilloso, grigio scuro											
22			Limo sabbioso, grigio scuro											
23	22.70			C SPT	14	22.50 / 22.95			SPT	14	22.50 ÷ 22.95 11-13-18			
24			Sabbia fine limosa, grigio scuro											
25	24.50		Limo sabbioso debolmente argilloso di colore grigio scuro											
26	25.60			C SPT	15	25.50 / 25.95			SPT	15	25.50 ÷ 25.95 17-20-22			
27	27.00		Sabbia medio-fine limosa, grigio scuro											
28	27.50		Sabbia limoso-ghiaiosa, grigio scuro											
29	29.10		Argilla debolmente limosa con presenza di frustoli vegetali e inclusioni di zolfo	C SPT	16	28.50 / 28.95			SPT	16	28.50 ÷ 28.95 6-10-14			
30	30.00		Limo argilloso debolmente sabbioso con presenza di frustoli vegetali e inclusioni di zolfo											
31			Fine sondaggio											
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

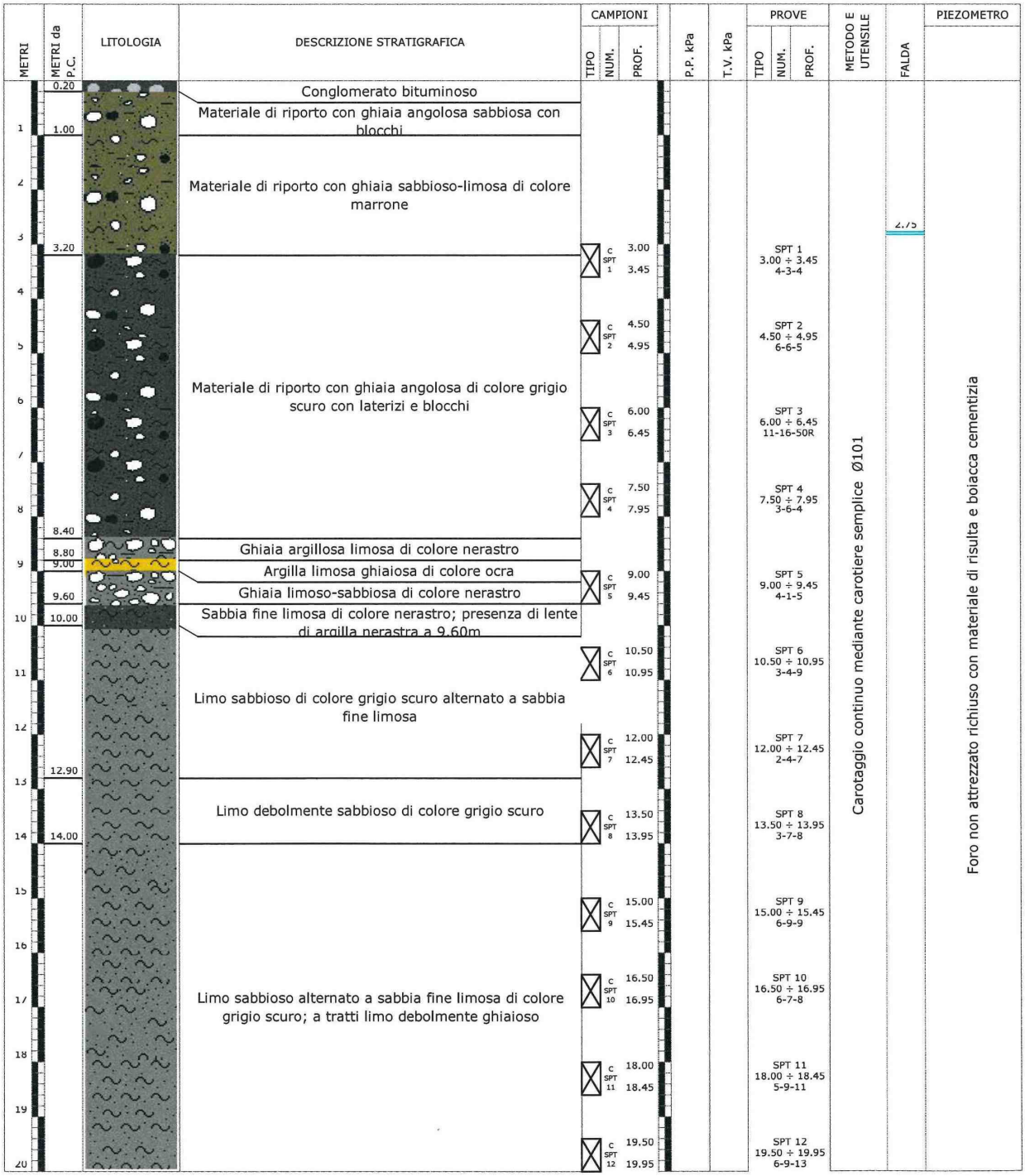
Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH4 C. SITO N°:
ESECUZIONE: 05-10/10/17 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI
PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 28.50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
Rimaneggiato L Lefranc
Ambientale V Vane Test



Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi s.r.l.
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti**
CANTIERE: Ex Ilva - Cornigliano (GE)
PERFORAZIONE: BH4 C. SITO N°:
ESECUZIONE: 05-10/10/17 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 17011/17 RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 28.50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
Rimaneggiato L Lefranc
Ambientale V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI TIPO	CAMPIONI NUM.	CAMPIONI PROF.	P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE TIPO	PROVE NUM.	PROVE PROF.	METODO E UTENSILE	FALDA	PIEZOMETRO
21	21.20			C SPT	13	21.00 21.45			SPT 13		21.00 ÷ 21.45 10-13-10	Carotaggio continuo mediante carotiere semplice Ø101		Foro non attrezzato richiuso con materiale di risulta e boiacca cementizia
22	22.00		Sabbia fine limosa con frammenti conchigliari											
	22.50		Sabbia da fine a grossa debolmente limosa di colore grigio scuro											
23			Limo da debolmente sabbioso a sabbioso di colore grigio scuro											
24	24.10			C SPT	14	24.00 24.45			SPT 14		24.00 ÷ 24.45 50R			
25														
26														
27			Argilla con frammenti di filladi, scisti e calcari scuri e noduli di calcite						SPT 15		27.00 ÷ 27.45 38-50R			
28														
29														
30									SPT 16		30.00 ÷ 30.45 43-50R			
31			Fine sondaggio											
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

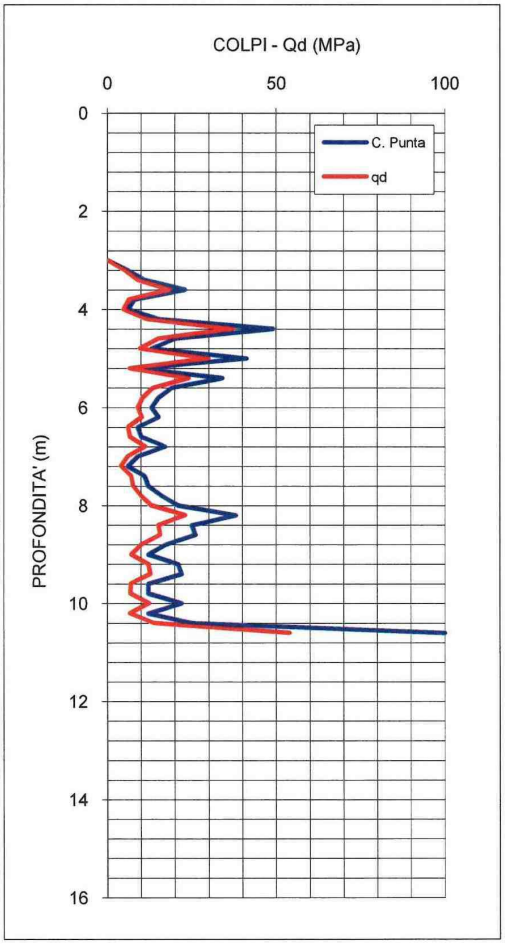
Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

elletipi
:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti				
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)				
PROVA:	P1	DATA:	24/10/17	FALDA:	3.00
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev.	00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	12		6.6
0.40				10.40	25		13.6
0.60				10.60	100		53.8
0.80				10.80			
1.00				11.00			
1.20				11.20			
1.40				11.40			
1.60		PREFORO		11.60			
1.80				11.80			
2.00				12.00			
2.20				12.20			
2.40				12.40			
2.60				12.60			
2.80				12.80			
3.00				13.00			
3.20	6		4.9	13.20			
3.40	11	1	8.9	13.40			
3.60	23	2	18.3	13.60			
3.80	8	3	6.3	13.80			
4.00	6	4	4.6	14.00			
4.20	15	9	11.5	14.20			
4.40	49	14	36.9	14.40			
4.60	20	13	14.9	14.60			
4.80	13	16	9.5	14.80			
5.00	41	32	29.7	15.00			
5.20	9	42	6.4	15.20			
5.40	34	27	24.1	15.40			
5.60	19	22	13.3	15.60			
5.80	15	18	10.4	15.80			
6.00	13	18	8.9	16.00			
6.20	15	18	10.1	16.20			
6.40	9	18	6.0	16.40			
6.60	10	19	6.6	16.60			
6.80	17	19	11.1	16.80			
7.00	9	18	5.8	17.00			
7.20	6	18	3.8	17.20			
7.40	11	19	6.9	17.40			
7.60	12	19	7.5	17.60			
7.80	16	20	9.9	17.80			
8.00	21	22	12.8	18.00			
8.20	38	26	23.0	18.20			
8.40	25	24	15.0	18.40			
8.60	26	24	15.4	18.60			
8.80	17	23	10.0	18.80			
9.00	12	23	7.0	19.00			
9.20	21	24	12.1	19.20			
9.40	22	25	12.5	19.40			
9.60	12		6.8	19.60			
9.80	12		6.7	19.80			
10.00	22		12.2	20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

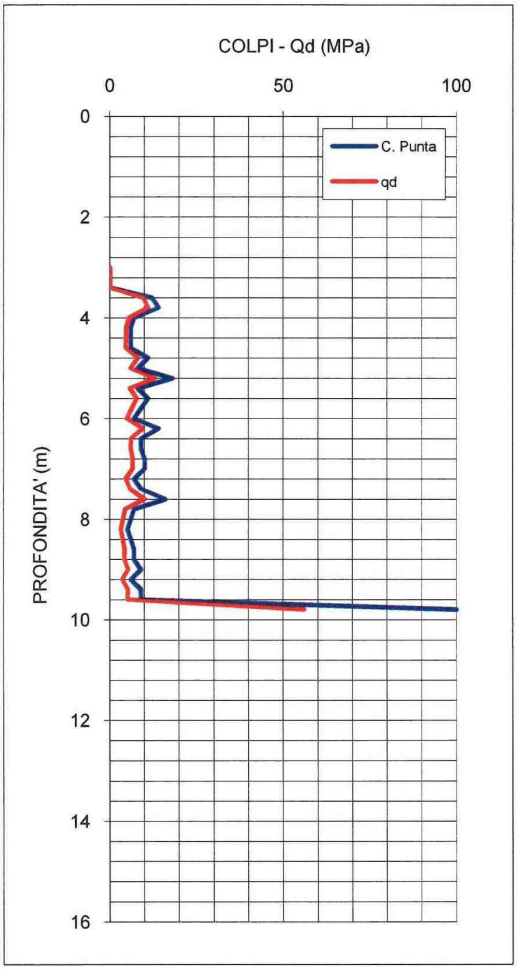
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi
:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti				
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)				
PROVA:	P2	DATA:	24/10/17	FALDA:	1.70
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev.	00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20			
0.40				10.40			
0.60				10.60			
0.80				10.80			
1.00				11.00			
1.20				11.20			
1.40				11.40			
1.60				11.60			
1.80		PREFORO		11.80			
2.00				12.00			
2.20				12.20			
2.40				12.40			
2.60				12.60			
2.80				12.80			
3.00				13.00			
3.20				13.20			
3.40				13.40			
3.60	12	1	9.5	13.60			
3.80	14	3	11.0	13.80			
4.00	7	5	5.4	14.00			
4.20	6	6	4.6	14.20			
4.40	6	6	4.5	14.40			
4.60	6	8	4.5	14.60			
4.80	11	10	8.1	14.80			
5.00	8	12	5.8	15.00			
5.20	18	13	12.9	15.20			
5.40	8	15	5.7	15.40			
5.60	11	14	7.7	15.60			
5.80	9	14	6.2	15.80			
6.00	7	13	4.8	16.00			
6.20	14	11	9.5	16.20			
6.40	9	13	6.0	16.40			
6.60	9	13	5.9	16.60			
6.80	10	13	6.5	16.80			
7.00	10	10	6.5	17.00			
7.20	7	10	4.5	17.20			
7.40	9	13	5.7	17.40			
7.60	16	14	10.0	17.60			
7.80	7	14	4.3	17.80			
8.00	6	13	3.7	18.00			
8.20	5	13	3.0	18.20			
8.40	6	14	3.6	18.40			
8.60	7		4.1	18.60			
8.80	7		4.1	18.80			
9.00	9		5.2	19.00			
9.20	6		3.5	19.20			
9.40	9		5.1	19.40			
9.60	9		5.1	19.60			
9.80	100		55.9	19.80			
10.00				20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

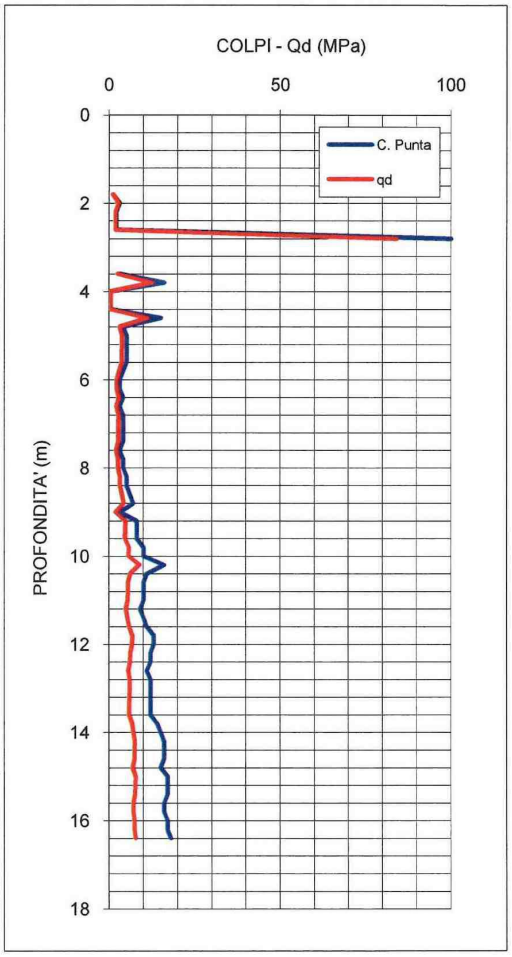
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti			
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)			
PROVA:	P3	DATA:	25/10/17	FALDA: 3.47
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	16		8.8
0.40				10.40	11		6.0
0.60				10.60	10		5.4
0.80		1° PREFORO		10.80	10		5.3
1.00				11.00	10		5.3
1.20				11.20	9		4.7
1.40				11.40	10		5.2
1.60				11.60	11		5.7
1.80	1		0.9	11.80	13		6.6
2.00	3		2.7	12.00	13		6.6
2.20	2		1.8	12.20	12		6.0
2.40	2		1.7	12.40	12		6.0
2.60	2		1.7	12.60	11		5.4
2.80	100		84.0	12.80	12		5.9
3.00				13.00	12		5.8
3.20		2° PREFORO		13.20	12		5.8
3.40				13.40	12		5.7
3.60	3		2.4	13.60	12		5.7
3.80	16		12.5	13.80	14		6.6
4.00	0.33		0.3	14.00	15		7.0
4.20	0.33		0.3	14.20	16		7.4
4.40	0.33		0.2	14.40	16		7.3
4.60	15	7	11.2	14.60	16		7.3
4.80	4	3	2.9	14.80	15		6.8
5.00	5	3	3.6	15.00	17		7.6
5.20	5	4	3.6	15.20	17		7.5
5.40	5	4	3.5	15.40	17		7.5
5.60	5	4	3.5	15.60	16		7.0
5.80	4	4	2.8	15.80	16		6.9
6.00	3	3	2.0	16.00	17		7.3
6.20	3	3	2.0	16.20	17		7.3
6.40	4	4	2.7	16.40	18		7.6
6.60	3	4	2.0	16.60			
6.80	4	4	2.6	16.80			
7.00	4	3	2.6	17.00			
7.20	4	4	2.6	17.20			
7.40	4	3	2.5	17.40			
7.60	3	4	1.9	17.60			
7.80	4	4	2.5	17.80			
8.00	4		2.4	18.00			
8.20	5		3.0	18.20			
8.40	5		3.0	18.40			
8.60	6		3.6	18.60			
8.80	7		4.1	18.80			
9.00	3		1.7	19.00			
9.20	8		4.6	19.20			
9.40	8		4.6	19.40			
9.60	8		4.5	19.60			
9.80	10		5.6	19.80			
10.00	10		5.5	20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

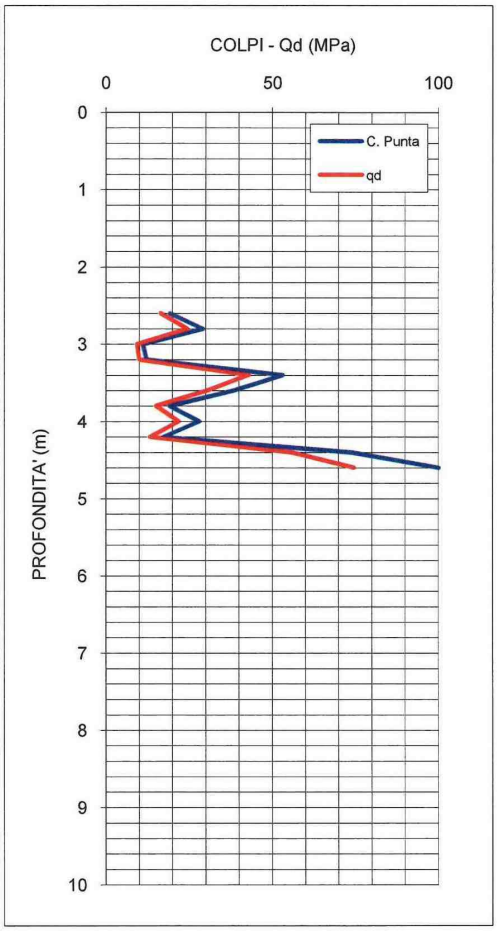
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti			
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)			
PROVA:	P4	DATA:	19/10/17	FALDA: 2.8
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20			
0.40				10.40			
0.60				10.60			
0.80				10.80			
1.00				11.00			
1.20		PREFORO		11.20			
1.40				11.40			
1.60				11.60			
1.80				11.80			
2.00				12.00			
2.20				12.20			
2.40				12.40			
2.60	19	5	16.2	12.60			
2.80	29	10	24.4	12.80			
3.00	11	11	9.1	13.00			
3.20	12	11	9.8	13.20			
3.40	53	36	42.7	13.40			
3.60	38		30.2	13.60			
3.80	19		14.9	13.80			
4.00	28		21.7	14.00			
4.20	17		13.0	14.20			
4.40	74		55.8	14.40			
4.60	100		74.4	14.60			
4.80				14.80			
5.00				15.00			
5.20				15.20			
5.40				15.40			
5.60				15.60			
5.80				15.80			
6.00				16.00			
6.20				16.20			
6.40				16.40			
6.60				16.60			
6.80				16.80			
7.00				17.00			
7.20				17.20			
7.40				17.40			
7.60				17.60			
7.80				17.80			
8.00				18.00			
8.20				18.20			
8.40				18.40			
8.60				18.60			
8.80				18.80			
9.00				19.00			
9.20				19.20			
9.40				19.40			
9.60				19.60			
9.80				19.80			
10.00				20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

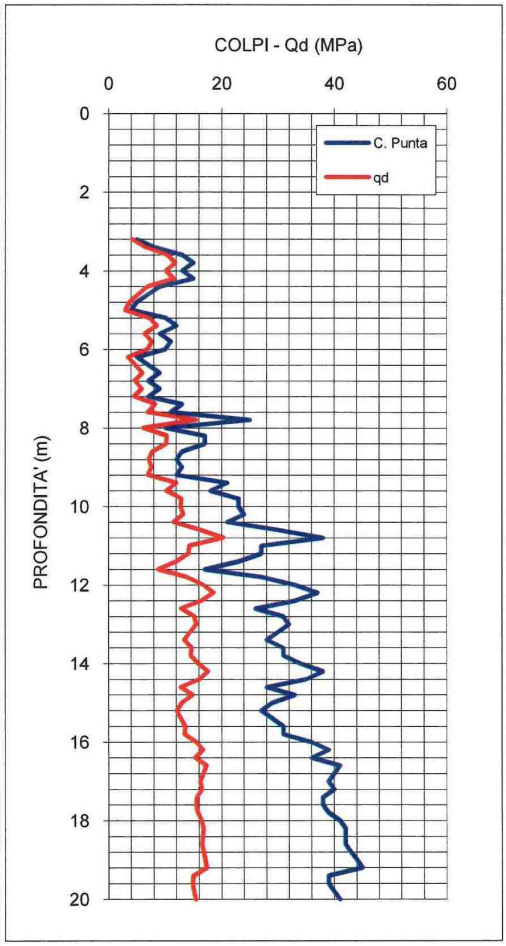
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi
ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti				
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)				
PROVA:	P5	DATA:	18/10/17	FALDA:	2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev.	00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	24	24	13.2
0.40				10.40	21	26	11.4
0.60				10.60	30	26	16.1
0.80				10.80	38	28	20.3
1.00				11.00	27	29	14.3
1.20				11.20	27	29	14.1
1.40				11.40	23	30	11.9
1.60		PREFORO		11.60	17	29	8.7
1.80				11.80	27	30	13.8
2.00				12.00	33	31	16.7
2.20				12.20	37	31	18.5
2.40				12.40	33	32	16.4
2.60				12.60	26	32	12.8
2.80				12.80	31	33	15.1
3.00				13.00	32	33	15.5
3.20	5	3	4.1	13.20	30	34	14.4
3.40	8	4	6.4	13.40	28	33	13.3
3.60	13	4	10.3	13.60	31	35	14.7
3.80	15	3	11.8	13.80	31	35	14.5
4.00	13	5	10.1	14.00	34	36	15.8
4.20	15	4	11.5	14.20	38	37	17.5
4.40	9	3	6.8	14.40	35	39	16.0
4.60	7	4	5.2	14.60	28	39	12.7
4.80	5	3	3.7	14.80	33	40	14.9
5.00	4	6	2.9	15.00	29	39	13.0
5.20	10	8	7.2	15.20	27	39	12.0
5.40	12	11	8.5	15.40	29	40	12.8
5.60	9	12	6.3	15.60	31	41	13.6
5.80	11	11	7.6	15.80	31	41	13.5
6.00	10	13	6.8	16.00	36	42	15.5
6.20	5	10	3.4	16.20	39	44	16.7
6.40	7	8	4.7	16.40	36	43	15.3
6.60	9	12	5.9	16.60	41	45	17.3
6.80	7	12	4.6	16.80	40	45	16.7
7.00	9	13	5.8	17.00	39	46	16.2
7.20	7	13	4.5	17.20	40	46	16.5
7.40	13	13	8.2	17.40	38	47	15.6
7.60	11	15	6.9	17.60	38	47	15.5
7.80	25	15	15.4	17.80	39	48	15.8
8.00	10	15	6.1	18.00	41	50	16.4
8.20	17	16	10.3	18.20	42	50	16.7
8.40	17	16	10.2	18.40	42	51	16.6
8.60	13	16	7.7	18.60	42		16.5
8.80	12	16	7.0	18.80	43		16.8
9.00	13	15	7.6	19.00	44		17.1
9.20	12	16	6.9	19.20	45		17.3
9.40	21	17	12.0	19.40	39		14.9
9.60	18	17	10.2	19.60	39		14.8
9.80	23	18	12.8	19.80	40		15.1
10.00	23	24	12.7	20.00	41		15.4



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

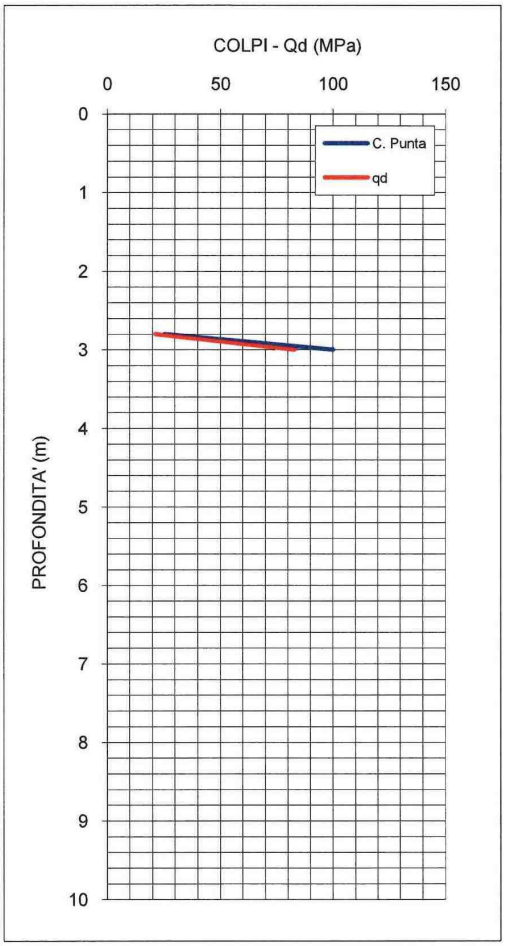
Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti			
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)			
PROVA:	P6	DATA:	19/10/17	FALDA: 2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20			
0.40				10.40			
0.60				10.60			
0.80				10.80			
1.00				11.00			
1.20				11.20			
1.40		PREFORO		11.40			
1.60				11.60			
1.80				11.80			
2.00				12.00			
2.20				12.20			
2.40				12.40			
2.60				12.60			
2.80	25	0	21.0	12.80			
3.00	100	0	82.8	13.00			
3.20				13.20			
3.40				13.40			
3.60				13.60			
3.80				13.80			
4.00				14.00			
4.20				14.20			
4.40				14.40			
4.60				14.60			
4.80				14.80			
5.00				15.00			
5.20				15.20			
5.40				15.40			
5.60				15.60			
5.80				15.80			
6.00				16.00			
6.20				16.20			
6.40				16.40			
6.60				16.60			
6.80				16.80			
7.00				17.00			
7.20				17.20			
7.40				17.40			
7.60				17.60			
7.80				17.80			
8.00				18.00			
8.20				18.20			
8.40				18.40			
8.60				18.60			
8.80				18.80			
9.00				19.00			
9.20				19.20			
9.40				19.40			
9.60				19.60			
9.80				19.80			
10.00				20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

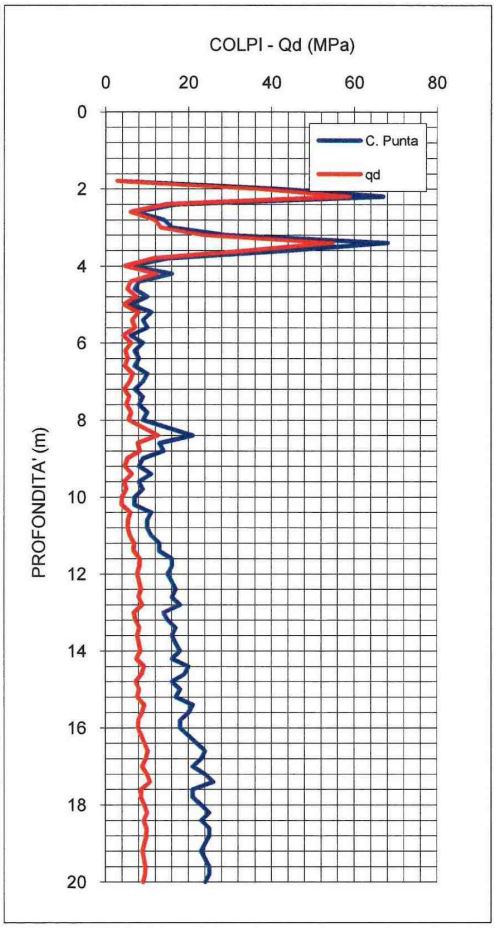
Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti			
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)			
PROVA:	P7	DATA:	18/10/17	FALDA: 2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	7	26	3.8
0.40				10.40	11	25	6.0
0.60				10.60	10	25	5.4
0.80	PREFORO			10.80	10	24	5.3
1.00				11.00	11	24	5.8
1.20				11.20	13	25	6.8
1.40				11.40	13	24	6.7
1.60				11.60	16	24	8.2
1.80	3	1	2.7	11.80	16	25	8.2
2.00	42	3	37.5	12.00	15	25	7.6
2.20	67	6	58.9	12.20	16	25	8.0
2.40	17	5	14.7	12.40	17	25	8.4
2.60	7	8	6.0	12.60	16	24	7.9
2.80	14	8	11.8	12.80	18	26	8.8
3.00	16	16	13.3	13.00	14	25	6.8
3.20	29	27	23.7	13.20	15	25	7.2
3.40	68	14	54.8	13.40	17	27	8.1
3.60	44	13	35.0	13.60	16	27	7.6
3.80	15	11	11.8	13.80	17	27	8.0
4.00	6	12	4.6	14.00	18	27	8.4
4.20	16	10	12.2	14.20	16	28	7.4
4.40	8	10	6.0	14.40	20	28	9.2
4.60	7	10	5.2	14.60	19	27	8.6
4.80	10	12	7.3	14.80	16	27	7.2
5.00	6	14	4.4	15.00	18	28	8.1
5.20	11	14	7.9	15.20	17	28	7.5
5.40	9	13	6.4	15.40	21	29	9.3
5.60	10	12	7.0	15.60	20	29	8.7
5.80	6	12	4.1	15.80	18	29	7.8
6.00	9	13	6.1	16.00	18	30	7.8
6.20	7	14	4.7	16.20	20	30	8.6
6.40	8	14	5.3	16.40	22	31	9.3
6.60	7	14	4.6	16.60	24	32	10.1
6.80	10	14	6.5	16.80	23	32	9.6
7.00	9	15	5.8	17.00	21	31	8.7
7.20	7	15	4.5	17.20	24	33	9.9
7.40	9	17	5.7	17.40	26	33	10.6
7.60	8	19	5.0	17.60	21	32	8.5
7.80	10	20	6.2	17.80	21	34	8.5
8.00	9	22	5.5	18.00	23	34	9.2
8.20	15	24	9.1	18.20	25	35	10.0
8.40	21	24	12.6	18.40	23	35	9.1
8.60	13	24	7.7	18.60	25		9.8
8.80	14	28	8.2	18.80	25		9.8
9.00	9	30	5.2	19.00	24		9.3
9.20	8	28	4.6	19.20	23		8.9
9.40	11	29	6.3	19.40	24		9.2
9.60	8	29	4.5	19.60	25		9.5
9.80	9	28	5.0	19.80	25		9.4
10.00	7	27	3.9	20.00	24		9.0



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

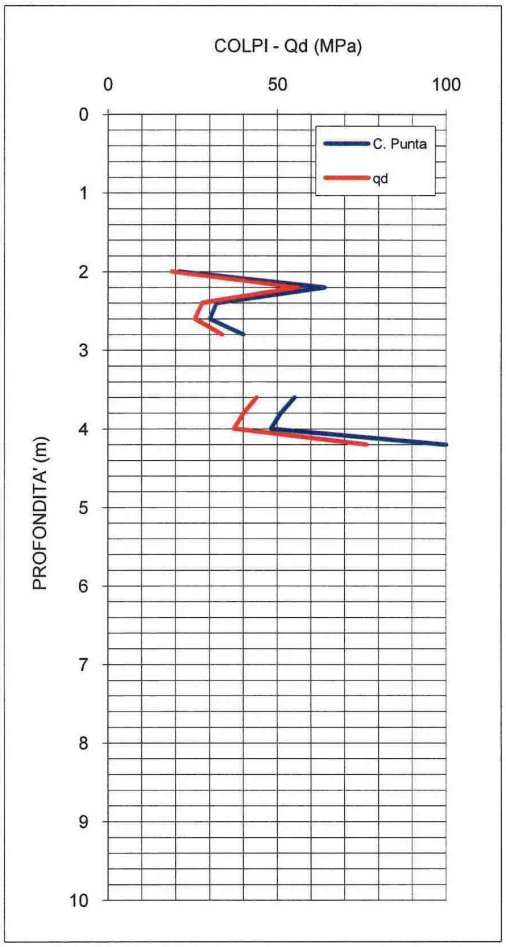
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti			
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)			
PROVA:	P8	DATA:	18/10/17	FALDA: 2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20			
0.40				10.40			
0.60		1° PREFORO		10.60			
0.80				10.80			
1.00				11.00			
1.20	46		43.7	11.20			
1.40	100		93.5	11.40			
1.60		2° PREFORO		11.60			
1.80				11.80			
2.00	21		18.7	12.00			
2.20	64		56.2	12.20			
2.40	32		27.7	12.40			
2.60	30		25.6	12.60			
2.80	40		33.6	12.80			
3.00	42		34.8	13.00			
3.20	42		34.3	13.20			
3.40	44		35.4	13.40			
3.60	55		43.7	13.60			
3.80	51		40.0	13.80			
4.00	48		37.1	14.00			
4.20	100		76.3	14.20			
4.40				14.40			
4.60				14.60			
4.80				14.80			
5.00				15.00			
5.20				15.20			
5.40				15.40			
5.60				15.60			
5.80				15.80			
6.00				16.00			
6.20				16.20			
6.40				16.40			
6.60				16.60			
6.80				16.80			
7.00				17.00			
7.20				17.20			
7.40				17.40			
7.60				17.60			
7.80				17.80			
8.00				18.00			
8.20				18.20			
8.40				18.40			
8.60				18.60			
8.80				18.80			
9.00				19.00			
9.20				19.20			
9.40				19.40			
9.60				19.60			
9.80				19.80			
10.00				20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

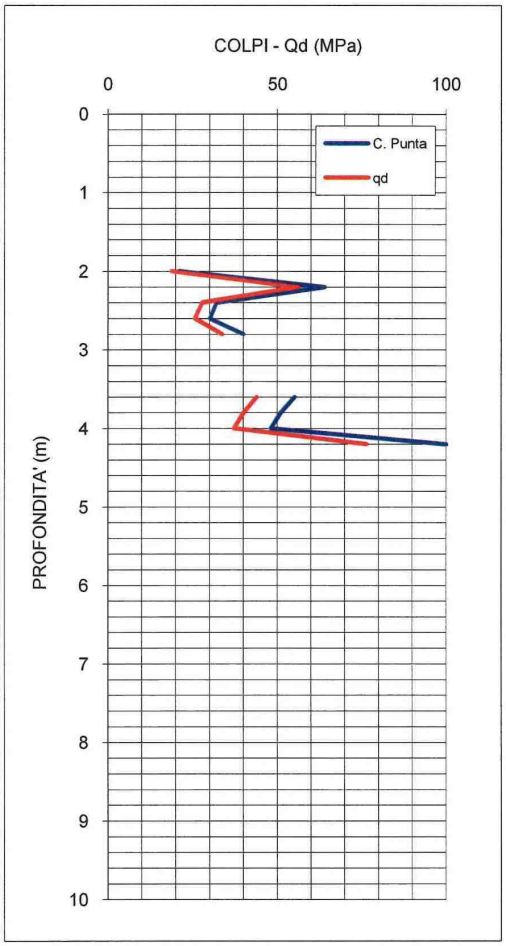
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi
:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti			
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)			
PROVA:	P8	DATA:	18/10/17	FALDA: 2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20			
0.40				10.40			
0.60		1° PREFORO		10.60			
0.80				10.80			
1.00				11.00			
1.20	46		43.7	11.20			
1.40	100		93.5	11.40			
1.60		2° PREFORO		11.60			
1.80				11.80			
2.00	21		18.7	12.00			
2.20	64		56.2	12.20			
2.40	32		27.7	12.40			
2.60	30		25.6	12.60			
2.80	40		33.6	12.80			
3.00	42		34.8	13.00			
3.20	42		34.3	13.20			
3.40	44		35.4	13.40			
3.60	55		43.7	13.60			
3.80	51		40.0	13.80			
4.00	48		37.1	14.00			
4.20	100		76.3	14.20			
4.40				14.40			
4.60				14.60			
4.80				14.80			
5.00				15.00			
5.20				15.20			
5.40				15.40			
5.60				15.60			
5.80				15.80			
6.00				16.00			
6.20				16.20			
6.40				16.40			
6.60				16.60			
6.80				16.80			
7.00				17.00			
7.20				17.20			
7.40				17.40			
7.60				17.60			
7.80				17.80			
8.00				18.00			
8.20				18.20			
8.40				18.40			
8.60				18.60			
8.80				18.80			
9.00				19.00			
9.20				19.20			
9.40				19.40			
9.60				19.60			
9.80				19.80			
10.00				20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

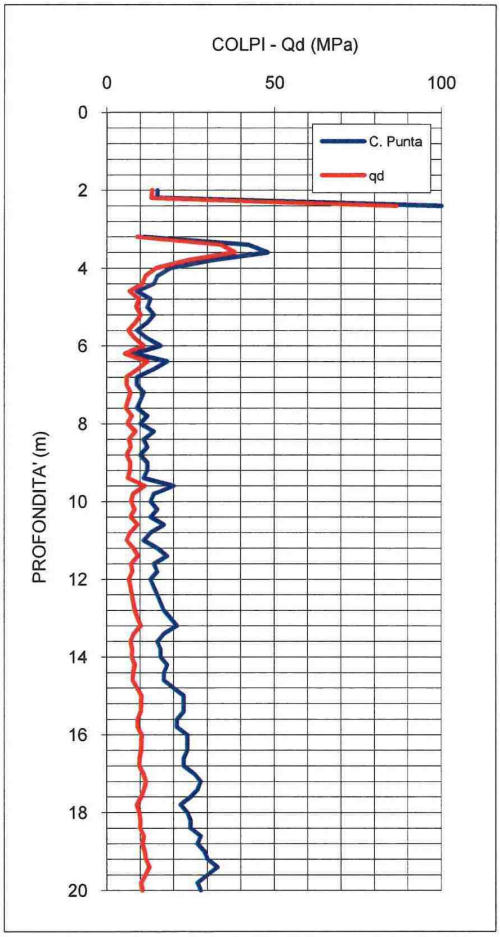
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti		
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)		
PROVA:	P9	DATA: 18/10/17	FALDA: 2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:	Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	15	24	8.2
0.40				10.40	13	24	7.1
0.60				10.60	17	23	9.1
0.80				10.80	13	25	6.9
1.00		1° PREFORO		11.00	11	24	5.8
1.20				11.20	15	23	7.9
1.40				11.40	18	24	9.3
1.60				11.60	14	25	7.2
1.80				11.80	15	25	7.6
2.00	15		13.4	12.00	13	25	6.6
2.20	15		13.2	12.20	14	26	7.0
2.40	100		86.5	12.40	15	26	7.5
2.60				12.60	16	26	7.9
2.80		2° PREFORO		12.80	17	26	8.3
3.00				13.00	19	27	9.2
3.20	11	4	9.0	13.20	21	28	10.1
3.40	42	9	33.8	13.40	17	27	8.1
3.60	48	4	38.1	13.60	15	28	7.1
3.80	31	5	24.3	13.80	16	28	7.5
4.00	19	10	14.7	14.00	16	29	7.4
4.20	15	8	11.5	14.20	18	29	8.3
4.40	14	10	10.5	14.40	17	29	7.8
4.60	9	13	6.7	14.60	17	30	7.7
4.80	13	16	9.5	14.80	20	30	9.0
5.00	12	15	8.7	15.00	23	31	10.3
5.20	14	15	10.0	15.20	23	31	10.2
5.40	12	12	8.5	15.40	23	32	10.1
5.60	9	14	6.3	15.60	21	32	9.2
5.80	12	17	8.3	15.80	21	32	9.1
6.00	16	17	10.9	16.00	24	34	10.3
6.20	8	18	5.4	16.20	24	33	10.3
6.40	18	15	12.0	16.40	24	33	10.2
6.60	14	20	9.2	16.60	23	34	9.7
6.80	9	24	5.9	16.80	23	35	9.6
7.00	9	24	5.8	17.00	26	36	10.8
7.20	11	20	7.0	17.20	28	36	11.5
7.40	10	22	6.3	17.40	27	36	11.1
7.60	9	23	5.6	17.60	25	37	10.2
7.80	12	22	7.4	17.80	22	37	8.9
8.00	10	23	6.1	18.00	24	38	9.6
8.20	14	23	8.5	18.20	25	38	10.0
8.40	11	23	6.6	18.40	25	39	9.9
8.60	12	22	7.1	18.60	28		11.0
8.80	10	22	5.9	18.80	27		10.5
9.00	12	22	7.0	19.00	29		11.2
9.20	12	23	6.9	19.20	30		11.6
9.40	11	22	6.3	19.40	33		12.6
9.60	20	21	11.3	19.60	30		11.4
9.80	14	24	7.8	19.80	27		10.2
10.00	13	23	7.2	20.00	28		10.5



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

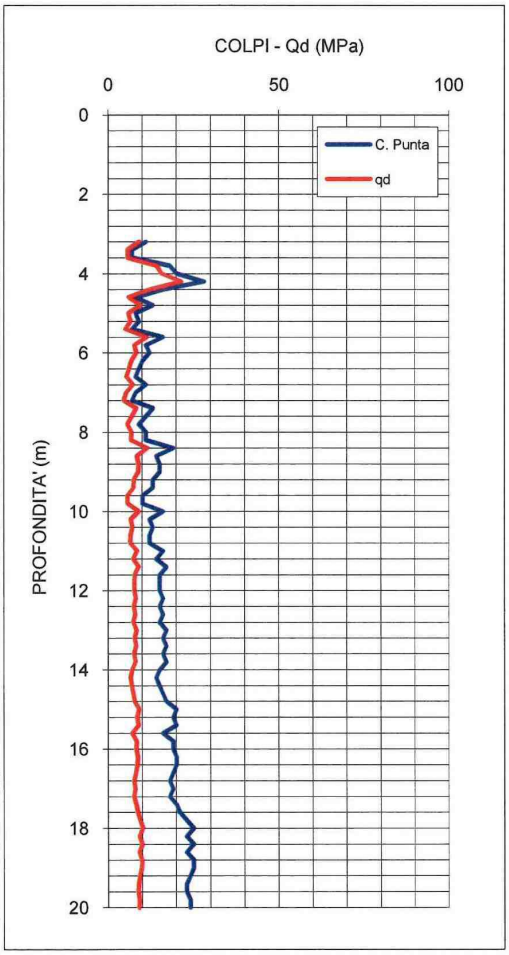
Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti			
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)			
PROVA:	P10	DATA:	18/10/17	FALDA: 2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	12	24	6.6
0.40				10.40	13	25	7.1
0.60				10.60	12	24	6.5
0.80				10.80	12	25	6.4
1.00				11.00	16	26	8.5
1.20				11.20	14	25	7.3
1.40				11.40	17	26	8.8
1.60		PREFORO		11.60	15	25	7.7
1.80				11.80	15	26	7.6
2.00				12.00	15	26	7.6
2.20				12.20	16	27	8.0
2.40				12.40	15	27	7.5
2.60				12.60	16	28	7.9
2.80				12.80	15	27	7.3
3.00				13.00	17	28	8.2
3.20	11	0	9.0	13.20	16	28	7.7
3.40	7	2	5.6	13.40	17	29	8.1
3.60	7	2	5.6	13.60	16	29	7.6
3.80	18	2	14.1	13.80	17	30	8.0
4.00	20	4	15.5	14.00	15	30	7.0
4.20	28	7	21.4	14.20	14	29	6.5
4.40	16	10	12.1	14.40	15	30	6.9
4.60	8	10	6.0	14.60	16	30	7.3
4.80	13	10	9.5	14.80	17	31	7.7
5.00	8	13	5.8	15.00	20	31	8.9
5.20	9	6	6.4	15.20	19	32	8.4
5.40	7	13	5.0	15.40	20	32	8.8
5.60	16	14	11.2	15.60	16	32	7.0
5.80	11	17	7.6	15.80	19	33	8.2
6.00	12	15	8.2	16.00	19	33	8.2
6.20	10	20	6.8	16.20	20	34	8.6
6.40	9	21	6.0	16.40	20	34	8.5
6.60	8	24	5.3	16.60	19	35	8.0
6.80	11	23	7.2	16.80	18	34	7.5
7.00	8	20	5.2	17.00	19	35	7.9
7.20	7	17	4.5	17.20	18	35	7.4
7.40	13	21	8.2	17.40	20	37	8.2
7.60	11	25	6.9	17.60	21	38	8.5
7.80	9	24	5.6	17.80	23	38	9.3
8.00	11	23	6.7	18.00	25	39	10.0
8.20	11	22	6.7	18.20	23	39	9.2
8.40	19	24	11.4	18.40	25	39	9.9
8.60	14	25	8.3	18.60	23		9.0
8.80	15	26	8.8	18.80	25		9.8
9.00	15	25	8.7	19.00	25		9.7
9.20	13	24	7.5	19.20	24		9.2
9.40	13	24	7.4	19.40	23		8.8
9.60	10	22	5.6	19.60	23		8.7
9.80	10	23	5.6	19.80	24		9.1
10.00	16	24	8.9	20.00	24		9.0



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

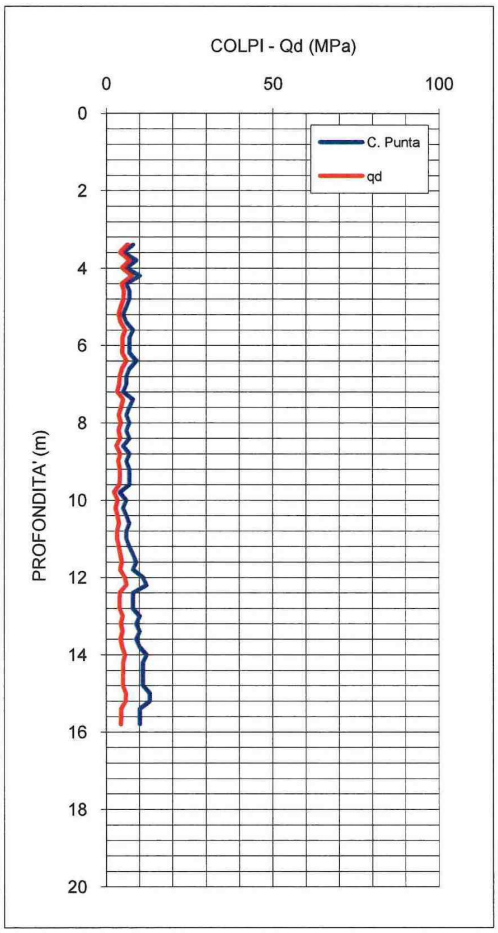
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi
:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti				
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)				
PROVA:	P11	DATA:	24/10/17	FALDA:	2.75
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev.	00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	5	6	2.7
0.40				10.40	6	6	3.3
0.60				10.60	7	7	3.8
0.80				10.80	6	7	3.2
1.00				11.00	6	7	3.2
1.20				11.20	7	8	3.7
1.40				11.40	8	10	4.2
1.60		PREFORO		11.60	9	10	4.6
1.80				11.80	8	10	4.1
2.00				12.00	11	12	5.6
2.20				12.20	12	13	6.0
2.40				12.40	8	10	4.0
2.60				12.60	8	13	3.9
2.80				12.80	8	12	3.9
3.00				13.00	10	12	4.8
3.20				13.20	9	13	4.3
3.40	8	2	6.4	13.40	10	13	4.8
3.60	5	3	4.0	13.60	9	14	4.3
3.80	9	4	7.1	13.80	10	14	4.7
4.00	6	6	4.6	14.00	12	15	5.6
4.20	10	6	7.6	14.20	11	15	5.1
4.40	6	5	4.5	14.40	11	15	5.0
4.60	7	5	5.2	14.60	11		5.0
4.80	7	4	5.1	14.80	11		5.0
5.00	6	3	4.4	15.00	13		5.8
5.20	5	3	3.6	15.20	13		5.8
5.40	6	2	4.2	15.40	10		4.4
5.60	8	3	5.6	15.60	10		4.4
5.80	7	3	4.8	15.80	10		4.3
6.00	7	3	4.8	16.00			
6.20	7	3	4.7	16.20			
6.40	9	3	6.0	16.40			
6.60	7	3	4.6	16.60			
6.80	6	3	3.9	16.80			
7.00	6	3	3.9	17.00			
7.20	5	4	3.2	17.20			
7.40	8	5	5.0	17.40			
7.60	7	4	4.4	17.60			
7.80	6	4	3.7	17.80			
8.00	7	4	4.3	18.00			
8.20	6	4	3.6	18.20			
8.40	7	4	4.2	18.40			
8.60	5	5	3.0	18.60			
8.80	7	5	4.1	18.80			
9.00	6	5	3.5	19.00			
9.20	7	5	4.0	19.20			
9.40	7	6	4.0	19.40			
9.60	7	6	3.9	19.60			
9.80	4	5	2.2	19.80			
10.00	6	6	3.3	20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

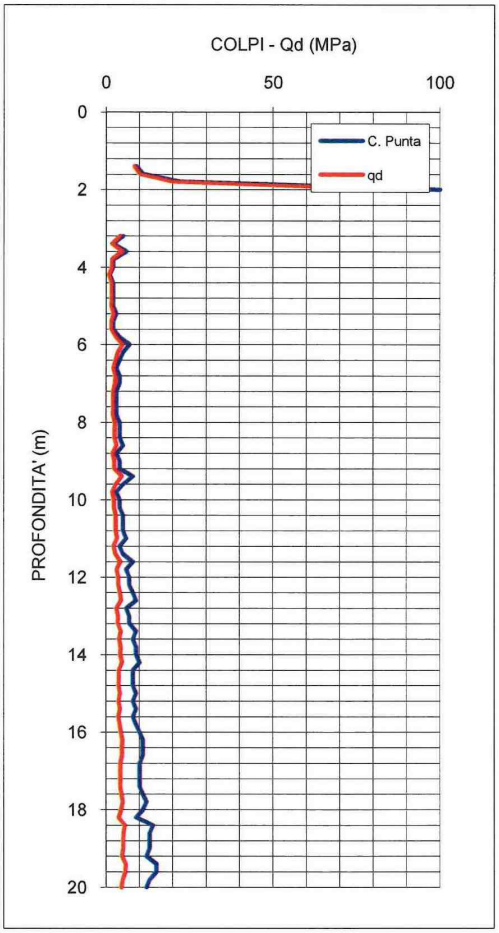
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi
:ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti				
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)				
PROVA:	P12	DATA:	17/10/17	FALDA:	3.30
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev.	00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	4	9	2.2
0.40				10.40	5	10	2.7
0.60		1° PREFORO		10.60	5	11	2.7
0.80				10.80	5	11	2.7
1.00				11.00	6	12	3.2
1.20				11.20	4	12	2.1
1.40	9		8.4	11.40	5	12	2.6
1.60	11		10.1	11.60	8	13	4.1
1.80	22		19.9	11.80	6	13	3.1
2.00	100		89.2	12.00	7	14	3.5
2.20				12.20	7	14	3.5
2.40				12.40	8	15	4.0
2.60		2° PREFORO		12.60	9	17	4.4
2.80				12.80	6	16	2.9
3.00				13.00	7	16	3.4
3.20	5	4	4.1	13.20	7	17	3.4
3.40	2	3	1.6	13.40	9	18	4.3
3.60	6	5	4.8	13.60	8	18	3.8
3.80	2	3	1.6	13.80	9	19	4.2
4.00	2	3	1.5	14.00	9	20	4.2
4.20	1	3	0.8	14.20	10	21	4.6
4.40	2	3	1.5	14.40	8	20	3.7
4.60	2	4	1.5	14.60	8	21	3.6
4.80	2	4	1.5	14.80	8	21	3.6
5.00	2	4	1.5	15.00	9	21	4.0
5.20	3	4	2.1	15.20	8	22	3.6
5.40	2	5	1.4	15.40	9	22	4.0
5.60	2	5	1.4	15.60	8	22	3.5
5.80	4	5	2.8	15.80	9	23	3.9
6.00	7	6	4.8	16.00	10	23	4.3
6.20	5	5	3.4	16.20	11	23	4.7
6.40	4	5	2.7	16.40	11	24	4.7
6.60	3	6	2.0	16.60	11	24	4.6
6.80	4	6	2.6	16.80	10	24	4.2
7.00	4	6	2.6	17.00	10	25	4.2
7.20	3	5	1.9	17.20	10	25	4.1
7.40	3	6	1.9	17.40	10	25	4.1
7.60	3	7	1.9	17.60	11	25	4.5
7.80	3	7	1.9	17.80	12	26	4.8
8.00	4	7	2.4	18.00	11	26	4.4
8.20	4	7	2.4	18.20	9	26	3.6
8.40	4	8	2.4	18.40	14	27	5.5
8.60	5	8	3.0	18.60	13		5.1
8.80	3	8	1.8	18.80	13		5.1
9.00	4	8	2.3	19.00	13		5.0
9.20	4	8	2.3	19.20	12		4.6
9.40	8	9	4.6	19.40	15		5.7
9.60	5	8	2.8	19.60	15		5.7
9.80	3	9	1.7	19.80	13		4.9
10.00	4	9	2.2	20.00	12		4.5



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

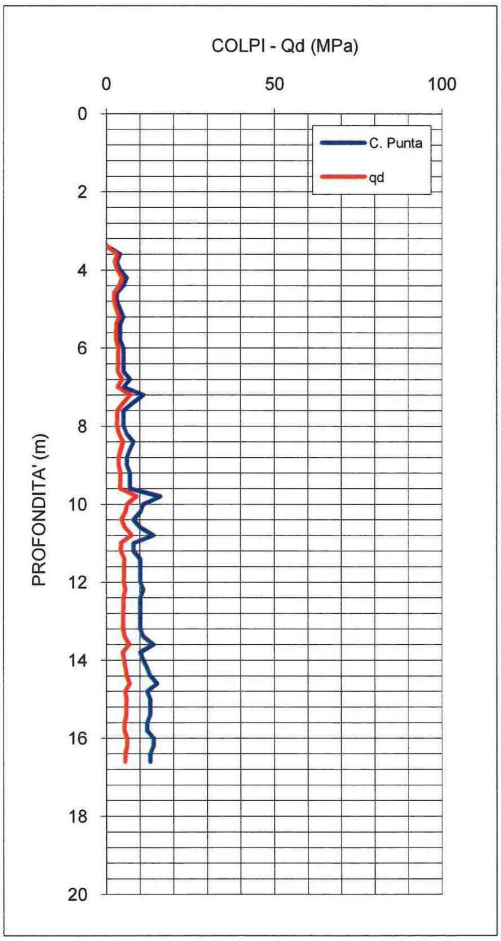
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi
:ipi s.r.l.
)perativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti				
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)				
PROVA:	P13	DATA:	23/10/17	FALDA:	3.30
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:		Rev.	00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	10	12	5.5
0.40				10.40	8	12	4.3
0.60				10.60	10	12	5.4
0.80				10.80	14	13	7.5
1.00				11.00	8	13	4.2
1.20				11.20	8	12	4.2
1.40				11.40	10	13	5.2
1.60				11.60	10	13	5.1
1.80		PREFORO		11.80	10	14	5.1
2.00				12.00	10	14	5.1
2.20				12.20	11	13	5.5
2.40				12.40	10	14	5.0
2.60				12.60	10	14	4.9
2.80				12.80	10	15	4.9
3.00				13.00	10	15	4.8
3.20				13.20	10	15	4.8
3.40				13.40	11	16	5.2
3.60	4	2	3.2	13.60	14	17	6.6
3.80	3	3	2.4	13.80	10	15	4.7
4.00	4	3	3.1	14.00	11	16	5.1
4.20	6	4	4.6	14.20	12	16	5.5
4.40	5	4	3.8	14.40	13	16	6.0
4.60	3	4	2.2	14.60	15	17	6.8
4.80	3	4	2.2	14.80	12	17	5.4
5.00	4	4	2.9	15.00	13	18	5.8
5.20	5	7	3.6	15.20	13	18	5.8
5.40	4	7	2.8	15.40	13	18	5.7
5.60	4	4	2.8	15.60	12		5.2
5.80	4	5	2.8	15.80	12		5.2
6.00	5	5	3.4	16.00	14		6.0
6.20	5	7	3.4	16.20	14		6.0
6.40	5	7	3.3	16.40	13		5.5
6.60	5	7	3.3	16.60	13		5.5
6.80	7	7	4.6	16.80			
7.00	5	7	3.2	17.00			
7.20	11	9	7.0	17.20			
7.40	8	13	5.0	17.40			
7.60	5	10	3.1	17.60			
7.80	5	8	3.1	17.80			
8.00	5	8	3.1	18.00			
8.20	6	8	3.6	18.20			
8.40	8	9	4.8	18.40			
8.60	7	9	4.1	18.60			
8.80	6	8	3.5	18.80			
9.00	6	9	3.5	19.00			
9.20	7	9	4.0	19.20			
9.40	7	9	4.0	19.40			
9.60	7	10	3.9	19.60			
9.80	16	13	8.9	19.80			
10.00	11	13	6.1	20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

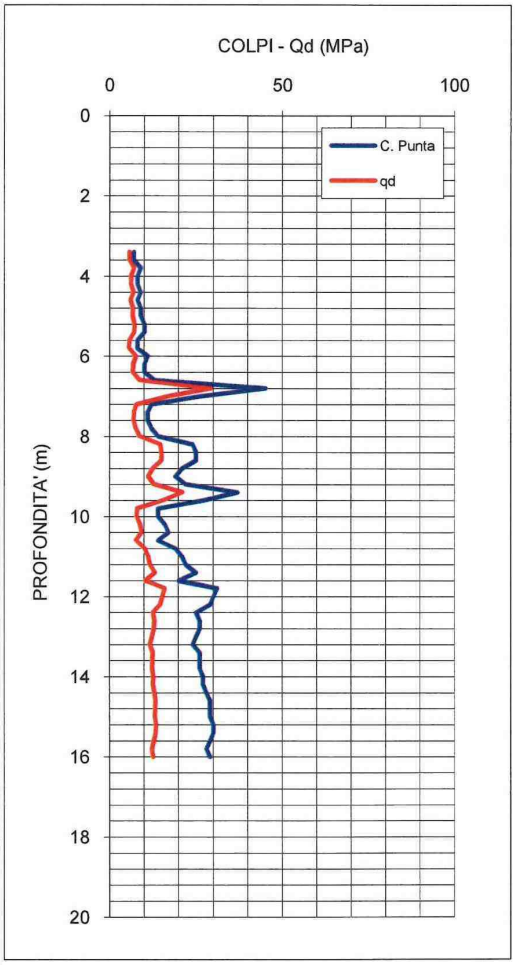
Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

elletipi
ipi s.r.l.
operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
32/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti		
CANTIERE:	Ex Ilva - Cornigliano (GE)		
PROVA:	P14	DATA: 20/10/2017	FALDA: 2.80
COMMESSA:	17011/17	C. SITO N°:	Rev. 00

PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*	PROF.	C. Punta	C. Riv.	qd*
0.20				10.20	16	21	8.8
0.40				10.40	17	21	9.2
0.60		1° PREFORO		10.60	14	21	7.5
0.80				10.80	19	23	10.1
1.00				11.00	21	24	11.1
1.20				11.20	22	24	11.5
1.40	100		93.5	11.40	25	26	13.0
1.60				11.60	20	26	10.3
1.80				11.80	31	28	15.8
2.00				12.00	30	29	15.2
2.20				12.20	29	29	14.5
2.40		2° PREFORO		12.40	25	28	12.4
2.60				12.60	26	29	12.8
2.80				12.80	26	30	12.7
3.00				13.00	25	29	12.1
3.20				13.20	24	31	11.5
3.40	7	1	5.6	13.40	26	31	12.4
3.60	7	2	5.6	13.60	26	32	12.3
3.80	9	2	7.1	13.80	26	33	12.2
4.00	8	2	6.2	14.00	27	33	12.6
4.20	8	2	6.1	14.20	27	33	12.5
4.40	9	2	6.8	14.40	28	35	12.8
4.60	8	2	6.0	14.60	29	35	13.2
4.80	9	3	6.6	14.80	29	36	13.1
5.00	9	3	6.5	15.00	29	37	13.0
5.20	10	3	7.2	15.20	30	37	13.3
5.40	10	4	7.1	15.40	30	37	13.2
5.60	8	3	5.6	15.60	29		12.7
5.80	8	4	5.5	15.80	28		12.2
6.00	11	9	7.5	16.00	29		12.5
6.20	10	7	6.8	16.20			
6.40	10	10	6.7	16.40			
6.60	13	14	8.6	16.60			
6.80	45	15	29.4	16.80			
7.00	26	17	16.8	17.00			
7.20	12	13	7.7	17.20			
7.40	11	14	6.9	17.40			
7.60	11	14	6.9	17.60			
7.80	12	15	7.4	17.80			
8.00	14	15	8.6	18.00			
8.20	24	17	14.5	18.20			
8.40	25	18	15.0	18.40			
8.60	25	20	14.8	18.60			
8.80	21	19	12.3	18.80			
9.00	19	19	11.0	19.00			
9.20	22	21	12.7	19.20			
9.40	37	24	21.1	19.40			
9.60	27	24	15.2	19.60			
9.80	14	20	7.8	19.80			
10.00	14	20	7.7	20.00			



CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MARCA e MODELLO	Pagani DPH		
MAGLIO:	63.5	kg	(M)
ALTEZZA CADUTA:	0.75	m	(H)
PESO TESTA:	0.5	kg	(M')
LUNGHEZZA ASTE	1.0	m	
PESO ASTE:	6.35	kg	(M')
DIAMETRO ASTE:	32	mm	
DIAMETRO PUNTA	50.5	mm	(A)
ANGOLO PUNTA:	60	°	

* q_d = (M/(M+M') * MgH/Ae) = MPa

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Tecnico SOA:
p.i. Riccardo Mazza

APPENDICE B

ANALISI FONDAZIONI DIRETTE
MODALITA' DI CALCOLO DELLA RESISTENZA

CONDIZIONE STATICA

La resistenza di calcolo R_c del complesso fondazione-terreno viene calcolata utilizzando l'espressione BRINCH-HANSEN (1970):

$$R_c = c*N_c*s_c*d_c*i_c*b_c*g_c + q'*N_q*s_q*d_q*i_q*b_q*g_q + 0,5*\gamma'_i*B'*N_\gamma*s_\gamma*i_\gamma*b_\gamma*g_\gamma*r_\gamma \qquad [1]$$

dove:

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di resistenza al taglio;

$N_c = (N_q-1)/\tan\varphi'$,

$N_q = \tan^2(45°+\varphi'/2)*e^{\pi*\tan\varphi'}$,

$N_\gamma = 2*(N_q+1)*\tan\varphi'$,

φ' = angolo di resistenza al taglio efficace,

c = coesione,

s = fattori di forma della fondazione,

i = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico,

b = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione α_{pf} ella base della fondazione,

g = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione α_{pc} del piano campagna,

d = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa,

$r_\gamma = 1-0,25*\log(B/2)$ = fattore di riduzione della R_c in funzione di B,

γ'_i = peso di volume efficace del terreno al disotto della fondazione,

$B' = B -2*e$,

B = lato minore della fondazione,

e = eccentricità del carico,

$q' = \gamma'_s*D_f$ = sovraccarico a lato della fondazione,

D_f = immorsamento della fondazione,

γ'_s = peso di volume efficace del terreno al disopra della fondazione.

Per tenere in conto la dipendenza dell'angolo dì resistenza al taglio dal livello tensionale il programma, su richiesta, considera quanto proposto da BOLTON (1986) secondo cui il valore dell'angolo d'attrito massimo (valore massimo φ'_p di picco) ed il valore ultimo (φ'_{cv}, valore minimo a volume costante) sono legati dall'espressione:

$$\varphi'_p - \varphi'_{cv} = m*[D_r*(10-\ln p'_f)-1]$$

dove:

D_r = densità relativa,

p'_f = pressione media efficace a rottura = $(p_{lim}+3*q')*(1-\text{sen}\varphi')/4$ (DE BEER - 1964).

Il calcolo della p_{lim} viene condotto iterativamente utilizzando il valore di φ'_{cv} fino a convergenza (φ'_3).

Nell'analisi agli S.L.E., la pressione di contatto fondazione-terreno p_{t_calc}, utilizzata per il calcolo del cedimento della fondazione, viene valutata introducendo il coefficiente F_s:

$$p_{t_calc} = R_c/F_s$$

Nel calcolo agli stati limiti ultimi (S.L.**U**.), la verifica per collasso dovuto al raggiungimento del carico limite dell'insieme fondazione-terreno deve soddisfare la condizione:

$$E_d <= R_d$$

dove E_d e R_d sono rispettivamente i valori di progetto dell'azione e della resistenza.

La R_d viene calcolata secondo il D.M. del 14/01/08:

Approccio 1 - Combinazione 1: $R_d = R_{c1}(\varphi, c)$

Approccio 1 - Combinazione 2: $R_d = 1/\gamma_{R2} * R_{c2}(\varphi_R, c_R)$

Approccio 2: $R_d = 1/\gamma_{R3} * R_{c1}(\varphi, c)$

Per $R_{c1}(\varphi, c)$ si è indicata la resistenza di calcolo più sopra trattata, per $R_{c2}(\varphi_R, c_R)$ la resistenza di calcolo valutata adottando i valori di φ e c ridotti secondo l'espressione:

$$\varphi_R = \arctan[\tan(\varphi)/\gamma_{M2}]$$

$$c_R = c/\gamma_{M2}$$

Sopra si è indicato con:

γ_{R2} = coefficiente parziale pari a 1,8 (tabella 6.4.I - D.M. 14/01/08),

γ_{R3} = coefficiente parziale pari a 2,3 (tabella 6.4.I - D.M. 14/01/08),

γ_{M2} = coefficiente parziale pari a 1,25 e 1,4 rispettivamente per terreno in condizione drenata e non drenata (tabella 6.2II - D.M. 14/01/08).

CONDIZIONE CON SISMA (ANALISI PSE**U**DO-STATICA)

In condizione sismica, nell'analisi pseudo-statica la resistenza R_c subisce una riduzione per l'effetto inerziale e cinematico.

La variazione viene portata in conto impiegando coefficienti correttivi come di seguito esposto.

. L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti *i* dell'espressione [1] in funzione del coefficiente sismico K_{hi} che influenza l'inclinazione del carico agente sul piano di posa della fondazione rispetto alla verticale.

. L'effetto cinematico modifica il solo fattore N_γ ad opera del coefficiente correttivo $e_{\gamma k}$.

Il coefficiente correttivo $e_{\gamma k}$ viene calcolato tramite il Metodo delle Caratteristiche secondo il quale risulta pari a:

$$e_{\gamma k} = [1 - K_{hk}/\tan(\varphi)]^{0,45}.$$

Il valore del coefficiente di accelerazione sismico orizzontale del terreno K_{hk} è valutato con l'espressione:

$$K_{hk} = \beta_s * a_{max}/g$$

β_s = coefficiente di riduzione della accelerazione a_{max} attesa al sito e assume i valori riportati nella tabella 7.11.1 in funzione di a_g e della categoria di sottosuolo,

a_g [g] = accelerazione orizzontale massima del terreno in funzione del tempo di ritorno T_R,

g = accelerazione di gravità.

L'accelerazione a_{max} attesa al sito è valutata tramite l'espressione:

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

S_s = cefficiente di amplificazione stratigrafica funzione di F_0, di a_g e della categoria di sottosuolo,

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

S_T = coeff. d'amplificazione topografica funzione della categoria topografica (cfr. tab. 3.2.VI delle NTC).
Oltre a quanto sopra la R_c viene valutata considerando la riduzione del peso di volume γ che in condizioni pseudo-statiche può essere assunto pari a:

$$\gamma^* = \alpha_\gamma * \gamma$$

$\alpha_\gamma = [(1-K_v)^2 + K_h^2]^{0,5}$
$K_v = 0,5\ K_h$,
K_{hk} = già definito sopra.

Sulla base di quanto sopra, il calcolo di R_c viene eseguito facendo riferimento ai valori di T_R prefissati e dell'accelerazione a_g dedotta dalla classificazione sismica. Non essendo nota a priori l'inclinazione del carico agente sul piano di posa della fondazione, la R_c viene valutata per differenti valori di *i* . La R_c da assumere nelle verifiche GEO sarà quindi definita in una successiva fase del progetto, noto il valore di *i* .

Pretratt. Area A; Ispess.; Ultrafiltr.; Ed. Servizi; Pretatt Area B

DATI DI INPUT

Geotecnica

Strato n°	φ [gradi]	c [kPa]	D_r [%]	γ_i [kN/m^3]	N_{SPT} [/]	m [/]	Q_l [m]
1	26,0	0,0	35,0	19,0	7	450,0	11,5
2	27,5	0,0	45,0	19,0	12	500,0	16,5
3	29,0	0,0	55,0	19,0	18	700,0	19,0
4	28,0	0,0	50,0	19,0	15	600,0	300,0
γ_s	18,0						
n	0,50						
ν	0,35						
Q_w	2,0	Quota livello acqua sotterranea [m]					

Geometrie FONDAZIONI ISOLATE

Calcolo n°	B [m]	L [m]	Q_{pc} [m]	Q_{pci} [m]	Q_f [m]	α_{pf} [gradi]	α_{pc} [gradi]
1	15,00	30,00	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
2	13,80	40,60	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
3	55,00	44,00	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
4	20,00	44,00	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
5	11,50	15,30	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0

Carichi

Calcolo n°	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1	1,0	0,0	0,0
2	1,0	0,0	0,0
3	1,0	0,0	0,0
4	1,0	0,0	0,0
5	1,0	0,0	0,0

Generali

Spess. strato deformabile [m]:	50,0
Tipo di carico:	statico
Tempo [anni]	50,0
Cedimento ammiss. w_{amm} [cm]:	2,5
Terreno:	**G**/S-**G**
Coefficiente F_s:	3,0
α (cfr. sotto):	1,5
E_{OCR}/E_{NC} (E = modulo di Young)	2,0

a_g [g]:	0,157
F_0:	2,431
T^*_c:	0,276
Tipo suolo:	B
Categoria topografia T:	T1

NB. Il singolo parametro geotecnico P introdotto nei calcoli (φ, m, N_{SPT}, D_r) rappresenta il valore medio ponderale dei parametri dei singoli strati, entro lo spessore α*B di terreno significativamente interessato dalla fondazione, calcolato utilizzando l'espressione generica:

$$P = (\Sigma i\ P_i * \Delta H_i)/(\alpha * B)$$

P_i = generico parametro relativo allo strato iesimo,

ΔH_i = spessore terreno con associato il parametro P_i.

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA IN CONDIZIONI STATICHE

Parametri

B [m]	φ_1 [gradi]	φ_2 [gradi]	φ_3 [gradi]	c [kPa]	γ_i [kN/m^3]
15,00	27,0	27,0	27,0	0,0	10,5
13,80	27,0	27,0	27,0	0,0	10,6
55,00	27,7	27,7	27,7	0,0	10,1
20,00	27,3	27,3	27,3	0,0	10,4
11,50	26,7	26,7	26,7	0,0	10,7

Il calcolo è eseguito senza decurtazione di Fi secondo BOLTON

Coefficienti

Calcolo n°	1	2	3	4	5	
N_c	24,01	23,87	25,30	24,44	23,40	
s_c	1,28	1,19	1,71	1,25	1,41	$s_c=1+N_q/N_c*B'/L$ (ISOL.); sc=1 (NASTR.)
d_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$d_c=d_q-(1-d_q)/(N_c*\tan\varphi)$
i_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	ic = iq - (1-iq)/(Nq-1)
b_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$b_c=b_q-(1-b_q)/(N_c*\tan\varphi)$
g_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$g_c=g_q-(1-g_q)/(N_c*\tan\alpha_{pc})$
γ_i'	10,52	10,57	10,14	10,39	10,68	
N_γ	14,55	14,38	16,09	15,06	13,83	
s_γ	0,80	0,86	0,50	0,82	0,70	$s_\gamma=1-0,4*B/L$
i_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$i_\gamma=[1-(T/(N+B'*L*c/\tan\varphi)]^{(m+1)}$
b_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$b_\gamma=(1-\alpha_{pf}*\tan\varphi)^2$
g_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$g_\gamma=(1-\tan\alpha_{pc})^2$
q'	12,60	12,60	12,60	12,60	12,60	
N_q	13,26	13,14	14,30	13,61	12,76	
s_q	1,26	1,17	1,66	1,23	1,38	$s_q=1+B/L*\tan\varphi$
d_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$d_q=1+2*\tan\varphi*(1-\text{sen}\varphi)^2*\tan^{-1}(D/B)$ per (+) D/B>=1
i_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$i_q=[1-T/(N+B'*L*c/\tan\varphi)]^m$ m=(2+B'*L)/(1+B'/L)
b_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$b_q=(1-\alpha_{pf}*\tan\varphi)^2$
g_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$g_q=(1-\tan\alpha_{pc})^2$
r_γ	0,78	0,79	0,64	0,75	0,81	

(+) $d_q=1+2*D/B*\tan\varphi*(1-\text{sen}\varphi)^2$ (D/B<1)

Risultati

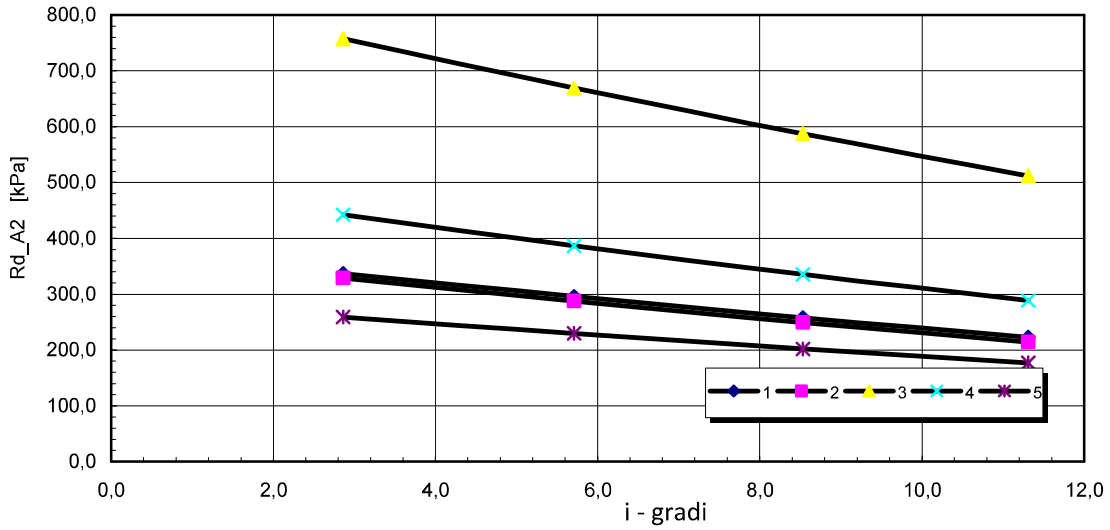
			S.L.U.		
			A1-c1	A1-c2	A2
Calcolo n°	R_{c1} [kPa]	R_{c2} [kPa]	R_D [kPa]	R_D [kPa]	R_D [kPa]
1	927,3	483,3	927,3	268,5	403,2
2	909,9	475,6	909,9	264,2	395,6
3	1735,5	876,9	1735,5	487,2	754,6
4	1172,1	604,1	1172,1	335,6	509,6
5	702,7	371,8	702,7	206,6	305,5

A1-c1 = Appr. 1 Comb. 1
A1-c2 = Appr. 1 Comb. 2
A2 = Appr. 2

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA IN PRESENZA DI SISMA

Calcolo n.	i	i_q	i_γ	$e_{\gamma k}$	R_c	$R_{D_A1.C1}$	$R_{D_A1.C2}$	R_{D_A2}
	gradi	[/]	[/]	[/]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	2,86	0,92	0,87	0,96	**775,7**	**775,7**	**223,3**	**337,3**
	5,71	0,84	0,76	0,96	**680,6**	**680,6**	**196,2**	**295,9**
	8,53	0,76	0,65	0,96	**593,1**	**593,1**	**171,3**	**257,9**
	11,31	0,69	0,55	0,96	**512,9**	**512,9**	**148,4**	**223,0**
2	2,86	0,91	0,87	0,96	**757,1**	**757,1**	**218,6**	**329,2**
	5,71	0,83	0,75	0,96	**660,9**	**660,9**	**191,1**	**287,4**
	8,53	0,75	0,64	0,96	**572,8**	**572,8**	**165,9**	**249,1**
	11,31	0,68	0,54	0,96	**492,6**	**492,6**	**142,9**	**214,2**
3	2,86	0,93	0,88	0,96	**1741,7**	**1741,7**	**407,6**	**757,2**
	5,71	0,86	0,77	0,96	**1539,2**	**1539,2**	**361,1**	**669,2**
	8,53	0,79	0,67	0,96	**1351,4**	**1351,4**	**317,9**	**587,6**
	11,31	0,72	0,58	0,96	**1177,7**	**1177,7**	**277,9**	**512,0**
4	2,86	0,92	0,87	0,96	**1017,7**	**1017,7**	**277,5**	**442,5**
	5,71	0,84	0,75	0,96	**889,2**	**889,2**	**242,9**	**386,6**
	8,53	0,76	0,65	0,96	**771,3**	**771,3**	**211,1**	**335,4**
	11,31	0,69	0,55	0,96	**663,7**	**663,7**	**182,1**	**288,6**
5	2,86	0,92	0,88	0,96	**595,5**	**595,5**	**174,2**	**258,9**
	5,71	0,85	0,76	0,96	**527,9**	**527,9**	**154,7**	**229,5**
	8,53	0,77	0,66	0,96	**465,1**	**465,1**	**136,5**	**202,2**
	11,31	0,70	0,56	0,96	**406,9**	**406,9**	**119,7**	**176,9**

S_s = 1,20	S_T = 1,00	$a_{max}[m/s^2]$= 1,85	β_s = 0,24
K_h = 0,05	K_v = 0,02	α_γ = 0,98	



CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO

Commitente	IRETI S.P.A.
Cantiere	GENOVA
n° lavoro	L046-17
Osservazioni	PRETRATTAMENTI - AREA A

DATI d'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO		
coefficiente di Skempton	A =	0,40
coefficiente pressione a riposo:	k_0 =	0,50
coefficiente correttivo β=A+α*(1-A) (Skempton, Bjerrum):	β =	0,70
coefficiente di Poisson	ν =	0,30
$\alpha = \Delta\sigma_{hci} / \Delta\sigma_{hci}$	α =	0,50
peso di volume del terreno sotto la fondazione [kN/m^3]:	γ_i =	19,00
peso di volume del terreno sopra la fondazione [kN/m^3]:	γ_s =	19,00
peso di volume acqua [kN/m^3]:	γ_w =	10,00
quota livello acqua sotterranea [m]:	Q_w =	2,00

Litologia terreni				
quota sup. [m]	quota inf. [m]	granulometria	E_{UL-RL}/E_{cv}	
0,0	7,0	sabbia grossa/ghiaia	2	
7,0	11,5	sabbia grossa/ghiaia	2	
11,50	16,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
16,50	19,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
19,00	23,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
23,50	300,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
			/	
			/	
			/	
			/	

Caratteristiche di deformabilità terreni granulari

Il modulo elastico E relativo ai terreni granulari è assunto pari a $E = m*(p_c/p_0)^n$ dove
$p_c=\sigma_{v'}*k_0+\sigma_h$ (σ_v=pressione di contenimento, σ_h=incremento dovuto al sovraccarico),
m è il gradiente di E.

Caratteristiche di deformabilità terreni fini

quota sup. [m]	quota inf. [m]	OCR	C_c	C_r	c_v [m^2/s]

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE E OPZIONI	
lato minore area di carico [m]:	15,0
lato maggiore area di carico [m]:	30,0
pressione trasmessa al terreno [kPa]:	160,0
quota del piano di campagna [m]:	0,0
quota del piano di calpestio [m]:	0,0
quota del piano dell'area di carico [m]:	0,70
grado di consolidaz. pressione di rigonfiam. alla ricarica (terreni fini) [%]:	99,0
intervallo di suddivisione Δx [m]:	0,5

RISULTATI DEI CALCOLI

z = profondità media strato da z.r.,
N_c = numero colpi corretto col fattore $C_N = (98.1./\sigma_v)^{.5}$
D_r = densità relativa,
σ_{vt} = pressione geostatica verticale,
σ_{ht} = pressione geostatica orizzontale (a riposo),
σ_{vc} = incremento pressione verticale dovuto al sovraccarico,
σ_{hc} = incremento pressione orizzontale dovuto al sovraccarico,
m = gradiente del modulo elastico E
E_{cv} = modulo elastico verticale (curva vergine),
E_{UL-RL} = modulo elastico verticale di ricarico/scarico,

C'_c, C'_r = rapporti di compressibilità/ricompressione edometrica,
σ_0 = pressione di sovraconsolidazione,
σ_1 = $\sigma_{vc} - \sigma_2$,
σ_2 = pressione terreno sbancato,
w_{rigonf} = rigonfiamento,
w = cedimento risultante.

Formule generali calcolo cedimento wi dello strato iesimo

$w_i = \sigma_{vc}/E^*\Delta H_i$ terreni granulari

$w_i = \beta^*C'_{c-r}^*[\log(\sigma_{vc} + \sigma_{vt})/\sigma_{vt}]^*\Delta H_i$ terreni fini

Formula generale per il calcolo del tempo t_i di consolidazione

$t_i = T_i * \Delta H^2/c_v$ T_i = fattore di tempo

ΔH = percorso di drenaggio

SULLO SPIGOLO

z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	40,0	39,3	400,0	27803,1	28046,6	/	/	/	36,7	3,3	0,01	**0,07**
1,45	/	/	27,6	13,8	40,0	37,9	400,0	28745,1	32909,8	/	/	/	36,7	3,3	0,01	**0,07**
1,95	/	/	37,1	18,5	40,0	36,5	400,0	29659,2	37142,1	/	/	/	36,7			**0,07**
2,45	/	/	42,1	21,0	40,0	35,1	400,0	29954,1	39141,8	/	/	/	36,6			**0,07**
2,95	/	/	46,6	23,3	39,9	33,7	400,0	30184,5	40849,9	/	/	/	36,6			**0,06**
3,45	/	/	51,1	25,5	39,9	32,3	400,0	30418,6	42490,8	/	/	/	36,6			**0,06**
3,95	/	/	55,6	27,8	39,8	31,0	400,0	30657,6	44072,1	/	/	/	36,5			**0,06**
4,45	/	/	60,1	30,0	39,7	29,7	400,0	30902,1	45600,3	/	/	/	36,4			**0,06**
4,95	/	/	64,6	32,3	39,6	28,4	400,0	31153,0	47080,7	/	/	/	36,3			**0,06**
5,45	/	/	69,1	34,5	39,5	27,1	400,0	31410,6	48517,8	/	/	/	36,2			**0,06**
5,95	/	/	73,6	36,8	39,3	25,9	400,0	31675,4	49915,6	/	/	/	36,1			**0,06**
6,45	/	/	78,1	39,0	39,1	24,8	400,0	31947,7	51277,2	/	/	/	35,9			**0,06**
6,95	/	/	82,6	41,3	38,9	23,6	400,0	32227,6	52605,7	/	/	/	35,7			**0,06**
7,45	/	/	87,1	43,5	38,7	22,6	550,0	44708,4	74117,2	/	/	/	35,5			**0,04**
7,95	/	/	91,6	45,8	38,4	21,5	550,0	45114,2	75862,4	/	/	/	35,2			**0,04**
8,45	/	/	96,1	48,0	38,1	20,5	550,0	45530,1	77571,0	/	/	/	34,9			**0,04**
8,95	/	/	100,6	50,3	37,8	19,5	550,0	45956,0	79245,4	/	/	/	34,7			**0,04**
9,45	/	/	105,05	52,53	37,45	18,62	550,00	46391,30	80887,65	/	/	/	34,3			**0,04**
9,95	/	/	109,55	54,78	37,09	17,74	550,00	46835,60	82499,72	/	/	/	34,0			**0,04**
10,45	/	/	114,05	57,03	36,71	16,90	550,00	47288,39	84083,26	/	/	/	33,7			**0,04**
10,95	/	/	118,55	59,28	36,31	16,10	550,00	47749,10	85639,78	/	/	/	33,3			**0,04**
11,45	/	/	123,05	61,53	35,90	15,33	550,00	48217,17	87170,68	/	/	/	32,9			**0,04**
11,95	/	/	127,55	63,78	35,47	14,60	500,00	44265,46	80615,64	/	/	/	32,5			**0,04**
12,45	/	/	132,05	66,03	35,04	13,91	500,00	44702,75	81964,10	/	/	/	32,1			**0,04**
12,95	/	/	136,55	68,28	34,59	13,25	500,00	45145,12	83292,42	/	/	/	31,7			**0,04**
13,45	/	/	141,05	70,53	34,13	12,62	500,00	45592,07	84601,46	/	/	/	31,3			**0,04**
13,95	/	/	145,55	72,78	33,66	12,02	500,00	46043,08	85892,06	/	/	/	30,9			**0,04**
14,45	/	/	150,05	75,03	33,19	11,46	500,00	46497,68	87164,96	/	/	/	30,4			**0,03**
14,95	/	/	154,55	77,28	32,71	10,92	500,00	46955,40	88420,87	/	/	/	30,0			**0,03**
15,45	/	/	159,05	79,53	32,23	10,41	500,00	47415,81	89660,44	/	/	/	29,6			**0,03**
15,95	/	/	163,55	81,78	31,75	9,92	500,00	47878,50	90884,28	/	/	/	29,1			**0,03**
16,45	/	/	168,05	84,03	31,26	9,46	500,00	48343,07	92092,95	/	/	/	28,7			**0,03**
16,95	/	/	172,55	86,28	30,78	9,02	700,00	68332,83	130601,81	/	/	/	28,2			**0,02**
17,45	/	/	177,05	88,53	30,30	8,60	700,00	68987,02	132253,71	/	/	/	27,8			**0,02**
17,95	/	/	181,55	90,78	29,81	8,21	700,00	69642,44	133886,51	/	/	/	27,3			**0,02**
18,45	/	/	186,05	93,03	29,33	7,83	700,00	70298,67	135500,82	/	/	/	26,9			**0,02**
18,95	/	/	190,55	95,28	28,86	7,47	700,00	70955,34	137097,25	/	/	/	26,5			**0,02**
19,45	/	/	195,05	97,53	28,38	7,13	400,00	40921,20	79243,63	/	/	/	26,0			**0,03**
19,95	/	/	199,55	99,78	27,91	6,81	400,00	41296,37	80136,38	/	/	/	25,6			**0,03**
20,45	/	/	204,05	102,03	27,45	6,51	400,00	41671,24	81019,82	/	/	/	25,2			**0,03**
20,95	/	/	208,55	104,28	26,99	6,21	400,00	42045,66	81894,22	/	/	/	24,7			**0,03**
21,45	/	/	213,05	106,53	26,53	5,94	400,00	42419,50	82759,85	/	/	/	24,3			**0,03**
21,95	/	/	217,55	108,78	26,08	5,68	400,00	42792,63	83616,95	/	/	/	23,9			**0,03**
22,45	/	/	222,05	111,03	25,63	5,43	400,00	43164,93	84465,76	/	/	/	23,5			**0,03**
22,95	/	/	226,55	113,28	25,20	5,19	400,00	43536,31	85306,51	/	/	/	23,1			**0,03**
23,45	/	/	231,05	115,53	24,76	4,96	400,00	43906,66	86139,41	/	/	/	22,7			**0,03**
23,95	/	/	235,55	117,78	24,34	4,75	800,00	88551,81	173929,36	/	/	/	22,3			**0,01**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MINORE

z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	80,0	77,4	400,0	37181,0	31452,3	/	/	/	73,3	6,6	0,01	**0,11**
1,45	/	/	27,6	13,8	80,0	72,2	400,0	37082,1	35574,3	/	/	/	73,3	6,6	0,01	**0,11**
1,95	/	/	37,1	18,5	79,8	67,1	400,0	37006,7	39273,5	/	/	/	73,2	6,6	0,01	**0,11**
2,45	/	/	42,1	21,0	79,6	62,1	400,0	36478,8	40941,5	/	/	/	73,0	6,6	0,01	**0,11**
2,95	/	/	46,6	23,3	79,2	57,4	400,0	35938,2	42370,0	/	/	/	72,6	6,6	0,01	**0,11**
3,45	/	/	51,1	25,5	78,6	53,0	400,0	35449,6	43768,2	/	/	/	72,0	6,5	0,01	**0,11**
3,95	/	/	55,6	27,8	77,7	48,9	400,0	35021,1	45140,2	/	/	/	71,3	6,5	0,01	**0,11**
4,45	/	/	60,1	30,0	76,7	45,0	400,0	34657,7	46489,3	/	/	/	70,4	6,4	0,01	**0,11**
4,95	/	/	64,6	32,3	75,6	41,5	400,0	34361,7	47817,2	/	/	/	69,3			**0,11**
5,45	/	/	69,1	34,5	74,2	38,3	400,0	34133,0	49125,5	/	/	/	68,1			**0,11**
5,95	/	/	73,6	36,8	72,8	35,3	400,0	33969,8	50414,7	/	/	/	66,7			**0,10**
6,45	/	/	78,1	39,0	71,2	32,7	400,0	33868,6	51685,5	/	/	/	65,3			**0,10**
6,95	/	/	82,6	41,3	69,6	30,2	400,0	33825,1	52938,1	/	/	/	63,8			**0,10**
7,45	/	/	87,1	43,5	67,9	28,0	550,0	46522,7	74487,6	/	/	/	62,3			**0,07**
7,95	/	/	91,6	45,8	66,2	26,0	550,0	46601,9	76160,8	/	/	/	60,7			**0,07**
8,45	/	/	96,1	48,0	64,5	24,2	550,0	46740,3	77809,9	/	/	/	59,1			**0,07**
8,95	/	/	100,6	50,3	62,8	22,5	550,0	46931,3	79435,2	/	/	/	57,5			**0,06**
9,45	/	/	105,1	52,5	61,1	21,0	550,0	47168,8	81037,0	/	/	/	56,0			**0,06**
9,95	/	/	109,6	54,8	59,4	19,6	550,0	47447,2	82615,8	/	/	/	54,4			**0,06**
10,45	/	/	114,1	57,0	57,7	18,4	550,0	47761,3	84172,1	/	/	/	52,9			**0,06**
10,95	/	/	118,6	59,3	56,1	17,2	550,0	48106,6	85706,3	/	/	/	51,5			**0,06**
11,45	/	/	123,1	61,5	54,6	16,2	550,0	48478,8	87218,9	/	/	/	50,0			**0,05**
11,95	/	/	127,6	63,8	53,1	15,2	500,0	44431,4	80646,0	/	/	/	48,6			**0,06**
12,45	/	/	132,1	66,0	51,6	14,3	500,0	44809,4	81983,5	/	/	/	47,3			**0,06**
12,95	/	/	136,6	68,3	50,2	13,5	500,0	45203,3	83302,9	/	/	/	46,0			**0,05**
13,45	/	/	141,1	70,5	48,8	12,7	500,0	45610,7	84604,8	/	/	/	44,7			**0,05**
13,95	/	/	145,6	72,8	47,5	12,0	500,0	46029,6	85889,7	/	/	/	43,5			**0,05**
14,45	/	/	150,1	75,0	46,2	11,3	500,0	46458,5	87158,0	/	/	/	42,4			**0,05**
14,95	/	/	154,6	77,3	45,0	10,7	500,0	46895,7	88410,3	/	/	/	41,2			**0,05**
15,45	/	/	159,1	79,5	43,8	10,1	500,0	47339,9	89647,1	/	/	/	40,1			**0,04**
15,95	/	/	163,6	81,8	42,6	9,6	500,0	47790,1	90868,8	/	/	/	39,1			**0,04**
16,45	/	/	168,1	84,0	41,5	9,1	500,0	48245,1	92075,9	/	/	/	38,1			**0,04**
16,95	/	/	172,6	86,3	40,4	8,6	700,0	68185,8	130576,3	/	/	/	37,1			**0,03**
17,45	/	/	177,1	88,5	39,4	8,2	700,0	68833,0	132227,0	/	/	/	36,1			**0,03**
17,95	/	/	181,6	90,8	38,4	7,8	700,0	69483,7	133859,1	/	/	/	35,2			**0,03**
18,45	/	/	186,1	93,0	37,5	7,4	700,0	70137,2	135473,0	/	/	/	34,3			**0,03**
18,95	/	/	190,6	95,3	36,5	7,0	700,0	70792,7	137069,3	/	/	/	33,5			**0,02**
19,45	/	/	195,1	97,5	35,6	6,7	400,0	40828,3	79227,7	/	/	/	32,7			**0,04**
19,95	/	/	199,6	99,8	34,8	6,3	400,0	41204,1	80120,6	/	/	/	31,9			**0,04**
20,45	/	/	204,1	102,0	33,9	6,0	400,0	41580,1	81004,3	/	/	/	31,1			**0,04**
20,95	/	/	208,6	104,3	33,1	5,7	400,0	41956,0	81878,9	/	/	/	30,4			**0,04**
21,45	/	/	213,1	106,5	32,3	5,5	400,0	42331,7	82744,9	/	/	/	29,7			**0,04**
21,95	/	/	217,6	108,8	31,6	5,2	400,0	42706,8	83602,4	/	/	/	29,0			**0,04**
22,45	/	/	222,1	111,0	30,9	5,0	400,0	43081,3	84451,6	/	/	/	28,3			**0,03**
22,95	/	/	226,6	113,3	30,2	4,7	400,0	43454,9	85292,7	/	/	/	27,6			**0,03**
23,45	/	/	231,1	115,5	29,5	4,5	400,0	43827,6	86126,0	/	/	/	27,0			**0,03**
23,95	/	/	235,6	117,8	28,8	4,3	800,0	88398,6	173903,4	/	/	/	26,4			**0,02**
24,45	/	/	240,1	120,0	28,2	4,1	800,0	89139,6	175539,9	/	/	/	25,8			**0,02**
24,95	/	/	244,6	122,3	27,5	3,9	800,0	89878,1	177161,9	/	/	/	25,2			**0,01**
25,45	/	/	249,1	124,5	26,9	3,8	800,0	90614,0	178769,8	/	/	/	24,7			**0,01**
25,95	/	/	253,6	126,8	26,3	3,6	800,0	91347,1	180363,8	/	/	/	24,2			**0,01**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MAGGIORE																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	80,0	78,2	400,0	37357,7	31521,8	/	/	/	73,3	6,6	0,01	**0,11**
1,45	/	/	27,6	13,8	80,0	74,6	400,0	37604,8	35756,3	/	/	/	73,3	6,6	0,01	**0,11**
1,95	/	/	37,1	18,5	80,0	71,0	400,0	37855,5	39541,5	/	/	/	73,3	6,6	0,01	**0,11**
2,45	/	/	42,1	21,0	79,9	67,5	400,0	37637,9	41288,9	/	/	/	73,3	6,6	0,01	**0,11**
2,95	/	/	46,6	23,3	79,8	64,0	400,0	37377,5	42782,1	/	/	/	73,2	6,6	0,01	**0,11**
3,45	/	/	51,1	25,5	79,6	60,6	400,0	37130,4	44229,1	/	/	/	73,0	6,6	0,01	**0,11**
3,95	/	/	55,6	27,8	79,4	57,3	400,0	36899,6	45635,1	/	/	/	72,8	6,6	0,01	**0,11**
4,45	/	/	60,1	30,0	79,1	54,1	400,0	36687,9	47004,4	/	/	/	72,6	6,6	0,01	**0,11**
4,95	/	/	64,6	32,3	78,8	51,0	400,0	36497,8	48340,6	/	/	/	72,2	6,5	0,01	**0,11**
5,45	/	/	69,1	34,5	78,3	48,0	400,0	36331,4	49646,9	/	/	/	71,8			**0,11**
5,95	/	/	73,6	36,8	77,8	45,1	400,0	36190,5	50925,9	/	/	/	71,3			**0,10**
6,45	/	/	78,1	39,0	77,2	42,3	400,0	36076,4	52179,9	/	/	/	70,8			**0,10**
6,95	/	/	82,6	41,3	76,5	39,7	400,0	35990,1	53410,7	/	/	/	70,1			**0,10**
7,45	/	/	87,1	43,5	75,7	37,2	550,0	49406,7	75102,5	/	/	/	69,4			**0,07**
7,95	/	/	91,6	45,8	74,8	34,8	550,0	49366,4	76737,7	/	/	/	68,6			**0,07**
8,45	/	/	96,1	48,0	73,9	32,5	550,0	49365,3	78347,1	/	/	/	67,8			**0,07**
8,95	/	/	100,6	50,3	72,9	30,4	550,0	49402,8	79931,9	/	/	/	66,9			**0,07**
9,45	/	/	105,1	52,5	71,9	28,4	550,0	49478,2	81493,6	/	/	/	65,9			**0,07**
9,95	/	/	109,6	54,8	70,8	26,5	550,0	49590,0	83033,2	/	/	/	64,9			**0,07**
10,45	/	/	114,1	57,0	69,6	24,8	550,0	49736,9	84551,7	/	/	/	63,8			**0,07**
10,95	/	/	118,6	59,3	68,4	23,1	550,0	49917,2	86049,9	/	/	/	62,7			**0,07**
11,45	/	/	123,1	61,5	67,2	21,5	550,0	50129,0	87528,5	/	/	/	61,6			**0,06**
11,95	/	/	127,6	63,8	65,9	20,1	500,0	45791,4	80898,5	/	/	/	60,4			**0,07**
12,45	/	/	132,1	66,0	64,6	18,7	500,0	46036,1	82209,1	/	/	/	59,3			**0,07**
12,95	/	/	136,6	68,3	63,3	17,5	500,0	46304,2	83503,7	/	/	/	58,1			**0,07**
13,45	/	/	141,1	70,5	62,0	16,3	500,0	46593,8	84782,7	/	/	/	56,9			**0,06**
13,95	/	/	145,6	72,8	60,7	15,2	500,0	46903,3	86046,7	/	/	/	55,6			**0,06**
14,45	/	/	150,1	75,0	59,4	14,2	500,0	47230,8	87295,9	/	/	/	54,4			**0,06**
14,95	/	/	154,6	77,3	58,0	13,3	500,0	47574,8	88530,9	/	/	/	53,2			**0,06**
15,45	/	/	159,1	79,5	56,7	12,4	500,0	47933,7	89752,0	/	/	/	52,0			**0,06**
15,95	/	/	163,6	81,8	55,4	11,6	500,0	48305,9	90959,5	/	/	/	50,8			**0,06**
16,45	/	/	168,1	84,0	54,1	10,8	500,0	48690,2	92153,7	/	/	/	49,6			**0,05**
16,95	/	/	172,6	86,3	52,8	10,1	700,0	68719,2	130669,2	/	/	/	48,5			**0,04**
17,45	/	/	177,1	88,5	51,6	9,4	700,0	69285,4	132305,6	/	/	/	47,3			**0,04**
17,95	/	/	181,6	90,8	50,3	8,8	700,0	69863,4	133924,8	/	/	/	46,2			**0,03**
18,45	/	/	186,1	93,0	49,1	8,3	700,0	70451,5	135527,2	/	/	/	45,0			**0,03**
18,95	/	/	190,6	95,3	47,9	7,7	700,0	71048,7	137113,3	/	/	/	43,9			**0,03**
19,45	/	/	195,1	97,5	46,7	7,3	400,0	40944,8	79247,7	/	/	/	42,9			**0,05**
19,95	/	/	199,6	99,8	45,6	6,8	400,0	41294,2	80136,0	/	/	/	41,8			**0,05**
20,45	/	/	204,1	102,0	44,5	6,4	400,0	41646,8	81015,6	/	/	/	40,8			**0,05**
20,95	/	/	208,6	104,3	43,4	6,0	400,0	42002,0	81886,8	/	/	/	39,8			**0,05**
21,45	/	/	213,1	106,5	42,3	5,6	400,0	42359,4	82749,6	/	/	/	38,8			**0,05**
21,95	/	/	217,6	108,8	41,2	5,3	400,0	42718,5	83604,3	/	/	/	37,8			**0,05**
22,45	/	/	222,1	111,0	40,2	5,0	400,0	43079,0	84451,2	/	/	/	36,9			**0,04**
22,95	/	/	226,6	113,3	39,2	4,7	400,0	43440,4	85290,3	/	/	/	36,0			**0,04**
23,45	/	/	231,1	115,5	38,3	4,4	400,0	43802,6	86121,8	/	/	/	35,1			**0,04**
23,95	/	/	235,6	117,8	37,3	4,1	800,0	88330,4	173891,9	/	/	/	34,2			**0,02**
24,45	/	/	240,1	120,0	36,4	3,9	800,0	89055,8	175525,8	/	/	/	33,4			**0,02**
24,95	/	/	244,6	122,3	35,5	3,7	800,0	89781,0	177145,6	/	/	/	32,5			**0,02**
25,45	/	/	249,1	124,5	34,6	3,5	800,0	90505,7	178751,5	/	/	/	31,7			**0,02**
25,95	/	/	253,6	126,8	33,8	3,3	800,0	91229,4	180344,0	/	/	/	31,0			**0,02**
26,45	/	/	258,1	129,0	33,0	3,1	800,0	91951,8	181923,3	/	/	/	30,2			**0,02**
26,95	/	/	262,6	131,3	32,2	2,9	800,0	92672,7	183489,7	/	/	/	29,5			**0,02**
27,45	/	/	267,1	133,5	31,4	2,8	800,0	93391,8	185043,4	/	/	/	28,8			**0,02**
27,95	/	/	271,6	135,8	30,6	2,6	800,0	94108,8	186584,8	/	/	/	28,1			**0,02**
28,45	/	/	276,1	138,0	29,9	2,5	800,0	94823,6	188114,1	/	/	/	27,4			**0,02**
28,95	/	/	280,6	140,3	29,2	2,3	800,0	95536,0	189631,5	/	/	/	26,8			**0,01**
29,45	/	/	285,1	142,5	28,5	2,2	800,0	96245,8	191137,4	/	/	/	26,1			**0,01**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

AL CENTRO																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	Cc [/]	C_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	160,0	154,3	400,0	51120,9	37396,9	/	/	/	146,7	13,3	0,03	**0,16**
1,45	/	/	27,6	13,8	159,9	143,0	400,0	50085,1	40526,5	/	/	/	146,6	13,3	0,02	**0,16**
1,95	/	/	37,1	18,5	159,7	131,9	400,0	49065,3	43445,5	/	/	/	146,4	13,3	0,02	**0,16**
2,45	/	/	42,1	21,0	159,1	121,2	400,0	47709,7	44616,0	/	/	/	145,9	13,2	0,02	**0,17**
2,95	/	/	46,6	23,3	158,2	111,0	400,0	46354,9	45609,7	/	/	/	145,1	13,2	0,02	**0,17**
3,45	/	/	51,1	25,5	156,9	101,4	400,0	45060,7	46614,8	/	/	/	143,9	13,0	0,02	**0,17**
3,95	/	/	55,6	27,8	155,2	92,4	400,0	43842,8	47633,7	/	/	/	142,3	12,9	0,02	**0,18**
4,45	/	/	60,1	30,0	153,0	84,0	400,0	42713,2	48667,1	/	/	/	140,3	12,7	0,01	**0,18**
4,95	/	/	64,6	32,3	150,5	76,3	400,0	41680,5	49714,6	/	/	/	138,0	12,5	0,01	**0,18**
5,45	/	/	69,1	34,5	147,6	69,3	400,0	40749,5	50774,5	/	/	/	135,3	12,3	0,01	**0,18**
5,95	/	/	73,6	36,8	144,4	62,8	400,0	39922,1	51844,8	/	/	/	132,4	12,0	0,01	**0,18**
6,45	/	/	78,1	39,0	141,0	57,0	400,0	39197,8	52923,2	/	/	/	129,3	11,7	0,01	**0,18**
6,95	/	/	82,6	41,3	137,4	51,7	400,0	38573,9	54007,0	/	/	/	126,0	11,4	0,01	**0,17**
7,45	/	/	87,1	43,5	133,7	46,9	550,0	52313,8	75754,3	/	/	/	122,6	11,1	0,01	**0,12**
7,95	/	/	91,6	45,8	129,9	42,6	550,0	51713,9	77250,1	/	/	/	119,1	10,8	0,01	**0,12**
8,45	/	/	96,1	48,0	126,0	38,7	550,0	51231,3	78744,4	/	/	/	115,6	10,5	0,01	**0,12**
8,95	/	/	100,6	50,3	122,2	35,2	550,0	50857,7	80234,8	/	/	/	112,0	10,2	0,01	**0,12**
9,45	/	/	105,1	52,5	118,3	32,1	550,0	50584,4	81719,1	/	/	/	108,5			**0,11**
9,95	/	/	109,6	54,8	114,5	29,2	550,0	50402,6	83195,7	/	/	/	105,0			**0,11**
10,45	/	/	114,1	57,0	110,7	26,6	550,0	50303,9	84663,1	/	/	/	101,5			**0,11**
10,95	/	/	118,6	59,3	107,0	24,3	550,0	50280,5	86120,2	/	/	/	98,1			**0,10**
11,45	/	/	123,1	61,5	103,4	22,2	550,0	50324,6	87565,9	/	/	/	94,8			**0,10**
11,95	/	/	127,6	63,8	99,9	20,3	500,0	45844,8	80908,6	/	/	/	91,6			**0,11**
12,45	/	/	132,1	66,0	96,5	18,6	500,0	45989,1	82200,4	/	/	/	88,5			**0,10**
12,95	/	/	136,6	68,3	93,2	17,0	500,0	46177,0	83480,3	/	/	/	85,4			**0,10**
13,45	/	/	141,1	70,5	90,0	15,6	500,0	46403,5	84748,0	/	/	/	82,5			**0,09**
13,95	/	/	145,6	72,8	86,9	14,3	500,0	46664,1	86003,4	/	/	/	79,7			**0,09**
14,45	/	/	150,1	75,0	83,9	13,2	500,0	46954,8	87246,4	/	/	/	76,9			**0,09**
14,95	/	/	154,6	77,3	81,0	12,1	500,0	47271,8	88476,9	/	/	/	74,3			**0,08**
15,45	/	/	159,1	79,5	78,3	11,2	500,0	47611,8	89695,0	/	/	/	71,8			**0,08**
15,95	/	/	163,6	81,8	75,6	10,3	500,0	47972,0	90900,7	/	/	/	69,3			**0,08**
16,45	/	/	168,1	84,0	73,0	9,5	500,0	48349,6	92094,1	/	/	/	67,0			**0,07**
16,95	/	/	172,6	86,3	70,6	8,8	700,0	68239,1	130585,5	/	/	/	64,7			**0,05**
17,45	/	/	177,1	88,5	68,2	8,1	700,0	68807,0	132222,5	/	/	/	62,5			**0,05**
17,95	/	/	181,6	90,8	65,9	7,5	700,0	69390,6	133843,0	/	/	/	60,4			**0,05**
18,45	/	/	186,1	93,0	63,7	6,9	700,0	69987,4	135447,2	/	/	/	58,4			**0,04**
18,95	/	/	190,6	95,3	61,6	6,4	700,0	70595,4	137035,5	/	/	/	56,5			**0,04**
19,45	/	/	195,1	97,5	59,6	6,0	400,0	40693,1	79204,6	/	/	/	54,7			**0,07**
19,95	/	/	199,6	99,8	57,7	5,5	400,0	41050,4	80094,3	/	/	/	52,9			**0,07**
20,45	/	/	204,1	102,0	55,8	5,2	400,0	41411,4	80975,5	/	/	/	51,2			**0,06**
20,95	/	/	208,6	104,3	54,0	4,8	400,0	41775,4	81848,2	/	/	/	49,5			**0,06**
21,45	/	/	213,1	106,5	52,3	4,5	400,0	42141,7	82712,6	/	/	/	48,0			**0,06**
21,95	/	/	217,6	108,8	50,7	4,2	400,0	42509,7	83569,0	/	/	/	46,5			**0,06**
22,45	/	/	222,1	111,0	49,1	3,9	400,0	42879,1	84417,3	/	/	/	45,0			**0,05**
22,95	/	/	226,6	113,3	47,6	3,6	400,0	43249,4	85258,0	/	/	/	43,6			**0,05**
23,45	/	/	231,1	115,5	46,1	3,4	400,0	43620,2	86091,0	/	/	/	42,3			**0,05**
23,95	/	/	235,6	117,8	44,7	3,2	800,0	87982,2	173833,2	/	/	/	41,0			**0,02**
24,45	/	/	240,1	120,0	43,4	3,0	800,0	88723,9	175469,9	/	/	/	39,8			**0,02**
24,95	/	/	244,6	122,3	42,1	2,8	800,0	89464,8	177092,4	/	/	/	38,6			**0,02**
25,45	/	/	249,1	124,5	40,9	2,6	800,0	90204,6	178700,9	/	/	/	37,5			**0,02**
25,95	/	/	253,6	126,8	39,7	2,5	800,0	90942,9	180295,9	/	/	/	36,4			**0,02**
26,45	/	/	258,1	129,0	38,5	2,3	800,0	91679,2	181877,5	/	/	/	35,3			**0,02**
26,95	/	/	262,6	131,3	37,4	2,2	800,0	92413,4	183446,2	/	/	/	34,3			**0,02**
27,45	/	/	267,1	133,5	36,4	2,0	800,0	93145,2	185002,1	/	/	/	33,4			**0,02**
27,95	/	/	271,6	135,8	35,4	1,9	800,0	93874,3	186545,5	/	/	/	32,4			**0,02**
28,45	/	/	276,1	138,0	34,4	1,8	800,0	94600,7	188076,8	/	/	/	31,5			**0,02**
28,95	/	/	280,6	140,3	33,5	1,7	800,0	95324,0	189596,1	/	/	/	30,7			**0,02**
29,45	/	/	285,1	142,5	32,5	1,6	800,0	96044,3	191103,7	/	/	/	29,8			**0,02**
29,95	/	/	289,6	144,8	31,7	1,5	800,0	96761,4	192599,9	/	/	/	29,0			**0,02**
30,45	/	/	294,1	147,0	30,8	1,4	800,0	97475,1	194084,8	/	/	/	28,3			**0,02**
30,95	/	/	298,6	149,3	30,0	1,4	800,0	98185,4	195558,8	/	/	/	27,5			**0,01**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

SINTESI

Cedimenti risultanti a tempo infinito

	totali [cm]	terreni gross. [cm]	terreni fini [cm]
w_s	1,91	1,91	0,00
w_b	2,98	2,98	0,00
w_l	3,43	3,43	0,00
w_c	5,19	5,19	0,00
w_{medio}	**3,94**	**3,94**	**0,00**

$w_{s\text{-}b\text{-}l}$ = cedimento dello spigolo, della mezzeria lato minore, maggiore,
w_c = cedimento centro,
w_{medio} = cedimento area di carico infinitamente rigida.

CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO

Commitente	IRETI S.P.A.
Cantiere	GENOVA
n° lavoro	L046-17
Osservazioni	PRETRATTAMENTI - AREA B

DATI d'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO		
coefficiente di Skempton	A =	0,40
coefficiente pressione a riposo:	k_0 =	0,50
coefficiente correttivo β=A+α*(1-A) (Skempton, Bjerrum):	β =	0,70
coefficiente di Poisson	ν =	0,30
$\alpha = \Delta\sigma_{hci} / \Delta\sigma_{hci}$	α =	0,50
peso di volume del terreno sotto la fondazione [kN/m^3]:	γ_i =	19,00
peso di volume del terreno sopra la fondazione [kN/m^3]:	γ_s =	19,00
peso di volume acqua [kN/m^3]:	γ_w =	10,00
quota livello acqua sotterranea [m]:	Q_w =	2,00

Litologia terreni				
quota sup. [m]	quota inf. [m]	granulometria	E_{UL-RL}/E_{cv}	
0,0	7,0	sabbia grossa/ghiaia	2	
7,0	11,5	sabbia grossa/ghiaia	2	
11,50	16,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
16,50	19,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
19,00	23,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
23,50	300,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
			/	
			/	
			/	
			/	

Caratteristiche di deformabilità terreni granulari

Il modulo elastico E relativo ai terreni granulari è assunto pari a $E = m^*(p_c/p_0)^n$ dove
$p_c=\sigma_{v^*}k_{0+}\sigma_h$ (σ_v=pressione di contenimento, σ_h=incremento dovuto al sovraccarico),
m è il gradiente di E.

Caratteristiche di deformabilità terreni fini

quota sup. [m]	quota inf. [m]	OCR	C_c	C_r	c_v [m^2/s]

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE E OPZIONI	
lato minore area di carico [m]:	11,5
lato maggiore area di carico [m]:	15,3
pressione trasmessa al terreno [kPa]:	160,0
quota del piano di campagna [m]:	0,0
quota del piano di calpestio [m]:	0,0
quota del piano dell'area di carico [m]:	2,60
grado di consolidaz. pressione di rigonfiam. alla ricarica (terreni fini) [%]:	99,0
intervallo di suddivisione Δx [m]:	0,5

RISULTATI DEI CALCOLI

z = profondità media strato da z.r.,
N_c = numero colpi corretto col fattore $C_N = (98.1./\sigma_v)^{.5}$
D_r = densità relativa,
σ_{vt} = pressione geostatica verticale,
σ_{ht} = pressione geostatica orizzontale (a riposo),
σ_{vc} = incremento pressione verticale dovuto al sovraccarico,
σ_{hc} = incremento pressione orizzontale dovuto al sovraccarico,
m = gradiente del modulo elastico E
E_{cv} = modulo elastico verticale (curva vergine),
E_{UL-RL} = modulo elastico verticale di ricarico/scarico,

C'_c, C'_r = rapporti di compressibilità/ricompressione edometrica,
σ_0 = pressione di sovraconsolidazione,
σ_1 = $\sigma_{vc} - \sigma_2$,
σ_2 = pressione terreno sbancato,
w_{rigonf} = rigonfiamento,
w = cedimento risultante.

Formule generali calcolo cedimento wi dello strato iesimo

$w_i = \sigma_{vc}/E^*\Delta H_i$ terreni granulari
$w_i = \beta^*C'_{c-r}^*[\log(\sigma_{vc} + \sigma_{vt})/\sigma_{vt}]^*\Delta H_i$ terreni fini

Formula generale per il calcolo del tempo t_i di consolidazione

$t_i = T_i * \Delta H^2/c_v$ T_i = fattore di tempo
ΔH = percorso di drenaggio

SULLO SPIGOLO

z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
2,85	/	/	45,7	22,8	40,0	39,0	400,0	31441,8	46229,6	/	/	/	29,1	10,8	0,01	**0,06**
3,35	/	/	50,2	25,1	40,0	36,9	400,0	31487,4	47383,9	/	/	/	29,1	10,8	0,01	**0,06**
3,85	/	/	54,7	27,3	40,0	34,8	400,0	31538,1	48514,3	/	/	/	29,1	10,8	0,01	**0,06**
4,35	/	/	59,2	29,6	39,9	32,8	400,0	31596,9	49624,6	/	/	/	29,1	10,8	0,01	**0,06**
4,85	/	/	63,7	31,8	39,8	30,8	400,0	31666,6	50718,1	/	/	/	29,0	10,8	0,01	**0,06**
5,35	/	/	68,2	34,1	39,7	28,9	400,0	31750,0	51797,8	/	/	/	28,9	10,8	0,01	**0,06**
5,85	/	/	72,7	36,3	39,6	27,1	400,0	31849,2	52865,8	/	/	/	28,8	10,7	0,01	**0,06**
6,35	/	/	77,2	38,6	39,3	25,3	400,0	31965,8	53924,1	/	/	/	28,7	10,7	0,01	**0,05**
6,85	/	/	81,7	40,8	39,1	23,6	400,0	32101,2	54974,2	/	/	/	28,5	10,6	0,01	**0,05**
7,35	/	/	86,2	43,1	38,7	22,0	550,0	44352,4	77023,6	/	/	/	28,2	10,5	0,01	**0,04**
7,85	/	/	90,7	45,3	38,3	20,4	550,0	44593,1	78449,2	/	/	/	27,9	10,4	0,01	**0,04**
8,35	/	/	95,2	47,6	37,9	19,0	550,0	44861,4	79866,9	/	/	/	27,6	10,3	0,01	**0,04**
8,85	/	/	99,7	49,8	37,4	17,6	550,0	45156,9	81277,2	/	/	/	27,3	10,1	0,01	**0,04**
9,35	/	/	104,2	52,1	36,9	16,3	550,0	45478,7	82680,3	/	/	/	26,9			**0,04**
9,85	/	/	108,7	54,3	36,3	15,1	550,0	45825,8	84076,3	/	/	/	26,4			**0,03**
10,35	/	/	113,2	56,6	35,7	14,0	550,0	46196,7	85464,9	/	/	/	26,0			**0,03**
10,85	/	/	117,7	58,8	35,0	12,9	550,0	46589,9	86846,1	/	/	/	25,5			**0,03**
11,35	/	/	122,15	61,08	34,34	11,96	550,00	47003,78	88219,43	/	/	/	25,0			**0,03**
11,85	/	/	126,65	63,33	33,64	11,06	500,00	43124,12	81440,61	/	/	/	24,5			**0,03**
12,35	/	/	131,15	65,58	32,92	10,23	500,00	43533,13	82674,05	/	/	/	24,0			**0,03**
12,85	/	/	135,65	67,83	32,19	9,46	500,00	43956,18	83899,49	/	/	/	23,5			**0,03**
13,35	/	/	140,15	70,08	31,44	8,75	500,00	44391,76	85116,67	/	/	/	22,9			**0,03**
13,85	/	/	144,65	72,33	30,70	8,09	500,00	44838,40	86325,30	/	/	/	22,4			**0,03**
14,35	/	/	149,15	74,58	29,95	7,49	500,00	45294,73	87525,15	/	/	/	21,8			**0,03**
14,85	/	/	153,65	76,83	29,20	6,93	500,00	45759,46	88716,03	/	/	/	21,3			**0,03**
15,35	/	/	158,15	79,08	28,45	6,42	500,00	46231,39	89897,75	/	/	/	20,7			**0,03**
15,85	/	/	162,65	81,33	27,71	5,95	500,00	46709,41	91070,19	/	/	/	20,2			**0,03**
16,35	/	/	167,15	83,58	26,98	5,51	500,00	47192,51	92233,22	/	/	/	19,7			**0,02**
16,85	/	/	171,65	85,83	26,26	5,11	700,00	66751,68	130741,51	/	/	/	19,1			**0,02**
17,35	/	/	176,15	88,08	25,55	4,74	700,00	67438,48	132343,18	/	/	/	18,6			**0,02**
17,85	/	/	180,65	90,33	24,86	4,40	700,00	68128,87	133931,49	/	/	/	18,1			**0,02**
18,35	/	/	185,15	92,58	24,17	4,09	700,00	68821,89	135506,46	/	/	/	17,6			**0,02**
18,85	/	/	189,65	94,83	23,51	3,80	700,00	69516,69	137068,11	/	/	/	17,1			**0,01**
19,35	/	/	194,15	97,08	22,85	3,53	400,00	40121,44	79209,44	/	/	/	16,7			**0,02**
19,85	/	/	198,65	99,33	22,22	3,29	400,00	40519,26	80086,72	/	/	/	16,2			**0,02**
20,35	/	/	203,15	101,58	21,60	3,06	400,00	40916,93	80956,53	/	/	/	15,7			**0,02**
20,85	/	/	207,65	103,83	21,00	2,85	400,00	41314,17	81818,96	/	/	/	15,3			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MINORE																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
2,85	/	/	45,7	22,8	80,0	76,5	400,0	39855,8	52802,1	/	/	/	58,3	21,7	0,03	**0,09**
3,35	/	/	50,2	25,1	79,9	69,4	400,0	38889,6	53013,7	/	/	/	58,2	21,7	0,03	**0,10**
3,85	/	/	54,7	27,3	79,7	62,7	400,0	37949,8	53263,9	/	/	/	58,1	21,6	0,03	**0,10**
4,35	/	/	59,2	29,6	79,1	56,3	400,0	37066,9	53573,5	/	/	/	57,7	21,5	0,02	**0,10**
4,85	/	/	63,7	31,8	78,2	50,4	400,0	36265,2	53956,2	/	/	/	57,0	21,2	0,02	**0,10**
5,35	/	/	68,2	34,1	77,0	45,0	400,0	35562,2	54419,0	/	/	/	56,1	20,9	0,02	**0,10**
5,85	/	/	72,7	36,3	75,5	40,1	400,0	34967,3	54962,2	/	/	/	55,0	20,5	0,02	**0,10**
6,35	/	/	77,2	38,6	73,7	35,7	400,0	34483,3	55581,6	/	/	/	53,7	20,0	0,02	**0,10**
6,85	/	/	81,7	40,8	71,7	31,9	400,0	34107,8	56269,9	/	/	/	52,2	19,4	0,02	**0,09**
7,35	/	/	86,2	43,1	69,5	28,5	550,0	46522,3	78400,2	/	/	/	50,6	18,9	0,01	**0,07**
7,85	/	/	90,7	45,3	67,2	25,5	550,0	46275,3	79499,2	/	/	/	49,0	18,2	0,01	**0,06**
8,35	/	/	95,2	47,6	64,9	22,8	550,0	46144,1	80655,9	/	/	/	47,3	17,6	0,01	**0,06**
8,85	/	/	99,7	49,8	62,5	20,5	550,0	46115,5	81859,1	/	/	/	45,6	17,0	0,01	**0,06**
9,35	/	/	104,2	52,1	60,2	18,4	550,0	46176,7	83099,0	/	/	/	43,9	16,3	0,01	**0,06**
9,85	/	/	108,7	54,3	57,9	16,6	550,0	46315,8	84367,1	/	/	/	42,2	15,7	0,01	**0,05**
10,35	/	/	113,2	56,6	55,7	15,0	550,0	46522,2	85656,2	/	/	/	40,6	15,1	0,01	**0,05**
10,85	/	/	117,7	58,8	53,5	13,5	550,0	46786,2	86960,5	/	/	/	39,0	14,5	0,01	**0,05**
11,35	/	/	122,2	61,1	51,4	12,3	550,0	47099,6	88274,9	/	/	/	37,5	13,9	0,01	**0,05**
11,85	/	/	126,7	63,3	49,4	11,1	500,0	43141,0	81450,3	/	/	/	36,0	13,4	0,01	**0,05**
12,35	/	/	131,2	65,6	47,4	10,1	500,0	43496,6	82653,2	/	/	/	34,6			**0,05**
12,85	/	/	135,7	67,8	45,6	9,2	500,0	43879,7	83856,0	/	/	/	33,2			**0,05**
13,35	/	/	140,2	70,1	43,8	8,4	500,0	44286,0	85056,9	/	/	/	31,9			**0,04**
13,85	/	/	144,7	72,3	42,1	7,6	500,0	44711,8	86254,0	/	/	/	30,7			**0,04**
14,35	/	/	149,2	74,6	40,4	7,0	500,0	45154,0	87446,2	/	/	/	29,5			**0,04**
14,85	/	/	153,7	76,8	38,9	6,4	500,0	45609,7	88632,3	/	/	/	28,3			**0,04**
15,35	/	/	158,2	79,1	37,4	5,8	500,0	46076,7	89811,5	/	/	/	27,3			**0,04**
15,85	/	/	162,7	81,3	36,0	5,4	500,0	46552,8	90983,2	/	/	/	26,2			**0,03**
16,35	/	/	167,2	83,6	34,6	4,9	500,0	47036,4	92146,7	/	/	/	25,2			**0,03**
16,85	/	/	171,7	85,8	33,3	4,5	700,0	66536,3	130622,4	/	/	/	24,3			**0,02**
17,35	/	/	176,2	88,1	32,1	4,2	700,0	67228,1	132227,0	/	/	/	23,4			**0,02**
17,85	/	/	180,7	90,3	30,9	3,8	700,0	67924,8	133819,0	/	/	/	22,5			**0,02**
18,35	/	/	185,2	92,6	29,8	3,5	700,0	68625,1	135398,1	/	/	/	21,7			**0,02**
18,85	/	/	189,7	94,8	28,7	3,3	700,0	69327,7	136964,2	/	/	/	20,9			**0,02**
19,35	/	/	194,2	97,1	27,7	3,0	400,0	40018,1	79152,7	/	/	/	20,2			**0,03**
19,85	/	/	198,7	99,3	26,7	2,8	400,0	40420,7	80032,7	/	/	/	19,5			**0,03**
20,35	/	/	203,2	101,6	25,8	2,6	400,0	40823,1	80905,1	/	/	/	18,8			**0,03**
20,85	/	/	207,7	103,8	24,9	2,4	400,0	41225,1	81770,2	/	/	/	18,1			**0,03**
21,35	/	/	212,2	106,1	24,0	2,2	400,0	41626,2	82627,9	/	/	/	17,5			**0,02**
21,85	/	/	216,7	108,3	23,2	2,1	400,0	42026,3	83478,2	/	/	/	16,9			**0,02**
22,35	/	/	221,2	110,6	22,4	1,9	400,0	42425,0	84321,4	/	/	/	16,4			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MAGGIORE																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
2,85	/	/	45,7	22,8	80,0	77,0	400,0	39965,6	52892,1	/	/	/	58,3	21,7	0,03	**0,09**
3,35	/	/	50,2	25,1	80,0	71,1	400,0	39217,6	53275,3	/	/	/	58,3	21,7	0,03	**0,09**
3,85	/	/	54,7	27,3	79,8	65,2	400,0	38480,5	53675,4	/	/	/	58,2	21,7	0,03	**0,10**
4,35	/	/	59,2	29,6	79,5	59,6	400,0	37770,2	54103,8	/	/	/	58,0	21,6	0,02	**0,10**
4,85	/	/	63,7	31,8	79,1	54,2	400,0	37101,5	54569,6	/	/	/	57,6	21,4	0,02	**0,10**
5,35	/	/	68,2	34,1	78,4	49,1	400,0	36487,0	55079,2	/	/	/	57,1	21,3	0,02	**0,10**
5,85	/	/	72,7	36,3	77,5	44,4	400,0	35936,7	55636,5	/	/	/	56,4	21,0	0,02	**0,10**
6,35	/	/	77,2	38,6	76,3	40,0	400,0	35457,6	56242,8	/	/	/	55,6	20,7	0,02	**0,10**
6,85	/	/	81,7	40,8	74,9	36,0	400,0	35054,1	56897,4	/	/	/	54,6	20,3	0,02	**0,10**
7,35	/	/	86,2	43,1	73,4	32,3	550,0	47750,4	79197,3	/	/	/	53,5	19,9	0,01	**0,07**
7,85	/	/	90,7	45,3	71,6	29,0	550,0	47406,5	80219,1	/	/	/	52,2	19,4	0,01	**0,07**
8,35	/	/	95,2	47,6	69,8	26,0	550,0	47164,2	81293,6	/	/	/	50,9	18,9	0,01	**0,07**
8,85	/	/	99,7	49,8	67,8	23,3	550,0	47018,3	82414,4	/	/	/	49,4	18,4	0,01	**0,06**
9,35	/	/	104,2	52,1	65,8	20,8	550,0	46962,1	83575,2	/	/	/	47,9	17,8	0,01	**0,06**
9,85	/	/	108,7	54,3	63,7	18,7	550,0	46988,3	84769,6	/	/	/	46,4	17,3	0,01	**0,06**
10,35	/	/	113,2	56,6	61,6	16,7	550,0	47089,2	85991,7	/	/	/	44,9	16,7	0,01	**0,06**
10,85	/	/	117,7	58,8	59,4	15,0	550,0	47257,0	87236,2	/	/	/	43,3	16,1	0,01	**0,06**
11,35	/	/	122,2	61,1	57,3	13,5	550,0	47484,2	88498,1	/	/	/	41,8	15,5	0,01	**0,05**
11,85	/	/	126,7	63,3	55,2	12,1	500,0	43421,5	81611,9	/	/	/	40,2	15,0	0,01	**0,06**
12,35	/	/	131,2	65,6	53,2	10,9	500,0	43717,1	82779,3	/	/	/	38,7	14,4	0,01	**0,05**
12,85	/	/	135,7	67,8	51,1	9,8	500,0	44048,6	83952,1	/	/	/	37,3	13,9	0,01	**0,05**
13,35	/	/	140,2	70,1	49,2	8,8	500,0	44411,1	85127,6	/	/	/	35,8			**0,05**
13,85	/	/	144,7	72,3	47,3	8,0	500,0	44800,0	86303,7	/	/	/	34,5			**0,05**
14,35	/	/	149,2	74,6	45,5	7,2	500,0	45211,5	87478,4	/	/	/	33,1			**0,04**
14,85	/	/	153,7	76,8	43,7	6,5	500,0	45641,9	88650,3	/	/	/	31,8			**0,04**
15,35	/	/	158,2	79,1	42,0	5,9	500,0	46088,2	89817,9	/	/	/	30,6			**0,04**
15,85	/	/	162,7	81,3	40,3	5,3	500,0	46547,6	90980,3	/	/	/	29,4			**0,04**
16,35	/	/	167,2	83,6	38,8	4,9	500,0	47017,9	92136,4	/	/	/	28,2			**0,04**
16,85	/	/	171,7	85,8	37,3	4,4	700,0	66495,7	130599,9	/	/	/	27,1			**0,02**
17,35	/	/	176,2	88,1	35,8	4,0	700,0	67176,2	132198,4	/	/	/	26,1			**0,02**
17,85	/	/	180,7	90,3	34,4	3,7	700,0	67864,4	133785,7	/	/	/	25,1			**0,02**
18,35	/	/	185,2	92,6	33,1	3,3	700,0	68558,4	135361,5	/	/	/	24,1			**0,02**
18,85	/	/	189,7	94,8	31,9	3,1	700,0	69256,7	136925,2	/	/	/	23,2			**0,02**
19,35	/	/	194,2	97,1	30,7	2,8	400,0	39975,9	79129,6	/	/	/	22,3			**0,03**
19,85	/	/	198,7	99,3	29,5	2,6	400,0	40377,6	80009,1	/	/	/	21,5			**0,03**
20,35	/	/	203,2	101,6	28,4	2,4	400,0	40779,7	80881,4	/	/	/	20,7			**0,03**
20,85	/	/	207,7	103,8	27,4	2,2	400,0	41181,8	81746,5	/	/	/	19,9			**0,03**
21,35	/	/	212,2	106,1	26,4	2,0	400,0	41583,5	82604,5	/	/	/	19,2			**0,03**
21,85	/	/	216,7	108,3	25,4	1,8	400,0	41984,3	83455,3	/	/	/	18,5			**0,03**
22,35	/	/	221,2	110,6	24,5	1,7	400,0	42384,1	84299,0	/	/	/	17,9			**0,03**
22,85	/	/	225,7	112,8	23,7	1,6	400,0	42782,5	85135,7	/	/	/	17,2			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

AL CENTRO																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	Cc [/]	C_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
2,85	/	/	45,7	22,8	160,0	151,7	400,0	52843,0	63986,6	/	/	/	116,6	43,4	0,06	**0,14**
3,35	/	/	50,2	25,1	159,8	135,3	400,0	50656,8	62878,7	/	/	/	116,5	43,3	0,05	**0,15**
3,85	/	/	54,7	27,3	159,2	119,5	400,0	48472,8	61836,6	/	/	/	116,0	43,2	0,05	**0,15**
4,35	/	/	59,2	29,6	157,8	104,7	400,0	46348,4	60911,0	/	/	/	115,0	42,8	0,05	**0,16**
4,85	/	/	63,7	31,8	155,6	91,0	400,0	44335,6	60141,9	/	/	/	113,4	42,2	0,05	**0,16**
5,35	/	/	68,2	34,1	152,5	78,7	400,0	42476,7	59555,8	/	/	/	111,1	41,4	0,04	**0,17**
5,85	/	/	72,7	36,3	148,5	67,7	400,0	40802,1	59165,2	/	/	/	108,3	40,3	0,04	**0,17**
6,35	/	/	77,2	38,6	143,9	58,1	400,0	39330,1	58970,2	/	/	/	104,9	39,0	0,04	**0,17**
6,85	/	/	81,7	40,8	138,7	49,7	400,0	38068,2	58961,4	/	/	/	101,1	37,6	0,04	**0,16**
7,35	/	/	86,2	43,1	133,1	42,6	550,0	50894,6	81294,1	/	/	/	97,0	36,1	0,03	**0,12**
7,85	/	/	90,7	45,3	127,3	36,4	550,0	49719,1	81724,0	/	/	/	92,7	34,5	0,02	**0,11**
8,35	/	/	95,2	47,6	121,3	31,1	550,0	48797,7	82333,0	/	/	/	88,4	32,9	0,02	**0,11**
8,85	/	/	99,7	49,8	115,3	26,7	550,0	48107,1	83093,4	/	/	/	84,0	31,3	0,02	**0,11**
9,35	/	/	104,2	52,1	109,4	22,9	550,0	47621,6	83979,1	/	/	/	79,7	29,7	0,02	**0,10**
9,85	/	/	108,7	54,3	103,6	19,7	550,0	47315,7	84967,0	/	/	/	75,5	28,1	0,02	**0,10**
10,35	/	/	113,2	56,6	98,0	17,0	550,0	47164,7	86036,6	/	/	/	71,5	26,6	0,02	**0,09**
10,85	/	/	117,7	58,8	92,7	14,7	550,0	47145,7	87170,9	/	/	/	67,6	25,1	0,01	**0,09**
11,35	/	/	122,2	61,1	87,6	12,7	550,0	47238,1	88355,1	/	/	/	63,9	23,8	0,01	**0,08**
11,85	/	/	126,7	63,3	82,8	11,0	500,0	43112,5	81434,0	/	/	/	60,4	22,5	0,01	**0,08**
12,35	/	/	131,2	65,6	78,3	9,6	500,0	43351,8	82570,6	/	/	/	57,0	21,2	0,01	**0,08**
12,85	/	/	135,7	67,8	74,0	8,4	500,0	43649,1	83725,4	/	/	/	53,9	20,1	0,01	**0,07**
13,35	/	/	140,2	70,1	70,0	7,3	500,0	43994,1	84892,3	/	/	/	51,0	19,0	0,01	**0,07**
13,85	/	/	144,7	72,3	66,2	6,5	500,0	44377,9	86066,7	/	/	/	48,2	18,0	0,01	**0,06**
14,35	/	/	149,2	74,6	62,6	5,7	500,0	44793,2	87244,7	/	/	/	45,7	17,0	0,01	**0,06**
14,85	/	/	153,7	76,8	59,3	5,0	500,0	45233,9	88423,1	/	/	/	43,2	16,1	0,01	**0,06**
15,35	/	/	158,2	79,1	56,2	4,4	500,0	45694,8	89599,6	/	/	/	41,0			**0,05**
15,85	/	/	162,7	81,3	53,3	3,9	500,0	46171,7	90772,2	/	/	/	38,9			**0,05**
16,35	/	/	167,2	83,6	50,6	3,5	500,0	46661,0	91939,4	/	/	/	36,9			**0,05**
16,85	/	/	171,7	85,8	48,1	3,1	700,0	66024,0	130340,0	/	/	/	35,0			**0,03**
17,35	/	/	176,2	88,1	45,7	2,8	700,0	66732,7	131954,4	/	/	/	33,3			**0,03**
17,85	/	/	180,7	90,3	43,5	2,5	700,0	67448,7	133557,5	/	/	/	31,7			**0,03**
18,35	/	/	185,2	92,6	41,4	2,3	700,0	68169,9	135148,4	/	/	/	30,2			**0,03**
18,85	/	/	189,7	94,8	39,5	2,0	700,0	68894,2	136726,7	/	/	/	28,8			**0,02**
19,35	/	/	194,2	97,1	37,7	1,8	400,0	39783,0	79024,0	/	/	/	27,4			**0,04**
19,85	/	/	198,7	99,3	35,9	1,7	400,0	40198,1	79910,9	/	/	/	26,2			**0,04**
20,35	/	/	203,2	101,6	34,3	1,5	400,0	40612,8	80790,2	/	/	/	25,0			**0,04**
20,85	/	/	207,7	103,8	32,8	1,4	400,0	41026,7	81661,9	/	/	/	23,9			**0,03**
21,35	/	/	212,2	106,1	31,4	1,3	400,0	41439,3	82525,9	/	/	/	22,9			**0,03**
21,85	/	/	216,7	108,3	30,1	1,1	400,0	41850,5	83382,3	/	/	/	21,9			**0,03**
22,35	/	/	221,2	110,6	28,8	1,0	400,0	42259,7	84231,3	/	/	/	21,0			**0,03**
22,85	/	/	225,7	112,8	27,6	1,0	400,0	42667,0	85072,7	/	/	/	20,1			**0,03**
23,35	/	/	230,2	115,1	26,5	0,9	400,0	43072,1	85906,9	/	/	/	19,3			**0,03**
23,85	/	/	234,7	117,3	25,5	0,8	800,0	86949,7	173467,6	/	/	/	18,6			**0,01**
24,35	/	/	239,2	119,6	24,5	0,7	800,0	87750,4	175107,3	/	/	/	17,8			**0,01**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

SINTESI

Cedimenti risultanti a tempo infinito

	totali [cm]	terreni gross. [cm]	terreni fini [cm]
w_s	1,29	1,29	0,00
w_b	2,07	2,07	0,00
w_l	2,20	2,20	0,00
w_c	3,44	3,44	0,00
w_{medio}	**2,62**	**2,62**	**0,00**

$w_{s\text{-}b\text{-}l}$ = cedimento dello spigolo, della mezzeria lato minore, maggiore,
w_c = cedimento centro,
w_{medio} = cedimento area di carico infinitamente rigida.

CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO

Commitente	IRETI S.P.A.
Cantiere	GENOVA
n° lavoro	L046-17
Osservazioni	INSPESSIMENTO E DISIDRATAZIONE

DATI d'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO		
coefficiente di Skempton	A =	0,40
coefficiente pressione a riposo:	k_0 =	0,50
coefficiente correttivo β=A+α*(1-A) (Skempton, Bjerrum):	β =	0,70
coefficiente di Poisson	ν =	0,30
$\alpha = \Delta\sigma_{hci} / \Delta\sigma_{hci}$	α =	0,50
peso di volume del terreno sotto la fondazione [kN/m^3]:	γ_i =	19,00
peso di volume del terreno sopra la fondazione [kN/m^3]:	γ_s =	19,00
peso di volume acqua [kN/m^3]:	γ_w =	10,00
quota livello acqua sotterranea [m]:	Q_w =	2,00

Litologia terreni				
quota sup. [m]	quota inf. [m]	granulometria	E_{UL-RL}/E_{cv}	
0,0	7,0	sabbia grossa/ghiaia	2	
7,0	11,5	sabbia grossa/ghiaia	2	
11,50	16,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
16,50	19,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
19,00	23,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
23,50	300,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
			/	
			/	
			/	
			/	

Caratteristiche di deformabilità terreni granulari

Il modulo elastico E relativo ai terreni granulari è assunto pari a $E = m^*(p_c/p_0)^n$ dove
$p_c=\sigma_{v^*}k_{0+}\sigma_h$ (σ_v=pressione di contenimento, σ_h=incremento dovuto al sovraccarico),
m è il gradiente di E.

Caratteristiche di deformabilità terreni fini

quota sup. [m]	quota inf. [m]	OCR	C_c	C_r	c_v [m^2/s]

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE E OPZIONI	
lato minore area di carico [m]:	13,8
lato maggiore area di carico [m]:	40,6
pressione trasmessa al terreno [kPa]:	65,0
quota del piano di campagna [m]:	0,0
quota del piano di calpestio [m]:	0,0
quota del piano dell'area di carico [m]:	0,70
grado di consolidaz. pressione di rigonfiam. alla ricarica (terreni fini) [%]:	0,0
intervallo di suddivisione Δx [m]:	0,5

RISULTATI DEI CALCOLI

z = profondità media strato da z.r.,
N_c = numero colpi corretto col fattore $C_N = (98.1./\sigma_v)^{.5}$
D_r = densità relativa,
σ_{vt} = pressione geostatica verticale,
σ_{ht} = pressione geostatica orizzontale (a riposo),
σ_{vc} = incremento pressione verticale dovuto al sovraccarico,
σ_{hc} = incremento pressione orizzontale dovuto al sovraccarico,
m = gradiente del modulo elastico E
E_{cv} = modulo elastico verticale (curva vergine),
E_{UL-RL} = modulo elastico verticale di ricarico/scarico,

C'_c, C'_r = rapporti di compressibilità/ricompressione edometrica,
σ_0 = pressione di sovraconsolidazione,
σ_1 = $\sigma_{vc} - \sigma_2$,
σ_2 = pressione terreno sbancato,
w_{rigonf} = rigonfiamento,
w = cedimento risultante.

Formule generali calcolo cedimento wi dello strato iesimo

$w_i = \sigma_{vc}/E^*\Delta H_i$ terreni granulari

$w_i = \beta^*C'_{c-r}^*[\log(\sigma_{vc} + \sigma_{vt})/\sigma_{vt}]^*\Delta H_i$ terreni fini

Formula generale per il calcolo del tempo t_i di consolidazione

$t_i = T_i * \Delta H^2/c_v$ T_i = fattore di tempo

ΔH = percorso di drenaggio

SULLO SPIGOLO

z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	16,2	16,0	400,0	19991,3	28044,8	/	/	/	12,9	3,3	0,01	**0,04**
1,45	/	/	27,6	13,8	16,2	15,4	400,0	21591,0	32905,2	/	/	/	12,9	3,3	0,01	**0,03**
1,95	/	/	37,1	18,5	16,2	14,8	400,0	23081,4	37135,5	/	/	/	12,9			**0,03**
2,45	/	/	42,1	21,0	16,2	14,2	400,0	23736,6	39133,3	/	/	/	12,9			**0,03**
2,95	/	/	46,6	23,3	16,2	13,6	400,0	24294,8	40839,8	/	/	/	12,9			**0,03**
3,45	/	/	51,1	25,5	16,2	13,1	400,0	24843,8	42479,5	/	/	/	12,9			**0,03**
3,95	/	/	55,6	27,8	16,2	12,5	400,0	25384,8	44060,0	/	/	/	12,9			**0,03**
4,45	/	/	60,1	30,0	16,1	12,0	400,0	25918,9	45587,7	/	/	/	12,8			**0,03**
4,95	/	/	64,6	32,3	16,1	11,4	400,0	26446,7	47068,1	/	/	/	12,8			**0,03**
5,45	/	/	69,1	34,5	16,0	10,9	400,0	26969,2	48505,5	/	/	/	12,7			**0,03**
5,95	/	/	73,6	36,8	15,9	10,4	400,0	27486,8	49903,7	/	/	/	12,7			**0,03**
6,45	/	/	78,1	39,0	15,8	10,0	400,0	27999,9	51266,2	/	/	/	12,6			**0,03**
6,95	/	/	82,6	41,3	15,7	9,5	400,0	28509,1	52595,7	/	/	/	12,5			**0,03**
7,45	/	/	87,1	43,5	15,6	9,1	550,0	39894,8	74105,1	/	/	/	12,4			**0,02**
7,95	/	/	91,6	45,8	15,5	8,7	550,0	40584,7	75852,2	/	/	/	12,3			**0,02**
8,45	/	/	96,1	48,0	15,4	8,3	550,0	41269,8	77562,9	/	/	/	12,2			**0,02**
8,95	/	/	100,6	50,3	15,2	7,9	550,0	41950,4	79239,5	/	/	/	12,1			**0,02**
9,45	/	/	105,05	52,53	15,06	7,54	550,00	42626,44	80884,13	/	/	/	12,0			**0,02**
9,95	/	/	109,55	54,78	14,90	7,20	550,00	43298,00	82498,57	/	/	/	11,9			**0,02**
10,45	/	/	114,05	57,03	14,73	6,87	550,00	43965,09	84084,49	/	/	/	11,7			**0,02**
10,95	/	/	118,55	59,28	14,56	6,56	550,00	44627,70	85643,40	/	/	/	11,6			**0,01**
11,45	/	/	123,05	61,53	14,38	6,27	550,00	45285,81	87176,63	/	/	/	11,4			**0,01**
11,95	/	/	127,55	63,78	14,19	5,99	500,00	41763,08	80623,13	/	/	/	11,3			**0,02**
12,45	/	/	132,05	66,03	14,01	5,73	500,00	42353,10	81973,60	/	/	/	11,1			**0,01**
12,95	/	/	136,55	68,28	13,82	5,48	500,00	42938,93	83303,83	/	/	/	11,0			**0,01**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MINORE

z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	32,5	31,4	400,0	25419,8	31436,8	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,06**
1,45	/	/	27,6	13,8	32,5	29,1	400,0	26191,7	35534,2	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,06**
1,95	/	/	37,1	18,5	32,4	26,9	400,0	26958,3	39215,1	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,06**
2,45	/	/	42,1	21,0	32,3	24,8	400,0	27072,7	40867,4	/	/	/	25,7	6,6	0,01	**0,06**
2,95	/	/	46,6	23,3	32,1	22,8	400,0	27146,8	42284,4	/	/	/	25,5	6,6	0,01	**0,05**
3,45	/	/	51,1	25,5	31,8	20,9	400,0	27259,9	43675,4	/	/	/	25,3	6,5	0,01	**0,05**
3,95	/	/	55,6	27,8	31,4	19,2	400,0	27414,3	45044,3	/	/	/	24,9	6,4	0,01	**0,05**
4,45	/	/	60,1	30,0	30,9	17,6	400,0	27610,2	46393,4	/	/	/	24,6	6,3	0,01	**0,05**
4,95	/	/	64,6	32,3	30,3	16,2	400,0	27846,1	47724,1	/	/	/	24,1			**0,05**
5,45	/	/	69,1	34,5	29,7	14,9	400,0	28119,1	49037,0	/	/	/	23,6			**0,05**
5,95	/	/	73,6	36,8	29,0	13,7	400,0	28425,6	50332,3	/	/	/	23,1			**0,05**
6,45	/	/	78,1	39,0	28,3	12,7	400,0	28761,4	51610,1	/	/	/	22,5			**0,04**
6,95	/	/	82,6	41,3	27,6	11,7	400,0	29122,6	52870,1	/	/	/	21,9			**0,04**
7,45	/	/	87,1	43,5	26,8	10,9	550,0	40569,8	74404,5	/	/	/	21,3			**0,03**
7,95	/	/	91,6	45,8	26,1	10,1	550,0	41120,5	76088,0	/	/	/	20,7			**0,03**
8,45	/	/	96,1	48,0	25,3	9,4	550,0	41691,3	77747,1	/	/	/	20,1			**0,03**
8,95	/	/	100,6	50,3	24,6	8,8	550,0	42278,2	79382,0	/	/	/	19,5			**0,03**
9,45	/	/	105,1	52,5	23,9	8,3	550,0	42877,8	80992,8	/	/	/	19,0			**0,03**
9,95	/	/	109,6	54,8	23,1	7,7	550,0	43487,2	82580,0	/	/	/	18,4			**0,02**
10,45	/	/	114,1	57,0	22,5	7,3	550,0	44103,9	84144,0	/	/	/	17,9			**0,02**
10,95	/	/	118,6	59,3	21,8	6,9	550,0	44725,9	85685,3	/	/	/	17,3			**0,02**
11,45	/	/	123,1	61,5	21,2	6,5	550,0	45351,2	87204,5	/	/	/	16,8			**0,02**
11,95	/	/	127,6	63,8	20,6	6,1	500,0	41798,7	80638,2	/	/	/	16,3			**0,02**
12,45	/	/	132,1	66,0	20,0	5,8	500,0	42369,7	81980,6	/	/	/	15,9			**0,02**
12,95	/	/	136,6	68,3	19,4	5,5	500,0	42940,5	83304,5	/	/	/	15,4			**0,02**
13,45	/	/	141,1	70,5	18,9	5,2	500,0	43510,3	84610,4	/	/	/	15,0			**0,02**
13,95	/	/	145,6	72,8	18,3	4,9	500,0	44078,5	85898,8	/	/	/	14,6			**0,02**
14,45	/	/	150,1	75,0	17,8	4,7	500,0	44644,5	87170,4	/	/	/	14,2			**0,02**
14,95	/	/	154,6	77,3	17,4	4,5	500,0	45208,1	88425,6	/	/	/	13,8			**0,02**
15,45	/	/	159,1	79,5	16,9	4,3	500,0	45768,8	89664,9	/	/	/	13,4			**0,02**
15,95	/	/	163,6	81,8	16,5	4,1	500,0	46326,3	90888,8	/	/	/	13,1			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MAGGIORE																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	32,5	31,8	400,0	25564,1	31532,5	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,06**
1,45	/	/	27,6	13,8	32,5	30,5	400,0	26604,9	35784,6	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,06**
1,95	/	/	37,1	18,5	32,5	29,1	400,0	27609,0	39583,9	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,06**
2,45	/	/	42,1	21,0	32,5	27,8	400,0	27945,0	41345,2	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,05**
2,95	/	/	46,6	23,3	32,4	26,5	400,0	28211,7	42851,1	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,05**
3,45	/	/	51,1	25,5	32,4	25,2	400,0	28482,9	44309,6	/	/	/	25,8	6,6	0,01	**0,05**
3,95	/	/	55,6	27,8	32,3	23,9	400,0	28759,7	45725,7	/	/	/	25,7	6,6	0,01	**0,05**
4,45	/	/	60,1	30,0	32,2	22,7	400,0	29042,9	47103,9	/	/	/	25,6	6,6	0,01	**0,05**
4,95	/	/	64,6	32,3	32,1	21,5	400,0	29333,4	48447,8	/	/	/	25,5	6,6	0,01	**0,05**
5,45	/	/	69,1	34,5	31,9	20,4	400,0	29631,7	49760,7	/	/	/	25,4			**0,05**
5,95	/	/	73,6	36,8	31,7	19,2	400,0	29938,2	51045,1	/	/	/	25,2			**0,05**
6,45	/	/	78,1	39,0	31,5	18,2	400,0	30253,0	52303,4	/	/	/	25,1			**0,05**
6,95	/	/	82,6	41,3	31,3	17,2	400,0	30576,3	53537,6	/	/	/	24,9			**0,05**
7,45	/	/	87,1	43,5	31,0	16,2	550,0	42498,3	75280,4	/	/	/	24,6			**0,03**
7,95	/	/	91,6	45,8	30,7	15,3	550,0	42965,4	76917,9	/	/	/	24,4			**0,03**
8,45	/	/	96,1	48,0	30,4	14,4	550,0	43443,2	78528,3	/	/	/	24,1			**0,03**
8,95	/	/	100,6	50,3	30,0	13,5	550,0	43931,3	80113,3	/	/	/	23,9			**0,03**
9,45	/	/	105,1	52,5	29,6	12,7	550,0	44428,9	81674,2	/	/	/	23,6			**0,03**
9,95	/	/	109,6	54,8	29,2	12,0	550,0	44935,5	83212,2	/	/	/	23,3			**0,03**
10,45	/	/	114,1	57,0	28,8	11,3	550,0	45450,3	84728,3	/	/	/	22,9			**0,03**
10,95	/	/	118,6	59,3	28,4	10,6	550,0	45972,5	86223,6	/	/	/	22,6			**0,03**
11,45	/	/	123,1	61,5	28,0	10,0	550,0	46501,4	87698,8	/	/	/	22,2			**0,03**
11,95	/	/	127,6	63,8	27,5	9,4	500,0	42760,3	81049,8	/	/	/	21,9			**0,03**
12,45	/	/	132,1	66,0	27,1	8,8	500,0	43251,3	82356,5	/	/	/	21,5			**0,03**
12,95	/	/	136,6	68,3	26,6	8,3	500,0	43746,4	83647,0	/	/	/	21,1			**0,03**
13,45	/	/	141,1	70,5	26,1	7,8	500,0	44245,1	84921,7	/	/	/	20,8			**0,03**
13,95	/	/	145,6	72,8	25,6	7,3	500,0	44746,6	86181,1	/	/	/	20,4			**0,03**
14,45	/	/	150,1	75,0	25,1	6,9	500,0	45250,5	87425,8	/	/	/	20,0			**0,03**
14,95	/	/	154,6	77,3	24,7	6,5	500,0	45756,3	88656,1	/	/	/	19,6			**0,02**
15,45	/	/	159,1	79,5	24,2	6,1	500,0	46263,4	89872,4	/	/	/	19,2			**0,02**
15,95	/	/	163,6	81,8	23,7	5,7	500,0	46771,4	91075,2	/	/	/	18,8			**0,02**
16,45	/	/	168,1	84,0	23,2	5,4	500,0	47280,0	92264,9	/	/	/	18,5			**0,02**
16,95	/	/	172,6	86,3	22,7	5,1	700,0	66904,2	130818,4	/	/	/	18,1			**0,02**
17,45	/	/	177,1	88,5	22,3	4,8	700,0	67616,1	132448,4	/	/	/	17,7			**0,01**
17,95	/	/	181,6	90,8	21,8	4,5	700,0	68327,2	134061,5	/	/	/	17,3			**0,01**
18,45	/	/	186,1	93,0	21,3	4,2	700,0	69037,2	135657,9	/	/	/	17,0			**0,01**
18,95	/	/	190,6	95,3	20,9	4,0	700,0	69745,8	137238,2	/	/	/	16,6			**0,01**
19,45	/	/	195,1	97,5	20,4	3,8	400,0	40258,6	79315,8	/	/	/	16,2			**0,02**
19,95	/	/	199,6	99,8	20,0	3,6	400,0	40661,2	80201,0	/	/	/	15,9			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

AL CENTRO																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	Cc [/]	C_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	65,0	62,6	400,0	33858,9	37386,0	/	/	/	51,7	13,3	0,03	**0,09**
1,45	/	/	27,6	13,8	65,0	57,9	400,0	33868,8	40497,7	/	/	/	51,7	13,3	0,02	**0,09**
1,95	/	/	37,1	18,5	64,8	53,3	400,0	33906,0	43404,2	/	/	/	51,6	13,3	0,02	**0,09**
2,45	/	/	42,1	21,0	64,6	48,9	400,0	33452,0	44566,3	/	/	/	51,4	13,2	0,02	**0,09**
2,95	/	/	46,6	23,3	64,1	44,7	400,0	32987,9	45557,1	/	/	/	51,0	13,1	0,02	**0,09**
3,45	/	/	51,1	25,5	63,5	40,8	400,0	32583,6	46564,9	/	/	/	50,5	13,0	0,02	**0,09**
3,95	/	/	55,6	27,8	62,7	37,2	400,0	32246,7	47591,5	/	/	/	49,9	12,8	0,02	**0,09**
4,45	/	/	60,1	30,0	61,7	33,9	400,0	31981,0	48636,6	/	/	/	49,1	12,6	0,01	**0,09**
4,95	/	/	64,6	32,3	60,5	30,9	400,0	31787,3	49698,6	/	/	/	48,2	12,4	0,01	**0,09**
5,45	/	/	69,1	34,5	59,3	28,1	400,0	31663,7	50774,6	/	/	/	47,1	12,1	0,01	**0,09**
5,95	/	/	73,6	36,8	57,9	25,7	400,0	31606,6	51861,7	/	/	/	46,0	11,8	0,01	**0,08**
6,45	/	/	78,1	39,0	56,4	23,4	400,0	31610,9	52956,6	/	/	/	44,9	11,5	0,01	**0,08**
6,95	/	/	82,6	41,3	54,9	21,4	400,0	31671,3	54056,1	/	/	/	43,7	11,2	0,01	**0,08**
7,45	/	/	87,1	43,5	53,3	19,6	550,0	43700,2	75841,5	/	/	/	42,4	10,9	0,01	**0,06**
7,95	/	/	91,6	45,8	51,8	18,0	550,0	43913,5	77354,9	/	/	/	41,2	10,6	0,01	**0,05**
8,45	/	/	96,1	48,0	50,2	16,5	550,0	44180,6	78864,3	/	/	/	39,9	10,3	0,01	**0,05**
8,95	/	/	100,6	50,3	48,7	15,2	550,0	44494,6	80367,3	/	/	/	38,7			**0,05**
9,45	/	/	105,1	52,5	47,1	14,0	550,0	44849,1	81861,9	/	/	/	37,5			**0,05**
9,95	/	/	109,6	54,8	45,7	12,9	550,0	45238,7	83346,5	/	/	/	36,3			**0,05**
10,45	/	/	114,1	57,0	44,2	11,9	550,0	45658,2	84819,8	/	/	/	35,2			**0,04**
10,95	/	/	118,6	59,3	42,8	11,0	550,0	46103,4	86280,8	/	/	/	34,0			**0,04**
11,45	/	/	123,1	61,5	41,4	10,2	550,0	46570,3	87728,8	/	/	/	33,0			**0,04**
11,95	/	/	127,6	63,8	40,1	9,4	500,0	42777,9	81057,4	/	/	/	31,9			**0,04**
12,45	/	/	132,1	66,0	38,8	8,7	500,0	43233,3	82348,8	/	/	/	30,9			**0,04**
12,95	/	/	136,6	68,3	37,6	8,1	500,0	43700,5	83627,3	/	/	/	29,9			**0,04**
13,45	/	/	141,1	70,5	36,4	7,5	500,0	44177,4	84892,9	/	/	/	29,0			**0,04**
13,95	/	/	145,6	72,8	35,3	7,0	500,0	44662,5	86145,4	/	/	/	28,1			**0,04**
14,45	/	/	150,1	75,0	34,2	6,5	500,0	45154,1	87384,9	/	/	/	27,2			**0,03**
14,95	/	/	154,6	77,3	33,1	6,1	500,0	45651,0	88611,6	/	/	/	26,3			**0,03**
15,45	/	/	159,1	79,5	32,1	5,7	500,0	46152,0	89825,5	/	/	/	25,5			**0,03**
15,95	/	/	163,6	81,8	31,1	5,3	500,0	46656,2	91026,9	/	/	/	24,7			**0,03**
16,45	/	/	168,1	84,0	30,2	4,9	500,0	47162,7	92215,7	/	/	/	24,0			**0,03**
16,95	/	/	172,6	86,3	29,2	4,6	700,0	66739,1	130749,4	/	/	/	23,3			**0,02**
17,45	/	/	177,1	88,5	28,4	4,3	700,0	67451,7	132379,8	/	/	/	22,6			**0,02**
17,95	/	/	181,6	90,8	27,5	4,1	700,0	68164,8	133993,8	/	/	/	21,9			**0,02**
18,45	/	/	186,1	93,0	26,7	3,8	700,0	68877,8	135591,6	/	/	/	21,2			**0,02**
18,95	/	/	190,6	95,3	25,9	3,6	700,0	69590,0	137173,4	/	/	/	20,6			**0,02**
19,45	/	/	195,1	97,5	25,2	3,3	400,0	40171,9	79279,8	/	/	/	20,0			**0,03**
19,95	/	/	199,6	99,8	24,4	3,1	400,0	40577,2	80166,2	/	/	/	19,4			**0,03**
20,45	/	/	204,1	102,0	23,7	2,9	400,0	40981,3	81044,0	/	/	/	18,9			**0,03**
20,95	/	/	208,6	104,3	23,1	2,8	400,0	41384,0	81913,4	/	/	/	18,3			**0,03**
21,45	/	/	213,1	106,5	22,4	2,6	400,0	41785,2	82774,7	/	/	/	17,8			**0,02**
21,95	/	/	217,6	108,8	21,8	2,4	400,0	42184,7	83628,0	/	/	/	17,3			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

SINTESI

Cedimenti risultanti a tempo infinito

	totali [cm]	terreni gross. [cm]	terreni fini [cm]
w_s	0,58	0,58	0,00
w_b	1,07	1,07	0,00
w_l	1,32	1,32	0,00
w_c	2,18	2,18	0,00
w_{medio}	**1,57**	**1,57**	**0,00**

$w_{s\text{-}b\text{-}l}$ = cedimento dello spigolo, della mezzeria lato minore, maggiore,
w_c = cedimento centro,
w_{medio} = cedimento area di carico infinitamente rigida.

CALCOLO CEDIMENTI AREA DI CARICO

Commitente	IRETI S.P.A.
Cantiere	GENOVA
n° lavoro	L046-17
Osservazioni	BIOLOGICO ULTRAFILTRAZIONE E EDIFICIO SERV.

DATI d'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO		
coefficiente di Skempton	A =	0,40
coefficiente pressione a riposo:	k_0 =	0,50
coefficiente correttivo β=A+α*(1-A) (Skempton, Bjerrum):	β =	0,70
coefficiente di Poisson	ν =	0,30
$\alpha = \Delta\sigma_{hci} / \Delta\sigma_{hci}$	α =	0,50
peso di volume del terreno sotto la fondazione [kN/m^3]:	γ_i =	19,00
peso di volume del terreno sopra la fondazione [kN/m^3]:	γ_s =	19,00
peso di volume acqua [kN/m^3]:	γ_w =	10,00
quota livello acqua sotterranea [m]:	Q_w =	50,00

Litologia terreni				
quota sup. [m]	quota inf. [m]	granulometria	E_{UL-RL}/E_{cv}	
0,0	7,0	sabbia grossa/ghiaia	2	
7,0	11,5	sabbia grossa/ghiaia	2	
11,50	16,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
16,50	19,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
19,00	23,50	sabbia grossa/ghiaia	2	
23,50	300,00	sabbia grossa/ghiaia	2	
			/	
			/	
			/	
			/	

Caratteristiche di deformabilità terreni granulari

Il modulo elastico E relativo ai terreni granulari è assunto pari a $E = m^*(p_c/p_0)^n$ dove
$p_c=\sigma_{v^*}k_{0+}\sigma_h$ (σ_v=pressione di contenimento, σ_h=incremento dovuto al sovraccarico),
m è il gradiente di E.

Caratteristiche di deformabilità terreni fini

quota sup. [m]	quota inf. [m]	OCR	C_c	C_r	c_v [m^2/s]

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE E OPZIONI	
lato minore area di carico [m]:	44,0
lato maggiore area di carico [m]:	70,0
pressione trasmessa al terreno [kPa]:	120,0
quota del piano di campagna [m]:	0,0
quota del piano di calpestio [m]:	0,0
quota del piano dell'area di carico [m]:	0,70
grado di consolidaz. pressione di rigonfiam. alla ricarica (terreni fini) [%]:	0,0
intervallo di suddivisione Δx [m]:	0,5

RISULTATI DEI CALCOLI

z = profondità media strato da z.r.,
N_c = numero colpi corretto col fattore $C_N = (98.1./\sigma_v)^{.5}$
D_r = densità relativa,
σ_{vt} = pressione geostatica verticale,
σ_{ht} = pressione geostatica orizzontale (a riposo),
σ_{vc} = incremento pressione verticale dovuto al sovraccarico,
σ_{hc} = incremento pressione orizzontale dovuto al sovraccarico,
m = gradiente del modulo elastico E
E_{cv} = modulo elastico verticale (curva vergine),
E_{UL-RL} = modulo elastico verticale di ricarico/scarico,

C'_c, C'_r = rapporti di compressibilità/ricompressione edometrica,
σ_0 = pressione di sovraconsolidazione,
σ_1 = $\sigma_{vc} - \sigma_2$,
σ_2 = pressione terreno sbancato,
w_{rigonf} = rigonfiamento,
w = cedimento risultante.

Formule generali calcolo cedimento wi dello strato iesimo

$w_i = \sigma_{vc}/E^*\Delta H_i$ terreni granulari
$w_i = \beta^*C'_{c-r}^*[\log(\sigma_{vc} + \sigma_{vt})/\sigma_{vt}]^*\Delta H_i$ terreni fini

Formula generale per il calcolo del tempo t_i di consolidazione

$t_i = T_i * \Delta H^2/c_v$ T_i = fattore di tempo
ΔH = percorso di drenaggio

SULLO SPIGOLO

z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	30,0	29,8	400,0	24926,4	28089,8	/	/	/	26,7	3,3	0,01	**0,06**
1,45	/	/	27,6	13,8	30,0	29,4	400,0	26290,2	33019,8	/	/	/	26,7	3,3	0,01	**0,06**
1,95	/	/	37,1	18,5	30,0	29,0	400,0	27586,7	37303,9	/	/	/	26,7			**0,05**
2,45	/	/	46,6	23,3	30,0	28,7	400,0	28825,1	41144,4	/	/	/	26,7			**0,05**
2,95	/	/	56,1	28,0	30,0	28,3	400,0	30012,6	44655,8	/	/	/	26,7			**0,05**
3,45	/	/	65,6	32,8	30,0	27,9	400,0	31155,0	47910,6	/	/	/	26,7			**0,05**
3,95	/	/	75,1	37,5	30,0	27,5	400,0	32257,2	50958,1	/	/	/	26,7			**0,04**
4,45	/	/	84,6	42,3	30,0	27,1	400,0	33323,2	53833,3	/	/	/	26,7			**0,04**
4,95	/	/	94,1	47,0	30,0	26,7	400,0	34356,5	56562,6	/	/	/	26,7			**0,04**
5,45	/	/	103,6	51,8	30,0	26,4	400,0	35359,8	59166,3	/	/	/	26,7			**0,04**
5,95	/	/	113,1	56,5	30,0	26,0	400,0	36335,8	61660,2	/	/	/	26,7			**0,04**
6,45	/	/	122,6	61,3	30,0	25,6	400,0	37286,6	64057,2	/	/	/	26,6			**0,04**
6,95	/	/	132,1	66,0	30,0	25,2	400,0	38214,1	66367,7	/	/	/	26,6			**0,04**
7,45	/	/	141,6	70,8	29,9	24,9	550,0	53790,1	94325,8	/	/	/	26,6			**0,03**
7,95	/	/	151,1	75,5	29,9	24,5	550,0	55008,1	97299,3	/	/	/	26,6			**0,03**
8,45	/	/	160,6	80,3	29,9	24,1	550,0	56200,3	100184,7	/	/	/	26,6			**0,03**
8,95	/	/	170,1	85,0	29,9	23,8	550,0	57368,3	102989,5	/	/	/	26,6			**0,02**
9,45	/	/	179,55	89,78	29,89	23,41	550,00	58513,67	105720,03	/	/	/	26,6			**0,02**
9,95	/	/	189,05	94,53	29,87	23,05	550,00	59637,67	108381,96	/	/	/	26,6			**0,02**
10,45	/	/	198,55	99,28	29,85	22,69	550,00	60741,54	110980,22	/	/	/	26,5			**0,02**
10,95	/	/	208,05	104,03	29,83	22,34	550,00	61826,37	113519,18	/	/	/	26,5			**0,02**
11,45	/	/	217,55	108,78	29,80	21,99	550,00	62893,19	116002,76	/	/	/	26,5			**0,02**
11,95	/	/	227,05	113,53	29,77	21,64	500,00	58129,91	107667,67	/	/	/	26,5			**0,02**
12,45	/	/	236,55	118,28	29,74	21,29	500,00	59069,44	109833,95	/	/	/	26,4			**0,02**
12,95	/	/	246,05	123,03	29,71	20,95	500,00	59994,91	111958,48	/	/	/	26,4			**0,02**
13,45	/	/	255,55	127,78	29,68	20,61	500,00	60906,98	114043,60	/	/	/	26,4			**0,02**
13,95	/	/	265,05	132,53	29,64	20,28	500,00	61806,26	116091,43	/	/	/	26,4			**0,02**
14,45	/	/	274,55	137,28	29,60	19,94	500,00	62693,32	118103,92	/	/	/	26,3			**0,02**
14,95	/	/	284,05	142,03	29,56	19,61	500,00	63568,69	120082,85	/	/	/	26,3			**0,02**
15,45	/	/	293,55	146,78	29,51	19,29	500,00	64432,85	122029,84	/	/	/	26,2			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MINORE																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	60,0	59,3	400,0	33067,8	31596,8	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,09**
1,45	/	/	27,6	13,8	60,0	58,0	400,0	33877,1	35953,9	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,09**
1,95	/	/	37,1	18,5	60,0	56,6	400,0	34668,4	39837,6	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,09**
2,45	/	/	46,6	23,3	60,0	55,2	400,0	35443,2	43375,4	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,08**
2,95	/	/	56,1	28,0	60,0	53,9	400,0	36203,1	46646,2	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,08**
3,45	/	/	65,6	32,8	60,0	52,6	400,0	36949,6	49703,0	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,08**
3,95	/	/	75,1	37,5	59,9	51,2	400,0	37683,8	52583,2	/	/	/	53,3			**0,08**
4,45	/	/	84,6	42,3	59,9	49,9	400,0	38406,9	55314,4	/	/	/	53,2			**0,08**
4,95	/	/	94,1	47,0	59,8	48,6	400,0	39119,8	57918,0	/	/	/	53,2			**0,07**
5,45	/	/	103,6	51,8	59,8	47,3	400,0	39823,5	60410,5	/	/	/	53,1			**0,07**
5,95	/	/	113,1	56,5	59,7	46,1	400,0	40518,7	62805,2	/	/	/	53,1			**0,07**
6,45	/	/	122,6	61,3	59,6	44,8	400,0	41206,1	65113,1	/	/	/	53,0			**0,07**
6,95	/	/	132,1	66,0	59,5	43,6	400,0	41886,3	67343,0	/	/	/	52,9			**0,07**
7,45	/	/	141,6	70,8	59,3	42,4	550,0	58520,0	95566,0	/	/	/	52,8			**0,05**
7,95	/	/	151,1	75,5	59,2	41,3	550,0	59438,0	98447,5	/	/	/	52,6			**0,05**
8,45	/	/	160,6	80,3	59,0	40,1	550,0	60348,2	101248,7	/	/	/	52,5			**0,05**
8,95	/	/	170,1	85,0	58,8	39,0	550,0	61251,1	103976,1	/	/	/	52,3			**0,05**
9,45	/	/	179,6	89,8	58,6	37,9	550,0	62147,2	106635,3	/	/	/	52,1			**0,04**
9,95	/	/	189,1	94,5	58,4	36,8	550,0	63037,0	109231,5	/	/	/	51,9			**0,04**
10,45	/	/	198,6	99,3	58,2	35,8	550,0	63920,6	111769,0	/	/	/	51,7			**0,04**
10,95	/	/	208,1	104,0	57,9	34,8	550,0	64798,6	114251,7	/	/	/	51,5			**0,04**
11,45	/	/	217,6	108,8	57,7	33,8	550,0	65671,0	116683,2	/	/	/	51,3			**0,04**
11,95	/	/	227,1	113,5	57,4	32,8	500,0	60489,2	108242,3	/	/	/	51,0			**0,05**
12,45	/	/	236,6	118,3	57,1	31,9	500,0	61272,8	110367,8	/	/	/	50,8			**0,04**
12,95	/	/	246,1	123,0	56,8	31,0	500,0	62051,9	112454,4	/	/	/	50,5			**0,04**
13,45	/	/	255,6	127,8	56,5	30,1	500,0	62826,6	114504,4	/	/	/	50,2			**0,04**
13,95	/	/	265,1	132,5	56,1	29,3	500,0	63597,1	116519,4	/	/	/	49,9			**0,04**
14,45	/	/	274,6	137,3	55,8	28,4	500,0	64363,2	118501,5	/	/	/	49,6			**0,04**
14,95	/	/	284,1	142,0	55,4	27,6	500,0	65125,3	120452,1	/	/	/	49,3			**0,04**
15,45	/	/	293,6	146,8	55,0	26,8	500,0	65883,2	122372,7	/	/	/	48,9			**0,04**
15,95	/	/	303,1	151,5	54,6	26,1	500,0	66637,0	124264,7	/	/	/	48,6			**0,04**
16,45	/	/	312,6	156,3	54,3	25,4	500,0	67386,8	126129,4	/	/	/	48,2			**0,04**
16,95	/	/	322,1	161,0	53,9	24,7	700,0	95385,7	179155,1	/	/	/	47,9			**0,03**
17,45	/	/	331,6	165,8	53,4	24,0	700,0	96424,2	181693,9	/	/	/	47,5			**0,03**
17,95	/	/	341,1	170,5	53,0	23,3	700,0	97457,2	184199,0	/	/	/	47,2			**0,03**
18,45	/	/	350,6	175,3	52,6	22,7	700,0	98484,6	186671,7	/	/	/	46,8			**0,03**
18,95	/	/	360,1	180,0	52,2	22,0	700,0	99506,5	189113,3	/	/	/	46,4			**0,02**
19,45	/	/	369,6	184,8	51,8	21,4	400,0	57441,6	109442,8	/	/	/	46,0			**0,04**
19,95	/	/	379,1	189,5	51,3	20,9	400,0	58019,3	110804,3	/	/	/	45,6			**0,04**
20,45	/	/	388,6	194,3	50,9	20,3	400,0	58593,8	112149,9	/	/	/	45,2			**0,04**
20,95	/	/	398,1	199,0	50,4	19,8	400,0	59165,2	113480,2	/	/	/	44,8			**0,04**
21,45	/	/	407,6	203,8	50,0	19,2	400,0	59733,5	114795,5	/	/	/	44,4			**0,04**
21,95	/	/	417,1	208,5	49,5	18,7	400,0	60298,6	116096,5	/	/	/	44,1			**0,04**
22,45	/	/	426,6	213,3	49,1	18,2	400,0	60860,7	117383,5	/	/	/	43,7			**0,04**
22,95	/	/	436,1	218,0	48,6	17,7	400,0	61419,7	118657,1	/	/	/	43,3			**0,04**
23,45	/	/	445,6	222,8	48,2	17,3	400,0	61975,6	119917,5	/	/	/	42,9			**0,04**
23,95	/	/	455,1	227,5	47,8	16,8	800,0	125056,9	242330,7	/	/	/	42,5			**0,02**
24,45	/	/	464,6	232,3	47,3	16,4	800,0	126156,5	244801,6	/	/	/	42,1			**0,02**

Calcolo arrestato per $\sigma_{vc} <$ 0,1 σ_{vt}

IN MEZZERIA DEL LATO MAGGIORE																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	C'_c [/]	C'_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	60,0	59,5	400,0	33106,4	31614,7	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,09**
1,45	/	/	27,6	13,8	60,0	58,4	400,0	33989,8	36001,0	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,09**
1,95	/	/	37,1	18,5	60,0	57,4	400,0	34851,1	39908,2	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,08**
2,45	/	/	46,6	23,3	60,0	56,3	400,0	35692,0	43465,8	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,08**
2,95	/	/	56,1	28,0	60,0	55,3	400,0	36514,1	46753,6	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,08**
3,45	/	/	65,6	32,8	60,0	54,3	400,0	37318,8	49825,1	/	/	/	53,3	6,6	0,01	**0,08**
3,95	/	/	75,1	37,5	60,0	53,2	400,0	38107,4	52718,3	/	/	/	53,3			**0,08**
4,45	/	/	84,6	42,3	60,0	52,2	400,0	38880,9	55461,1	/	/	/	53,3			**0,07**
4,95	/	/	94,1	47,0	59,9	51,2	400,0	39640,5	58074,8	/	/	/	53,3			**0,07**
5,45	/	/	103,6	51,8	59,9	50,2	400,0	40387,0	60576,1	/	/	/	53,3			**0,07**
5,95	/	/	113,1	56,5	59,9	49,2	400,0	41121,3	62978,6	/	/	/	53,2			**0,07**
6,45	/	/	122,6	61,3	59,9	48,2	400,0	41844,1	65293,2	/	/	/	53,2			**0,07**
6,95	/	/	132,1	66,0	59,8	47,2	400,0	42556,1	67528,9	/	/	/	53,2			**0,07**
7,45	/	/	141,6	70,8	59,8	46,2	550,0	59479,8	95828,3	/	/	/	53,1			**0,05**
7,95	/	/	151,1	75,5	59,7	45,2	550,0	60431,8	98715,4	/	/	/	53,1			**0,05**
8,45	/	/	160,6	80,3	59,6	44,2	550,0	61371,4	101521,0	/	/	/	53,0			**0,05**
8,95	/	/	170,1	85,0	59,6	43,3	550,0	62299,4	104251,8	/	/	/	53,0			**0,05**
9,45	/	/	179,6	89,8	59,5	42,3	550,0	63216,2	106913,6	/	/	/	52,9			**0,04**
9,95	/	/	189,1	94,5	59,4	41,4	550,0	64122,6	109511,3	/	/	/	52,8			**0,04**
10,45	/	/	198,6	99,3	59,3	40,5	550,0	65019,1	112049,5	/	/	/	52,7			**0,04**
10,95	/	/	208,1	104,0	59,2	39,6	550,0	65906,1	114532,2	/	/	/	52,7			**0,04**
11,45	/	/	217,6	108,8	59,1	38,7	550,0	66784,1	116963,0	/	/	/	52,6			**0,04**
11,95	/	/	227,1	113,5	59,0	37,8	500,0	61503,3	108495,3	/	/	/	52,4			**0,05**
12,45	/	/	236,6	118,3	58,9	36,9	500,0	62286,3	110619,0	/	/	/	52,3			**0,04**
12,95	/	/	246,1	123,0	58,7	36,0	500,0	63062,2	112703,3	/	/	/	52,2			**0,04**
13,45	/	/	255,6	127,8	58,6	35,2	500,0	63831,3	114750,4	/	/	/	52,1			**0,04**
13,95	/	/	265,1	132,5	58,4	34,4	500,0	64593,9	116762,3	/	/	/	51,9			**0,04**
14,45	/	/	274,6	137,3	58,2	33,6	500,0	65350,3	118740,7	/	/	/	51,8			**0,04**
14,95	/	/	284,1	142,0	58,1	32,7	500,0	66100,7	120687,4	/	/	/	51,6			**0,04**
15,45	/	/	293,6	146,8	57,9	32,0	500,0	66845,3	122603,8	/	/	/	51,5			**0,04**
15,95	/	/	303,1	151,5	57,7	31,2	500,0	67584,4	124491,3	/	/	/	51,3			**0,04**
16,45	/	/	312,6	156,3	57,5	30,4	500,0	68318,1	126351,3	/	/	/	51,1			**0,04**
16,95	/	/	322,1	161,0	57,3	29,7	700,0	96665,2	179458,9	/	/	/	50,9			**0,03**
17,45	/	/	331,6	165,8	57,0	28,9	700,0	97678,1	181990,6	/	/	/	50,7			**0,03**
17,95	/	/	341,1	170,5	56,8	28,2	700,0	98684,3	184488,4	/	/	/	50,5			**0,03**
18,45	/	/	350,6	175,3	56,6	27,5	700,0	99683,8	186953,7	/	/	/	50,3			**0,03**
18,95	/	/	360,1	180,0	56,3	26,8	700,0	100676,9	189387,7	/	/	/	50,1			**0,03**
19,45	/	/	369,6	184,8	56,1	26,2	400,0	58093,6	109595,3	/	/	/	49,8			**0,05**
19,95	/	/	379,1	189,5	55,8	25,5	400,0	58654,1	110952,4	/	/	/	49,6			**0,05**
20,45	/	/	388,6	194,3	55,5	24,8	400,0	59211,2	112293,6	/	/	/	49,4			**0,04**
20,95	/	/	398,1	199,0	55,2	24,2	400,0	59765,1	113619,4	/	/	/	49,1			**0,04**
21,45	/	/	407,6	203,8	55,0	23,6	400,0	60315,7	114930,4	/	/	/	48,9			**0,04**
21,95	/	/	417,1	208,5	54,7	23,0	400,0	60863,1	116227,0	/	/	/	48,6			**0,04**
22,45	/	/	426,6	213,3	54,4	22,4	400,0	61407,5	117509,7	/	/	/	48,3			**0,04**
22,95	/	/	436,1	218,0	54,1	21,8	400,0	61948,9	118778,9	/	/	/	48,1			**0,04**
23,45	/	/	445,6	222,8	53,7	21,3	400,0	62487,2	120035,2	/	/	/	47,8			**0,04**
23,95	/	/	455,1	227,5	53,4	20,7	800,0	126045,5	242557,6	/	/	/	47,5			**0,02**
24,45	/	/	464,6	232,3	53,1	20,2	800,0	127110,7	245020,4	/	/	/	47,2			**0,02**
24,95	/	/	474,1	237,0	52,8	19,7	800,0	128170,4	247459,4	/	/	/	46,9			**0,02**
25,45	/	/	483,6	241,8	52,4	19,1	800,0	129224,5	249875,3	/	/	/	46,6			**0,02**
25,95	/	/	493,1	246,5	52,1	18,6	800,0	130273,2	252268,7	/	/	/	46,3			**0,02**
26,45	/	/	502,6	251,3	51,8	18,2	800,0	131316,5	254640,4	/	/	/	46,0			**0,02**
26,95	/	/	512,1	256,0	51,4	17,7	800,0	132354,5	256990,9	/	/	/	45,7			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

AL CENTRO																
z [m]	N_c [colpi]	D_r [%]	σ_{vt} [kPa]	σ_{ht} [kPa]	σ_{vc} [kPa]	σ_{hc} [kPa]	m [/]	E_{cv} [kPa]	E_{UL-RL} [kPa]	Cc [/]	C_r [/]	σ_0 [kPa]	σ_1 [kPa]	σ_2 [kPa]	w_{rigonf} [cm]	**w [cm]**
0,95	/	/	18,1	9,0	120,0	118,5	400,0	45164,1	37654,9	/	/	/	106,7	13,3	0,03	**0,14**
1,45	/	/	27,6	13,8	120,0	115,4	400,0	45460,1	41232,2	/	/	/	106,7	13,3	0,02	**0,13**
1,95	/	/	37,1	18,5	120,0	112,3	400,0	45755,5	44523,5	/	/	/	106,7	13,3	0,02	**0,13**
2,45	/	/	46,6	23,3	120,0	109,3	400,0	46051,3	47588,8	/	/	/	106,7	13,3	0,02	**0,13**
2,95	/	/	56,1	28,0	119,9	106,2	400,0	46348,2	50469,4	/	/	/	106,6	13,3	0,02	**0,13**
3,45	/	/	65,6	32,8	119,9	103,2	400,0	46647,1	53195,8	/	/	/	106,6	13,3	0,01	**0,13**
3,95	/	/	75,1	37,5	119,8	100,2	400,0	46948,7	55790,8	/	/	/	106,5	13,3	0,01	**0,13**
4,45	/	/	84,6	42,3	119,7	97,3	400,0	47253,8	58272,3	/	/	/	106,5	13,3	0,01	**0,12**
4,95	/	/	94,1	47,0	119,6	94,4	400,0	47562,9	60654,4	/	/	/	106,3	13,3	0,01	**0,12**
5,45	/	/	103,6	51,8	119,4	91,5	400,0	47876,6	62948,7	/	/	/	106,2	13,2	0,01	**0,12**
5,95	/	/	113,1	56,5	119,3	88,6	400,0	48195,4	65164,6	/	/	/	106,0	13,2	0,01	**0,12**
6,45	/	/	122,6	61,3	119,0	85,9	400,0	48519,9	67310,0	/	/	/	105,8	13,2	0,01	**0,12**
6,95	/	/	132,1	66,0	118,8	83,1	400,0	48850,3	69391,7	/	/	/	105,6			**0,12**
7,45	/	/	141,6	70,8	118,5	80,4	550,0	67632,3	98196,2	/	/	/	105,3			**0,08**
7,95	/	/	151,1	75,5	118,1	77,8	550,0	68104,3	100905,6	/	/	/	105,0			**0,08**
8,45	/	/	160,6	80,3	117,8	75,2	550,0	68585,7	103547,9	/	/	/	104,7			**0,08**
8,95	/	/	170,1	85,0	117,3	72,7	550,0	69076,5	106128,1	/	/	/	104,3			**0,08**
9,45	/	/	179,6	89,8	116,9	70,3	550,0	69577,0	108650,7	/	/	/	103,9			**0,08**
9,95	/	/	189,1	94,5	116,4	67,9	550,0	70087,1	111119,8	/	/	/	103,5			**0,08**
10,45	/	/	198,6	99,3	115,9	65,5	550,0	70606,9	113538,9	/	/	/	103,0			**0,08**
10,95	/	/	208,1	104,0	115,3	63,3	550,0	71136,3	115911,1	/	/	/	102,5			**0,08**
11,45	/	/	217,6	108,8	114,7	61,1	550,0	71675,0	118239,4	/	/	/	101,9			**0,08**
11,95	/	/	227,1	113,5	114,0	58,9	500,0	65657,3	109569,3	/	/	/	101,4			**0,08**
12,45	/	/	236,6	118,3	113,3	56,8	500,0	66163,7	111612,6	/	/	/	100,7			**0,08**
12,95	/	/	246,1	123,0	112,6	54,8	500,0	66678,0	113622,2	/	/	/	100,1			**0,08**
13,45	/	/	255,6	127,8	111,8	52,9	500,0	67200,0	115600,0	/	/	/	99,4			**0,08**
13,95	/	/	265,1	132,5	111,0	51,0	500,0	67729,4	117547,3	/	/	/	98,7			**0,08**
14,45	/	/	274,6	137,3	110,2	49,1	500,0	68265,9	119465,8	/	/	/	98,0			**0,08**
14,95	/	/	284,1	142,0	109,3	47,4	500,0	68809,2	121356,7	/	/	/	97,2			**0,08**
15,45	/	/	293,6	146,8	108,5	45,7	500,0	69358,8	123221,2	/	/	/	96,4			**0,07**
15,95	/	/	303,1	151,5	107,6	44,0	500,0	69914,5	125060,5	/	/	/	95,6			**0,07**
16,45	/	/	312,6	156,3	106,6	42,4	500,0	70475,9	126875,6	/	/	/	94,8			**0,07**
16,95	/	/	322,1	161,0	105,7	40,9	700,0	99459,7	180134,6	/	/	/	94,0			**0,05**
17,45	/	/	331,6	165,8	104,7	39,4	700,0	100260,1	182612,0	/	/	/	93,1			**0,05**
17,95	/	/	341,1	170,5	103,7	37,9	700,0	101067,1	185059,4	/	/	/	92,2			**0,05**
18,45	/	/	350,6	175,3	102,7	36,6	700,0	101880,0	187477,8	/	/	/	91,3			**0,05**
18,95	/	/	360,1	180,0	101,7	35,2	700,0	102698,4	189868,3	/	/	/	90,4			**0,05**
19,45	/	/	369,6	184,8	100,7	33,9	400,0	59155,4	109846,8	/	/	/	89,5			**0,08**
19,95	/	/	379,1	189,5	99,6	32,7	400,0	59628,5	111182,4	/	/	/	88,6			**0,08**
20,45	/	/	388,6	194,3	98,6	31,5	400,0	60104,1	112503,7	/	/	/	87,6			**0,08**
20,95	/	/	398,1	199,0	97,5	30,4	400,0	60581,7	113811,0	/	/	/	86,7			**0,08**
21,45	/	/	407,6	203,8	96,4	29,3	400,0	61061,3	115104,8	/	/	/	85,8			**0,07**
21,95	/	/	417,1	208,5	95,4	28,2	400,0	61542,5	116385,5	/	/	/	84,8			**0,07**
22,45	/	/	426,6	213,3	94,3	27,2	400,0	62025,1	117653,4	/	/	/	83,8			**0,07**
22,95	/	/	436,1	218,0	93,2	26,2	400,0	62509,0	118909,0	/	/	/	82,9			**0,07**
23,45	/	/	445,6	222,8	92,1	25,2	400,0	62993,9	120152,5	/	/	/	81,9			**0,07**
23,95	/	/	455,1	227,5	91,0	24,3	800,0	126959,2	242768,8	/	/	/	81,0			**0,03**
24,45	/	/	464,6	232,3	90,0	23,5	800,0	127932,0	245209,8	/	/	/	80,0			**0,03**
24,95	/	/	474,1	237,0	88,9	22,6	800,0	128905,7	247628,6	/	/	/	79,0			**0,03**
25,45	/	/	483,6	241,8	87,8	21,8	800,0	129880,1	250025,9	/	/	/	78,1			**0,03**
25,95	/	/	493,1	246,5	86,7	21,0	800,0	130854,8	252402,2	/	/	/	77,1			**0,03**
26,45	/	/	502,6	251,3	85,7	20,3	800,0	131829,6	254757,9	/	/	/	76,2			**0,03**
26,95	/	/	512,1	256,0	84,6	19,6	800,0	132804,1	257093,7	/	/	/	75,2			**0,03**
27,45	/	/	521,6	260,8	83,5	18,9	800,0	133778,2	259409,9	/	/	/	74,3			**0,03**
27,95	/	/	531,1	265,5	82,5	18,2	800,0	134751,6	261707,1	/	/	/	73,3			**0,03**
28,45	/	/	540,6	270,3	81,4	17,6	800,0	135724,0	263985,7	/	/	/	72,4			**0,03**
28,95	/	/	550,1	275,0	80,4	16,9	800,0	136695,2	266246,1	/	/	/	71,5			**0,03**
29,45	/	/	559,6	279,8	79,3	16,3	800,0	137665,1	268488,7	/	/	/	70,5			**0,03**
29,95	/	/	569,1	284,5	78,3	15,8	800,0	138633,4	270713,9	/	/	/	69,6			**0,03**
30,45	/	/	578,6	289,3	77,3	15,2	800,0	139600,0	272922,1	/	/	/	68,7			**0,03**
30,95	/	/	588,1	294,0	76,3	14,7	800,0	140564,8	275113,6	/	/	/	67,8			**0,03**
31,45	/	/	597,6	298,8	75,3	14,2	800,0	141527,5	277288,9	/	/	/	66,9			**0,03**
31,95	/	/	607,1	303,5	74,3	13,7	800,0	142488,0	279448,2	/	/	/	66,1			**0,02**
32,45	/	/	616,6	308,3	73,3	13,2	800,0	143446,3	281591,9	/	/	/	65,2			**0,02**

Calcolo arrestato per σ_{vc}< 0,1 σ_{vt}

SINTESI

Cedimenti risultanti a tempo infinito

	totali [cm]	terreni gross. [cm]	terreni fini [cm]
w_s	1,00	1,00	0,00
w_b	2,36	2,36	0,00
w_l	2,50	2,50	0,00
w_c	4,71	4,71	0,00
w_{medio}	**3,28**	**3,28**	**0,00**

$w_{s\text{-}b\text{-}l}$ = cedimento dello spigolo, della mezzeria lato minore, maggiore,
w_c = cedimento centro,
w_{medio} = cedimento area di carico infinitamente rigida.

ANALISI PALO SOTTOPOSTO A FORZE VERTICALI

MODALITA' DI CALCOLO CAPACITA' PORTANTE

PALO TRIVELLATO TIPO CFA

La resistenza di calcolo $R_{c,cal}$ del palo viene considerata come sommatoria delle resistenze laterale R_{c,cal_l} e di base R_{c,cal_b}.

Per la valutazione della R_{c,cal_b} il terreno viene considerato incompressibile e in condizione di rottura generale adottando il procedimento di BEREZANTZEV (1961).

Per la valutazione della R_{c,cal_l} viene adottato il metodo di MAYER (1949) e BERNAL-REESE (1983) per i quali l'adesione laterale palo-terreno è funzione della pressione del calcestruzzo fluido per una profondità massima di 10 m.

Le formule generali adottate nei calcoli sono le seguenti:

$$R_{c,cal} = R_{c,cal_l} + R_{c,cal_b} \quad [1]$$

$$R_{c,cal_l} = \pi \, \mathbf{D} \, * (\Sigma_i \, \Delta \mathbf{H}_i * (\tau_{i1} + \tau_{i2})) \quad [2]$$

$$R_{c,cal_b} = \alpha_b * \Omega_b * (c * N_c + \alpha * \sigma_{vb} * N_q + 0.3 * \gamma_b * \mathbf{D} * N_\gamma)$$

dove:

D = diametro palo,

$\Delta \mathbf{H}_i$ = spessore strato di suddivisione iesimo,

$\tau_{i1} = \sigma_{cls} * \tan\delta_i$ = adesione palo-terreno relativa allo strato iesimo dove σ_{cls} è la pressione del cls fluido a partire dal piano lavori,

δ = angolo d'attrito terra-muro,

$\tau_{i2} = w_i * c_i$ = adesione palo-terreno dovuta alla coesione c_i; w_i = coefficiente di riduzione secondo AGI,

α_b = coefficiente moltiplicativo dell'area di base,

c = coesione,

N_c; N_q; N_g = fattori di capacità portante,

α = coefficiente di riduzione della σ_{vb} secondo Berezantzev,

$\sigma_{vb} = \gamma_m * z_b$ = pressione verticale efficace alla base del palo,

γ_m = peso di volume medio ponderale del terreno entro la profondità z,

z_b = profondità della base del palo misurata da Q_{pci},

γ_b = peso di volume del terreno al disotto della base del palo.

Per le verifiche agli stati limiti di esercizio (S.L.E.), il cedimento del palo viene calcolato considerando un carico agente N_{calc_SLE} assunto pari a:

$$N_{calc_SLE} = R_{c,cal_b}/F_{sb} + R_{c,cal_l}/F_{sl} - \mathbf{P}_p$$

dove:

$\mathbf{P}_p$ = peso proprio del palo.

F_{sb}, F_{sl} = coefficienti di riduzione della resistenza di calcolo.

Nel calcolo agli stati limiti ultimi (S.L.U.), la verifica per collasso dovuto al raggiungimento del carico limite dell'insieme palo-terreno deve soddisfare la condizione:

$$E_d <= R_d$$

dove E_d e R_d sono rispettivamente i valori di progetto dell'azione e della resistenza.

La R_d viene calcolata secondo il D.M. del 14/01/08:

Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1): $R_d = R_{c;k}(\varphi, c) = R_{c;kb}(\varphi, c) + R_{c;kl}(\varphi, c) - \mathbf{P}_p * \gamma_F$

Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M1+R2): $R_d = R_{c;kb}(\varphi, c)/1{,}6 + R_{c;kl}(\varphi, c)/1{,}45 - \mathbf{P}_p * \gamma_F$

Approccio 2 (A1+M1+R3): $R_d = R_{c;kb}(\varphi, c)/1{,}45 + R_{c;kl}(\varphi, c)/1{,}15 - \mathbf{P}_p * \gamma_F$

Per $R_{c;k}(\varphi, c)$ si è indicata la resistenza caratteristica, laterale (l) e di base (b,) calcolata utilizzando i valori di φ e c caratteristici.

La resistenza caratteristica $R_{c;k}$ è valutata tramite l'espressione:

$$R_{c;kl} = \text{Min} \{(R_{c,cal_l})_{media}/\xi_3; (R_{c,cal_l})_{min}/\xi_4\}$$

$$R_{c;kb} = \text{Min}\ \{(R_{c,cal_b})_{media}/\xi_3;\ (R_{c,cal_b})_{min}/\xi_4\}$$

ξ_3, ξ_4 = fattori di correlazione funzione della condizione geotecnica adottata (ξ_3: favorevole $(R_{c,calc})_{media}$; ξ_4: sfavorevole $(R_{c,calc})_{min}$ (cfr. (tab. 6.4.III del D.M. del 14/02/2008).

MODALITA' DI CALCOLO DEL CEDIMENTO

- a) Il calcolo del cedimento w_t del palo isolato è eseguito suddividendo l'elemento in n. 10 conci e applicando il metodo delle curve di trasferimento (τ - z)

Il terreno lungo la superficie laterale e alla base viene considerato a comportamento elastico non lineare secondo una curva p-y di tipo iperbolico avente la seguente espressione:

$$\tau = \tau_{lim} * k_{si} * w_t/(\tau_{lim} + k_{si} * w_t) \qquad [3]$$

$$\sigma_b = \sigma_{blim} * k_{si} * w_t/(\sigma_{blim} + k_{si} * w_t) \qquad [4]$$

dove:

τ, σ_b = adesione palo-terreno e pressione del terreno alla base rispettivamente,

τ_{lim}, σ_{blim} = adesione limite palo-terreno e pressione limite del terreno alla base del palo rispettivamente, coincidente con l'asintoto della curva τ-w e σ_b-w,

k_{si} = pendenza tangente iniziale della curva τ-w e σ_b-w,

w_t = cedimento sotto τ e σ_b.

- b) Per la valutazione di k_{si} si utilizzano la [3] e la [4] provvedendo dapprima al calcolo di τ_{lim} per i singoli del singolo concio e della base del palo,

- c) Il calcolo del cedimento w_{tli} del generico concio all'interfaccia tra il palo e il terreno è eseguito utilizzando la seguente espressione:

$$w_{tli} = (\xi * \tau_i * D/2)/G_i$$

dove:

ξ = coefficiente empirico dipendente dalle modalità esecutive e che per il palo in esame si è assunto pari a 5,

τ_i = sforzo di taglio all'interfaccia concio iesimo-terreno,

D = diametro del palo,

G_i = modulo di taglio del terreno a lato del concio iesimo.

Il cedimento w_b del concio di base è calcolato tramite l'espressione seguente:

$$w_b = N * (1 - \nu)/(D/2\ G_b * 4)$$

dove:

N = carico assiale alla base del palo,

ν = rapporto di Poisson,

D = diametro del palo,

G_b = modulo di taglio del terreno alla base del palo.

- d) Note le curve di trasferimento per ogni singolo elemento di suddivisione, la prima iterazione considera la curva di trasferimento assimilata a una retta con pendenza k_{si}. Sulla scorta dello stato deformazionale ottenuto dalla prima iterazione (valori di w) il sistema procede al calcolo dei nuovi valori di k_s che è la rigidezza secante alla curva e con tale valore esegue la seconda iterazione e successivamente altre iterazioni fino a convergenza.

Il calcestruzzo viene considerato a comportamento elastico.

DATI DI INPUT

Geometria

Quota piano a lato della fondazione [m]:	Q_{pci} =	-0,7
Quota testa palo (imposta fondazione) [m]:	Q_f =	-0,7
Quota piano lavori [m]:	Q_{pl} =	0,0
Diametro palo [m]:	D =	0,42
Quota base palo per calcolo cedimenti [m]:	Q_b =	-20,5

Geotecnica

Strato	Q_l	ν	γ	m-α	φ	c	d	w
	[m]	[/]	[kN/m^3]	[/]	[gradi]	[kPa]	[/]	[/]
1	-11,5	0,30	19,0	450,0	26,0	0,0	1,0	0,9
2	-16,5	0,30	19,0	500,0	27,5	0,0	1,0	0,9
3	-19,0	0,30	19,0	700,0	29,0	0,0	1,0	0,9
4	-23,5	0,30	19,0	400,0	27,5	0,0	1,0	0,9
5	-30,0	0,3	19,0	800,0	32,0	0,0	1,0	0,9
Quota falda durante i lavori [m]:							Q_w = -2,0	
Quota falda in esercizio [m]:							Q_w = -2,0	

Q_l = quota letto strato,
ν = rapporto di Poisson,
γ = peso di volume,
m = gradiente del modulo E di Young (terreni granulari - c= 0),
φ = angolo d'attrito,
c = coesione,
d = δ/φ (laterale),
δ = angolo d'attrito terra-muro.
w = c_rc; (c_r = coesione ridotta).

Varie

Peso di volume calcestruzzo fluido [kN/m^3]:	γ_{cls} =	23,0
Quota inferiore calcestruzzo fluido [m]:	Q_{cls} =	-100,0
Modulo elastico calcestruzzo [MPa]:	E_{cls} =	30000,0
Coefficiente di sicurezza portata laterale (SLE):	F_{sl} =	2,5
Coefficiente di sicurezza portata di base (SLE):	F_{sb} =	2,5
Coefficiente moltiplicativo area di base:	α_b =	1
Numero verticali d'indagine:	n_{vind} =	10
Condizione geotecnica:		sfavorevole
Fattore di correlazione:	ξ4 =	1,21

Curve di trasferimento

Concio	z	m	τ_{llim} - σ_b	k_{sil}
n°	[m]	[/]	[kPa]	[kNm]
1	1,0	450,00	14,1	46943,3
2	3,0	450,00	26,7	69177,3
3	5,0	450,00	39,2	85833,1
4	6,9	450,00	51,8	99745,4
5	8,9	450,00	64,3	111941,8
6	10,9	500,00	82,1	136593,4
7	12,9	500,00	95,5	147801,2
8	14,9	700,00	115,9	221503,8
9	16,8	700,00	130,2	235183,6
10	18,8	400,00	135,7	141777,3
Base	19,8	400,00	2465,8	28036,3

z = profondità media concio da testa palo
τ_{llim} = adesione limite palo-terreno,
σ_b = pressione di rottura terreno alla base del palo,
k_{sil} = pendenza tangente iniziale curva τ-w e σ_b-w.

Lunghezza concio di discretizzazione per il calcolo dei cedimenti [ΔH = 2,0

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA

Resistenza laterale di calcolo R_{c,cal_l}

Q_b = -20,50 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	1,3	31,1	26,0	0,49	**15,1**	0,90	0,0	**0,0**	**15,1**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	1,5	276,8	27,5	0,52	**144,1**	0,90	0,0	**0,0**	**144,1**
7									
							R_{c,cal_l} =	**2122,1**	**[kN]**

Q_b = -21,5 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	1,3	31,1	26,0	0,49	**15,1**	0,90	0,0	**0,0**	**15,1**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	2,5	283,3	27,5	0,52	**147,5**	0,90	0,0	**0,0**	**147,5**
							R_{c,cal_l} =	**2323,4**	**[kN]**

Q_b = -22,5 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	1,3	31,1	26,0	0,49	**15,1**	0,90	0,0	**0,0**	**15,1**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	3,5	289,8	27,5	0,52	**150,8**	0,90	0,0	**0,0**	**150,8**
7									
							R_{c,cal_l} =	**2533,5**	**[kN]**

Resistenza di base di calcolo R_{c,cal_b}

Q_b	φ_b	c	Ω_b	N_c	N_q(*)	N_γ	α	σ_{vb}	R_{c,cal_b}
[m]	[gradi]	[kPa]	[m^2]	[/]	[/]	[/]	[/]	[kPa]	**[kN]**
-20,5	27,5	0	0,1	44,2	24,0	12,9	0,5	223,0	**341,6**
-21,5	27,5	0	0,1	44,2	24,0	12,9	0,5	233,0	**357,3**
-22,5	27,5	0	0,1	44,2	24,0	12,9	0,5	243,0	**373,0**

(*) Secondo Berezantzev (1961).

A1-C1 = Appr. 1 Comb. 1 (STR**U**)				SINTESI **D**EI RIS**U**LT**A**TI **D**EI C**A**LCOLI **D**I P**O**RT**A**TA						
A1-C2 = Appr. 1 Comb. 2 (**G**EO)				S.L.E		S.L.**U**.				
A2 = Appr. 2 (**G**EO)								A1-C1	A1-C2	A2
Q_b	R_{c,cal_l}	R_{c,cal_b}	$R_{c,cal}$	P_p	$N_{cal\ SLE}$	$R_{c;k_l}$	$R_{c;k_b}$	R_D	R_D	R_D
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-20,5	2122,1	341,6	2463,7	42,9	942,5	1753,8	282,3	1980,3	1343,0	1686,4
-21,5	2323,4	357,3	2680,7	45,0	1027,2	1920,1	295,3	2156,9	1463,8	1838,3
-22,5	2533,5	373,0	2906,6	47,1	1115,5	2093,8	308,3	2340,9	1589,6	1996,6

RIS**U**LT**A**TI **D**EI C**A**LCOLI **D**I CE**D**IMENTO C-20,5

N - [kN]	23**6**			**47**1			**699**		
z	w	τ_l	α	w	τ_l	α	w	τ_l	α
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,0	0,0**6**	6,2	43,84	0,1**4**	9,0	63,66	0,23	10,5	74,34
3,0	0,05	9,0	33,58	0,12	14,3	53,61	0,20	17,6	65,98
5,0	0,04	10,1	25,83	0,10	17,6	44,79	0,17	22,8	58,05
6,9	0,03	10,3	19,81	0,08	19,1	36,96	0,14	26,1	50,43
8,9	0,03	9,7	15,11	0,06	19,3	30,06	0,11	27,8	43,16
10,9	0,02	9,7	11,86	0,05	20,4	24,87	0,09	30,6	37,34
12,9	0,02	8,6	9,03	0,04	19,0	19,91	0,08	29,9	31,32
14,9	0,01	10,4	8,95	0,03	23,2	20,04	0,06	37,0	31,91
18,8	0,01	5,5	4,07	0,03	13,4	9,90	0,05	23,5	17,30
	σ_b [kPa] =	21,3	0,86	σ_b [kPa] =	54,4	2,20	σ_b [kPa] =	101,5	4,12

N - [kN]	**94**3			11**78**			13**87**		
z	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,0	0,3**4**	11,5	81,26	0,**48**	12,1	85,96	0,**6**5	12,6	89,28
3,0	0,30	19,9	74,69	0,43	21,6	80,90	0,59	22,8	85,39
5,0	0,26	26,8	68,23	0,37	29,8	75,84	0,53	32,0	81,50
6,9	0,22	32,0	61,73	0,33	36,6	70,65	0,47	40,1	77,51
8,9	0,19	35,5	55,21	0,28	42,0	65,33	0,41	47,2	73,37
10,9	0,16	40,9	49,82	0,24	50,0	60,90	0,37	57,4	69,98
12,9	0,13	41,9	43,83	0,21	53,2	55,71	0,33	62,9	65,85
14,9	0,11	52,4	45,19	0,19	66,9	57,72	0,29	79,0	68,18
16,8	0,10	53,3	40,95	0,17	70,2	53,95	0,27	84,8	65,16
18,8	0,09	37,2	27,43	0,16	53,1	39,16	0,26	69,0	50,87
	σ_b [kPa] =	177,5	7,20	σ_b [kPa] =	287,7	11,67	σ_b [kPa] =	432,1	17,52

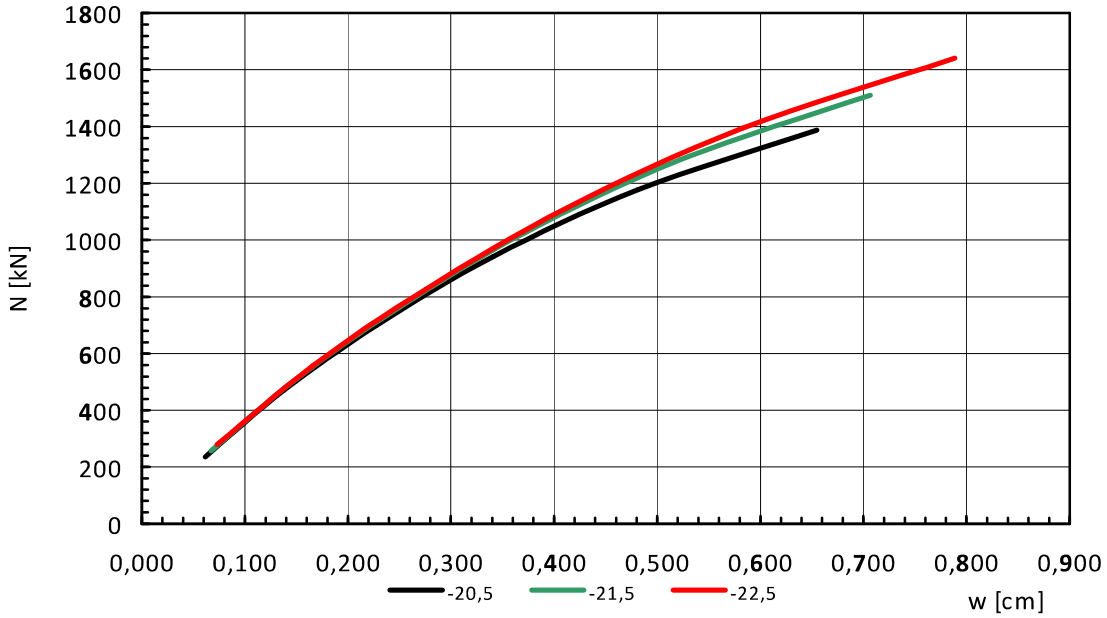
α_{mob} = percentuale di mobilitazione della τ_l e della σ_b.

SINTESI RIS**U**LT**A**TI C**A**LCOLO CE**D**IMENTO

Q_b = -20,5			Q_b = -21,5			Q_b = -22,5		
N	w	K	N	w	K	N	w	K
[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]
235,6	0,06	383,8	256,8	0,07	383,5	278,9	0,07	381,7
471,3	0,14	342,1	513,6	0,15	340,7	557,8	0,17	336,6
698,8	0,23	306,8	761,4	0,25	305,5	826,1	0,28	300,1
942,5	0,34	276,5	1027,2	0,37	276,1	1115,5	0,41	269,9
1177,8	0,48	244,7	1283,7	0,52	245,6	1394,0	0,58	239,3
1386,9	0,65	211,8	1511,6	0,71	214,0	1641,3	0,79	208,1

K = rigidezza verticale.

CURVE CEDIMENTO - CARICO



DATI DI INPUT

Geometria

Quota piano a lato della fondazione [m]:	Q_{pci} =	-0,7
Quota testa palo (imposta fondazione) [m]:	Q_f =	-0,7
Quota piano lavori [m]:	Q_{pl} =	0,0
Diametro palo [m]:	D =	0,50
Quota base palo per calcolo cedimenti [m]:	Q_b =	-20,5

Geotecnica

Strato	Q_l	ν	γ	m-α	φ	c	d	w
	[m]	[/]	[kN/m^3]	[/]	[gradi]	[kPa]	[/]	[/]
1	-11,5	0,30	19,0	450,0	26,0	0,0	1,0	0,9
2	-16,5	0,30	19,0	500,0	27,5	0,0	1,0	0,9
3	-19,0	0,30	19,0	700,0	29,0	0,0	1,0	0,9
4	-23,5	0,30	19,0	400,0	27,5	0,0	1,0	0,9
5	-30,0	0,3	19,0	800,0	32,0	0,0	1,0	0,9
Quota falda durante i lavori [m]:							Q_w = -2,0	
Quota falda in esercizio [m]:							Q_w = -2,0	

Q_l = quota letto strato,
ν = rapporto di Poisson,
γ = peso di volume,
m = gradiente del modulo E di Young (terreni granulari - c= 0),
φ = angolo d'attrito,
c = coesione,
d = δ/φ (laterale),
δ = angolo d'attrito terra-muro.
w = c_rc; (c_r = coesione ridotta).

Varie

Peso di volume calcestruzzo fluido [kN/m^3]:	γ_{cls} =	23,0
Quota inferiore calcestruzzo fluido [m]:	Q_{cls} =	-100,0
Modulo elastico calcestruzzo [MPa]:	E_{cls} =	30000,0
Coefficiente di sicurezza portata laterale (SLE):	F_{sl} =	2,5
Coefficiente di sicurezza portata di base (SLE):	F_{sb} =	2,5
Coefficiente moltiplicativo area di base:	α_b =	1
Numero verticali d'indagine:	n_{vind} =	10
Condizione geotecnica:		sfavorevole
Fattore di correlazione:	ξ4 =	1,21

Curve di trasferimento

Concio	z	m	τ_{llim} - σ_b	k_{sil}
n°	[m]	[/]	[kPa]	[kNm]
1	1,0	450,00	14,1	46943,3
2	3,0	450,00	26,7	69177,3
3	5,0	450,00	39,2	85833,1
4	6,9	450,00	51,8	99745,4
5	8,9	450,00	64,3	111941,8
6	10,9	500,00	82,1	136593,4
7	12,9	500,00	95,5	147801,2
8	14,9	700,00	115,9	221503,8
9	16,8	700,00	130,2	235183,6
10	18,8	400,00	135,7	141777,3
Base	19,8	400,00	2468,9	33376,6

z = profondità media concio da testa palo
τ_{lim} = adesione limite palo-terreno,
σ_b = pressione di rottura terreno alla base del palo,
k_{sil} = pendenza tangente iniziale curva τ-w e σ_b-w.

Lunghezza concio di discretizzazione per il calcolo dei cedimenti [ΔH = 2,0

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA

Resistenza laterale di calcolo R_{c,cal_l}

Q_b = -20,50 [m]									
i	ΔH_i	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	[kPa]	/	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	1,3	31,1	26,0	0,49	15,1	0,90	0,0	0,0	15,1
2	0,0	46,0	26,0	0,49	22,4	0,90	0,0	0,0	22,4
3	9,5	107,8	26,0	0,49	52,6	0,90	0,0	0,0	52,6
4	5,0	202,0	27,5	0,52	105,2	0,90	0,0	0,0	105,2
5	2,5	250,8	29,0	0,55	139,0	0,90	0,0	0,0	139,0
6	1,5	276,8	27,5	0,52	144,1	0,90	0,0	0,0	144,1
7									
							R_{c,cal_l} =	2526,3	[kN]

Q_b = -21,5 [m]									
i	ΔH_i	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	[kPa]	/	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	1,3	31,1	26,0	0,49	15,1	0,90	0,0	0,0	15,1
2	0,0	46,0	26,0	0,49	22,4	0,90	0,0	0,0	22,4
3	9,5	107,8	26,0	0,49	52,6	0,90	0,0	0,0	52,6
4	5,0	202,0	27,5	0,52	105,2	0,90	0,0	0,0	105,2
5	2,5	250,8	29,0	0,55	139,0	0,90	0,0	0,0	139,0
6	2,5	283,3	27,5	0,52	147,5	0,90	0,0	0,0	147,5
							R_{c,cal_l} =	2765,9	[kN]

Q_b = -22,5 [m]									
i	ΔH_i	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	[kPa]	/	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	1,3	31,1	26,0	0,49	15,1	0,90	0,0	0,0	15,1
2	0,0	46,0	26,0	0,49	22,4	0,90	0,0	0,0	22,4
3	9,5	107,8	26,0	0,49	52,6	0,90	0,0	0,0	52,6
4	5,0	202,0	27,5	0,52	105,2	0,90	0,0	0,0	105,2
5	2,5	250,8	29,0	0,55	139,0	0,90	0,0	0,0	139,0
6	3,5	289,8	27,5	0,52	150,8	0,90	0,0	0,0	150,8
7									
							R_{c,cal_l} =	3016,1	[kN]

Resistenza di base di calcolo R_{c,cal_b}

Q_b	φ_b	c	Ω_b	N_c	N_q(*)	N_γ	α	σ_{vb}	R_{c,cal_b}
[m]	[gradi]	[kPa]	[m^2]	[/]	[/]	[/]	[/]	[kPa]	[kN]
-20,5	27,5	0	0,2	44,2	24,0	12,9	0,5	223,0	484,8
-21,5	27,5	0	0,2	44,2	24,0	12,9	0,5	233,0	507,0
-22,5	27,5	0	0,2	44,2	24,0	12,9	0,5	243,0	529,3

(*) Secondo Berezantzev (1961).

A1-C1 = Appr. 1 Comb. 1 (STR**U**) A1-C2 = Appr. 1 Comb. 2 (**G**EO) A2 = Appr. 2 (**G**EO)				SINTESI DEI RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA						
				S.L.E		S.L.**U**.				
								A1-C1	A1-C2	A2
Q_b	R_{c,cal_l}	R_{c,cal_b}	$R_{c,cal}$	P_p	$N_{cal\ SLE}$	$R_{c;k_l}$	$R_{c;k_b}$	R_D	R_D	R_D
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-20,5	2526,3	484,8	3011,1	60,9	1143,6	2087,9	400,6	2409,4	1629,4	2044,6
-21,5	2765,9	507,0	3272,9	63,8	1245,4	2285,9	419,0	2621,9	1774,5	2227,1
-22,5	3016,1	529,3	3545,4	66,8	1351,4	2492,7	437,4	2843,3	1925,7	2417,2

RISULTATI DEI CALCOLI DI CEDIMENTO Q_b = -20,5

N - [kN]	286			572			848		
z	w	τ_l	α	w	τ_l	α	w	τ_l	α
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,0	0,06	5,6	39,57	0,14	8,4	59,37	0,23	10,0	70,75
3,0	0,05	8,1	30,35	0,12	13,3	49,68	0,20	16,6	62,35
5,0	0,04	9,3	23,67	0,10	16,3	41,65	0,17	21,5	54,84
6,9	0,04	9,6	18,60	0,09	18,0	34,81	0,15	24,8	47,97
8,9	0,03	9,4	14,65	0,07	18,6	28,95	0,13	26,8	41,69
10,9	0,03	9,8	12,00	0,06	20,3	24,74	0,11	30,3	36,95
12,9	0,02	9,1	9,58	0,05	19,7	20,61	0,09	30,5	31,98
14,9	0,02	11,6	9,99	0,04	25,1	21,62	0,08	39,0	33,67
18,8	0,02	6,6	4,86	0,04	15,5	11,39	0,07	26,2	19,35
	σ_b [kPa] =	25,6	1,04	σ_b [kPa] =	63,4	2,57	σ_b [kPa] =	115,7	4,69

N - [kN]	1144			1429			1683		
z	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,0	0,34	11,1	78,51	0,49	11,9	83,97	0,68	12,4	87,88
3,0	0,30	19,1	71,76	0,44	21,0	78,71	0,62	22,4	83,84
5,0	0,27	25,7	65,46	0,40	28,9	73,72	0,57	31,4	79,99
6,9	0,24	30,8	59,47	0,36	35,7	68,87	0,52	39,5	76,23
8,9	0,21	34,6	53,72	0,32	41,3	64,11	0,47	46,7	72,50
10,9	0,18	40,5	49,31	0,29	49,6	60,47	0,43	57,2	69,70
12,9	0,16	42,4	44,37	0,26	53,6	56,17	0,39	63,3	66,26
14,9	0,14	54,2	46,79	0,23	68,5	59,05	0,37	80,2	69,21
16,8	0,13	56,4	43,34	0,22	72,9	56,00	0,35	86,9	66,77
18,8	0,13	40,4	29,78	0,21	56,3	41,51	0,34	71,9	52,97
	σ_b [kPa] =	197,4	7,99	σ_b [kPa] =	313,5	12,70	σ_b [kPa] =	463,0	18,75

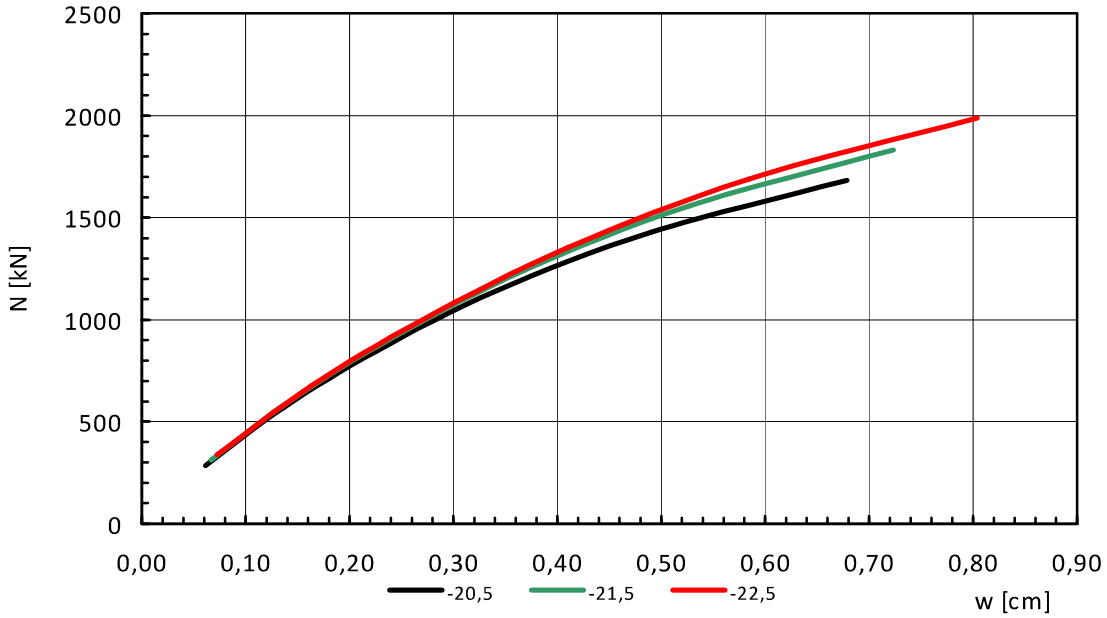
α_{mob} = percentuale di mobilitazione della τ_l e della σ_b.

SINTESI RISULTATI CALCOLO CEDIMENTO

Q_b = -20,5			Q_b = -21,5			Q_b = -22,5		
N	w	K	N	w	K	N	w	K
[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]
285,9	0,06	466,3	311,3	0,07	468,6	337,8	0,07	466,6
571,8	0,14	418,1	622,7	0,15	419,5	675,7	0,16	414,8
848,3	0,23	374,6	923,7	0,25	376,3	1001,7	0,27	370,1
1143,5	0,34	334,3	1245,3	0,37	337,2	1351,3	0,41	330,2
1429,0	0,49	291,5	1556,2	0,53	295,8	1688,7	0,58	288,9
1682,8	0,68	247,9	1832,7	0,72	253,4	1988,6	0,80	247,3

K = rigidezza verticale.

CURVE CEDIMENTO - CARICO



DATI DI INPUT

Geometria

Quota piano a lato della fondazione [m]:	Q_{pci} =	-0,**7**
Quota testa palo (imposta fondazione) [m]:	Q_f =	-0,**7**
Quota piano lavori [m]:	Q_{pl} =	0,0
Diametro palo [m]:	**D** =	0,50
Quota base palo per calcolo cedimenti [m]:	Q_b =	-25,0

Geotecnica

Strato	Q_l	ν	γ	m-α	φ	c	d	w
	[m]	[/]	[kN/m^3]	[/]	[gradi]	[k**P**a]	[/]	[/]
1	-11,5	0,30	1**9**,0	**4**50,0	2**6**,0	0,0	1,0	0,**9**
2	-1**6**,5	0,30	1**9**,0	500,0	2**7**,5	0,0	1,0	0,**9**
3	-1**9**,0	0,30	1**9**,0	**7**00,0	2**9**,0	0,0	1,0	0,**9**
4	-23,5	0,30	1**9**,0	**4**00,0	2**7**,5	0,0	1,0	0,**9**
5	-30,0	0,3	1**9**,0	**8**00,0	32,0	0,0	1,0	0,**9**
Quota falda durante i lavori [m]:							Q_w = -2,0	
Quota falda in esercizio [m]:							Q_w = -2,0	

Q_l = quota letto strato,
ν = rapporto di **P**oisson,
γ = peso di volume,
m = gradiente del modulo E di Young (terreni granulari - c= 0),
φ = angolo d'attrito,
c = coesione,
d = δ/φ (laterale),
δ = angolo d'attrito terra-muro.
w = c_rc; (c_r = coesione ridotta).

Varie

Peso di volume calcestruzzo fluido [kN/m^3]:	γ_{cls} =	23,0
Quota inferiore calcestruzzo fluido [m]:	Q_{cls} =	-100,0
Modulo elastico calcestruzzo [M**P**a]:	E_{cls} =	30000,0
Coefficiente di sicurezza portata laterale (SLE):	F_{sl} =	2,5
Coefficiente di sicurezza portata di base (SLE):	F_{sb} =	2,5
Coefficiente moltiplicativo area di base:	α_b =	1
Numero verticali d'indagine:	n_{vind} =	10
Condizione geotecnica:		sfavorevole
Fattore di correlazione:	ξ4 =	1,21

Curve di trasferimento

Concio	z	m	τ_{llim} - σ_b	k_{sil}
n°	[m]	[/]	[k**P**a]	[kNm]
1	1,2	**4**50,00	15,**6**	**6**132**7**,**6**
2	3,**6**	**4**50,00	31,0	**9**237**7**,**6**
3	**6**,1	**4**50,00	**46**,**4**	115352,3
4	**8**,5	**4**50,00	**61**,**8**	13**4**4**5**7,0
5	10,**9**	500,00	**8**2,**4**	1**6**7**9**6**2**,5
6	13,**4**	500,00	**98**,**8**	1**8**4**6**7**1**,1
7	15,**8**	**7**00,00	122,**7**	2**79984**,0
8	1**8**,2	**4**00,00	131,**7**	1**7**13**7**0,**9**
9	20,**7**	**4**00,00	1**4**8,2	1**8**2040,**8**
10	23,1	**8**00,00	1**9**7,**6**	3**8**4**2**3**8**,3
Base	2**4**,3	**8**00,00	5**496**,0	**7**3**7**16,5

z = profondità media concio da testa palo
τ_{lim} = adesione limite palo-terreno,
σ_b = pressione di rottura terreno alla base del palo,
k_{sil} = pendenza tangente iniziale curva τ-w e σ_b-w.

Lunghezza concio di discretizzazione per il calcolo dei cedimenti [ΔH = 2,**4**

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA

Resistenza laterale di calcolo R_{c,cal_l}

Q_b = -25,00 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	1,3	31,1	26,0	0,49	**15,1**	0,90	0,0	**0,0**	**15,1**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	4,5	296,3	27,5	0,52	**154,2**	0,90	0,0	**0,0**	**154,2**
7	1,5	335,3	32,0	0,62	**209,5**	0,90	0,0	**0,0**	**209,5**
							R_{c,cal_l} =	**3770,6**	**[kN]**

Q_b = -26,0 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	1,3	31,1	26,0	0,49	**15,1**	0,90	0,0	**0,0**	**15,1**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	4,5	296,3	27,5	0,52	**154,2**	0,90	0,0	**0,0**	**154,2**
							R_{c,cal_l} =	**4115,6**	**[kN]**

Q_b = -27,0 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	1,3	31,1	26,0	0,49	**15,1**	0,90	0,0	**0,0**	**15,1**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	4,5	296,3	27,5	0,52	**154,2**	0,90	0,0	**0,0**	**154,2**
7	3,5	348,3	32,0	0,62	**217,6**	0,90	0,0	**0,0**	**217,6**
							R_{c,cal_l} =	**4473,3**	**[kN]**

Resistenza di base di calcolo R_{c,cal_b}

Q_b	φ_b	c	Ω_b	N_c	N_q(*)	N_γ	α	σ_{vb}	R_{c,cal_b}
[m]	[gradi]	[kPa]	[m^2]	[/]	[/]	[/]	[/]	[kPa]	**[kN]**
-25,0	32	0	0,2	68,4	43,8	23,7	0,5	268,0	**1079,1**
-26,0	32	0	0,2	68,4	43,8	23,7	0,5	278,0	**1128,7**
-27,0	32	0	0,2	68,4	43,8	23,7	0,5	288,0	**1178,3**

(*) Secondo Berezantzev (1961).

A1-C1 = Appr. 1 Comb. 1 (STR**U**)				SINTESI **D**EI RIS**U**LT**A**TI **D**EI C**A**LCOLI **D**I **P**ORT**A**TA						
A1-C2 = Appr. 1 Comb. 2 (**G**EO)				S.L.E		S.L.**U**.				
A2 = Appr. 2 (**G**EO)								A1-C1	A1-C2	A2
Q_b	R_{c,cal_l}	R_{c,cal_b}	$R_{c,cal}$	P_p	N_{cal_SLE}	$R_{c;k_l}$	$R_{c;k_b}$	R_D	R_D	R_D
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-25,0	3770,6	1079,1	4849,7	74,1	1865,8	3116,2	891,8	3911,6	2632,4	3299,4
-26,0	4115,6	1128,7	5244,3	77,1	2020,6	3401,3	932,8	4233,9	2851,7	3575,0
-27,0	4473,3	1178,3	5651,7	80,0	2180,7	3697,0	973,8	4566,8	3078,3	3859,8

RIS**U**LT**A**TI **D**EI C**A**LCOLI **D**I CE**D**IMENTO Q_b = -25,0

N - [kN]	**466**			9**3**3			13**8**0		
z	w	τ_l	α	w	τ_l	α	w	τ_l	α
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,2	0,10	7,9	50,90	0,23	10,9	70,22	0,3**8**	12,4	79,69
3,6	0,08	12,1	39,16	0,19	18,6	59,95	0,32	22,2	71,69
6,1	0,07	14,0	30,16	0,16	23,5	50,68	0,27	29,6	63,92
8,5	0,05	14,2	23,00	0,13	26,0	42,10	0,22	34,7	56,13
10,9	0,04	14,7	17,88	0,10	29,0	35,16	0,18	40,7	49,36
13,4	0,03	13,2	13,33	0,08	27,8	28,15	0,15	41,4	41,85
15,8	0,02	15,5	12,62	0,06	33,5	27,32	0,12	50,8	41,40
18,2	0,02	8,2	6,19	0,05	19,5	14,83	0,10	32,9	24,96
23,1	0,01	12,7	6,40	0,04	30,9	15,64	0,07	52,8	26,73
	σ_b [kPa] =	50,0	0,91	σ_b [kPa] =	133,3	2,43	σ_b [kPa] =	256,3	4,66

N - [kN]	1**866**			2331			2**74**3		
z	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,2	0,5**7**	13,3	85,51	0,**8**1	13,9	89,29	1,10	14,3	91,88
3,6	0,50	24,6	79,51	0,71	26,3	84,79	0,98	27,4	88,48
6,1	0,43	34,1	73,50	0,62	37,2	80,25	0,87	39,4	85,06
8,5	0,36	41,5	67,24	0,54	46,6	75,47	0,77	50,3	81,47
10,9	0,30	50,8	61,64	0,46	58,7	71,20	0,68	64,5	78,33
13,4	0,25	54,4	55,01	0,40	65,2	65,93	0,59	73,5	74,37
15,8	0,21	67,9	55,33	0,34	82,1	66,90	0,52	92,9	75,67
18,2	0,18	49,3	37,42	0,29	65,9	50,05	0,46	80,6	61,23
20,7	0,15	48,5	32,76	0,26	67,5	45,57	0,42	85,1	57,42
23,1	0,13	80,5	40,74	0,24	108,0	54,68	0,39	131,3	66,43
	σ_b [kPa] =	463,8	8,44	σ_b [kPa] =	765,3	13,93	σ_b [kPa] =	1152,4	20,97

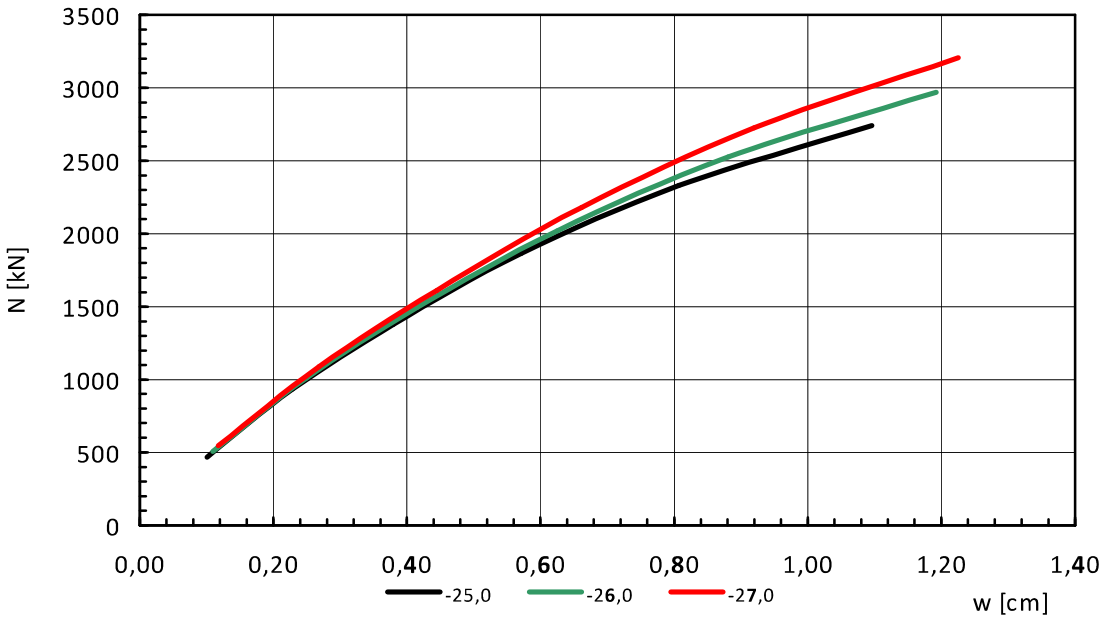
α_{mob} = percentuale di mobilitazione della τ_l e della σ_b.

SINTESI RIS**U**LT**A**TI C**A**LCOLO CE**D**IMENTO

Q_b = -25,0			Q_b = -26,0			Q_b = -27,0		
N	w	K	N	w	K	N	w	K
[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]
466,4	0,10	464,8	505,2	0,11	462,6	545,2	0,12	463,5
932,9	0,23	408,6	1010,3	0,25	405,1	1090,3	0,27	406,3
1380,3	0,38	363,4	1494,0	0,42	359,7	1613,1	0,44	362,6
1865,7	0,57	326,5	2020,5	0,62	323,4	2180,6	0,66	329,6
2331,2	0,81	288,7	2524,7	0,88	286,6	2724,9	0,92	296,3
2743,1	1,10	250,4	2969,7	1,19	249,0	3206,3	1,23	261,7

K = rigidezza verticale.

CURVE CEDIMENTO - CARICO



DATI DI INPUT

Geometria

Quota piano a lato della fondazione [m]:	Q_{pci} =	-0,7
Quota testa palo (imposta fondazione) [m]:	Q_f =	-0,7
Quota piano lavori [m]:	Q_{pl} =	0,0
Diametro palo [m]:	D =	0,80
Quota base palo per calcolo cedimenti [m]:	Q_b =	-25,0

Geotecnica

Strato	Q_l	ν	γ	m-α	φ	c	d	w
	[m]	[/]	[kN/m^3]	[/]	[gradi]	[kPa]	[/]	[/]
1	-11,5	0,30	19,0	450,0	26,0	0,0	1,0	0,9
2	-16,5	0,30	19,0	500,0	27,5	0,0	1,0	0,9
3	-19,0	0,30	19,0	700,0	29,0	0,0	1,0	0,9
4	-23,5	0,30	19,0	400,0	27,5	0,0	1,0	0,9
5	-30,0	0,3	19,0	800,0	32,0	0,0	1,0	0,9
Quota falda durante i lavori [m]:							Q_w = -2,0	
Quota falda in esercizio [m]:							Q_w = -2,0	

Q_l = quota letto strato,
ν = rapporto di Poisson,
γ = peso di volume,
m = gradiente del modulo E di Young (terreni granulari - c= 0),
φ = angolo d'attrito,
c = coesione,
d = δ/φ (laterale),
δ = angolo d'attrito terra-muro.
w = c_rc; (c_r = coesione ridotta).

Varie

Peso di volume calcestruzzo fluido [kN/m^3]:	γ_{cls} =	23,0
Quota inferiore calcestruzzo fluido [m]:	Q_{cls} =	-100,0
Modulo elastico calcestruzzo [MPa]:	E_{cls} =	30000,0
Coefficiente di sicurezza portata laterale (SLE):	F_{sl} =	2,5
Coefficiente di sicurezza portata di base (SLE):	F_{sb} =	2,5
Coefficiente moltiplicativo area di base:	α_b =	1
Numero verticali d'indagine:	n_{vind} =	10
Condizione geotecnica:		sfavorevole
Fattore di correlazione:	ξ4 =	1,21

Curve di trasferimento

Concio	z	m	τ_{llim} - σ_b	k_{sil}
n°	[m]	[/]	[kPa]	[kNm]
1	1,2	450,00	15,6	61327,6
2	3,6	450,00	31,0	92377,6
3	6,1	450,00	46,4	115352,3
4	8,5	450,00	61,8	134457,0
5	10,9	500,00	82,4	167962,5
6	13,4	500,00	98,8	184671,1
7	15,8	700,00	122,7	279984,0
8	18,2	400,00	131,7	171370,9
9	20,7	400,00	148,2	182040,8
10	23,1	800,00	197,6	384238,3
Base	24,3	800,00	5517,3	117946,4

z = profondità media concio da testa palo
τ_{lim} = adesione limite palo-terreno,
σ_b = pressione di rottura terreno alla base del palo,
k_{sil} = pendenza tangente iniziale curva τ-w e σ_b-w.

Lunghezza concio di discretizzazione per il calcolo dei cedimenti [ΔH = 2,4

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA

Resistenza laterale di calcolo R_{c,cal_l}

Q_b = -25,00 [m]									
i	ΔH_i	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	[kPa]	/	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	1,3	31,1	26,0	0,49	15,1	0,90	0,0	0,0	15,1
2	0,0	46,0	26,0	0,49	22,4	0,90	0,0	0,0	22,4
3	9,5	107,8	26,0	0,49	52,6	0,90	0,0	0,0	52,6
4	5,0	202,0	27,5	0,52	105,2	0,90	0,0	0,0	105,2
5	2,5	250,8	29,0	0,55	139,0	0,90	0,0	0,0	139,0
6	4,5	296,3	27,5	0,52	154,2	0,90	0,0	0,0	154,2
7	1,5	335,3	32,0	0,62	209,5	0,90	0,0	0,0	209,5
							R_{c,cal_l} =	6032,9	[kN]

Q_b = -26,0 [m]									
i	ΔH_i	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	[kPa]	/	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	1,3	31,1	26,0	0,49	15,1	0,90	0,0	0,0	15,1
2	0,0	46,0	26,0	0,49	22,4	0,90	0,0	0,0	22,4
3	9,5	107,8	26,0	0,49	52,6	0,90	0,0	0,0	52,6
4	5,0	202,0	27,5	0,52	105,2	0,90	0,0	0,0	105,2
5	2,5	250,8	29,0	0,55	139,0	0,90	0,0	0,0	139,0
6	4,5	296,3	27,5	0,52	154,2	0,90	0,0	0,0	154,2
							R_{c,cal_l} =	6584,9	[kN]

Q_b = -27,0 [m]									
i	ΔH_i	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	[kPa]	/	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	1,3	31,1	26,0	0,49	15,1	0,90	0,0	0,0	15,1
2	0,0	46,0	26,0	0,49	22,4	0,90	0,0	0,0	22,4
3	9,5	107,8	26,0	0,49	52,6	0,90	0,0	0,0	52,6
4	5,0	202,0	27,5	0,52	105,2	0,90	0,0	0,0	105,2
5	2,5	250,8	29,0	0,55	139,0	0,90	0,0	0,0	139,0
6	4,5	296,3	27,5	0,52	154,2	0,90	0,0	0,0	154,2
7	3,5	348,3	32,0	0,62	217,6	0,90	0,0	0,0	217,6
							R_{c,cal_l} =	7157,3	[kN]

Resistenza di base di calcolo R_{c,cal_b}

Q_b	φ_b	c	Ω_b	N_c	N_q(*)	N_γ	α	σ_{vb}	R_{c,cal_b}
[m]	[gradi]	[kPa]	[m^2]	[/]	[/]	[/]	[/]	[kPa]	[kN]
-25,0	32	0	0,5	68,4	43,8	23,7	0,5	268,0	2773,3
-26,0	32	0	0,5	68,4	43,8	23,7	0,5	278,0	2900,2
-27,0	32	0	0,5	68,4	43,8	23,7	0,5	288,0	3027,2

(*) Secondo Berezantzev (1961).

A1-C1 = Appr. 1 Comb. 1 (STR**U**) A1-C2 = Appr. 1 Comb. 2 (**G**EO) A2 = Appr. 2 (**G**EO)				SINTESI DEI RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA						
				S.L.E		S.L.**U**.				
								A1-C1	A1-C2	A2
Q_b	R_{c,cal_l}	R_{c,cal_b}	$R_{c,cal}$	P_p	N_{cal_SLE}	$R_{c;k_l}$	$R_{c;k_b}$	R_D	R_D	R_D
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-25,0	6032,9	2773,3	8806,2	189,8	3332,7	4985,9	2292,0	7031,1	4681,3	5851,9
-26,0	6584,9	2900,2	9485,1	197,3	3596,7	5442,1	2396,8	7582,4	5053,9	6319,5
-27,0	7157,3	3027,2	10184,6	204,8	3869,0	5915,2	2501,9	8150,7	5438,3	6801,8

RISULTATI DEI CALCOLI DI CEDIMENTO Q_b = -25,0

N - [kN]	833			1666			2468		
z	w	τ_l	α	w	τ_l	α	w	τ_l	α
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,2	0,11	6,4	40,89	0,24	9,5	60,97	0,41	11,3	72,45
3,6	0,09	9,8	31,55	0,22	15,9	51,36	0,37	19,9	64,27
6,1	0,08	11,7	25,16	0,19	20,3	43,85	0,33	26,6	57,41
8,5	0,07	12,6	20,38	0,17	23,3	37,65	0,30	31,7	51,37
10,9	0,06	14,2	17,23	0,15	27,4	33,27	0,27	38,7	46,95
13,4	0,05	14,1	14,25	0,13	28,4	28,77	0,24	41,6	42,10
15,8	0,05	18,5	15,11	0,12	37,4	30,49	0,21	54,6	44,46
18,2	0,04	11,0	8,36	0,11	24,4	18,50	0,20	38,9	29,50
23,1	0,04	20,5	10,37	0,09	44,8	22,65	0,17	70,0	35,44
	σ_b [kPa] =	84,0	1,52	σ_b [kPa] =	207,6	3,76	σ_b [kPa] =	376,9	6,83

N - [kN]	3333			4164			4900		
z	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,2	0,63	12,5	80,37	0,94	13,4	85,85	1,34	13,9	89,64
3,6	0,58	22,9	73,97	0,87	25,1	81,03	1,26	26,6	86,04
6,1	0,53	31,7	68,41	0,81	35,6	76,76	1,19	38,4	82,84
8,5	0,48	39,1	63,32	0,75	45,0	72,80	1,11	49,3	79,86
10,9	0,44	49,1	59,56	0,70	57,6	69,90	1,05	64,0	77,72
13,4	0,40	54,6	55,21	0,65	65,6	66,40	0,98	74,2	75,06
15,8	0,37	71,2	58,00	0,60	85,0	69,24	0,93	95,3	77,65
18,2	0,34	55,7	42,27	0,57	72,1	54,74	0,89	86,1	65,36
20,7	0,32	58,4	39,40	0,54	77,1	52,06	0,85	93,5	63,11
23,1	0,31	97,9	49,54	0,52	123,2	62,33	0,82	143,1	72,41
	σ_b [kPa] =	639,7	11,59	σ_b [kPa] =	998,6	18,10	σ_b [kPa] =	1432,0	25,96

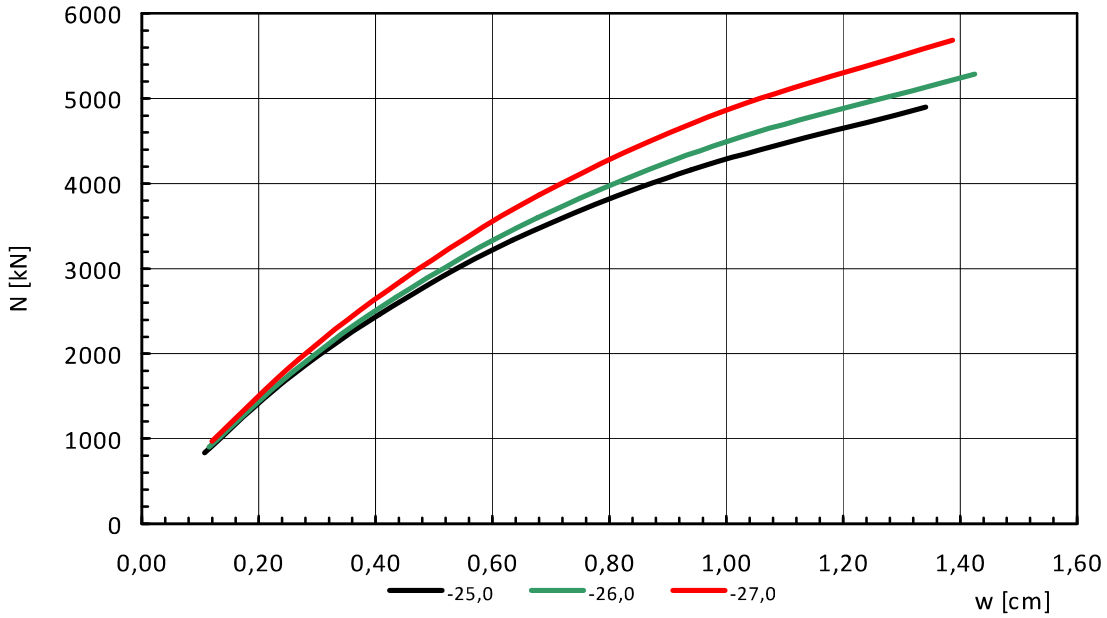
α_{mob} = percentuale di mobilitazione della τ_l e della σ_b.

SINTESI RISULTATI CALCOLO CEDIMENTO

Q_b = -25,0			Q_b = -26,0			Q_b = -27,0		
N	w	K	N	w	K	N	w	K
[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]
833,2	0,11	777,5	899,2	0,11	784,2	967,3	0,12	809,0
1666,4	0,24	688,5	1798,4	0,26	694,1	1934,5	0,27	722,4
2467,7	0,41	605,9	2662,5	0,44	611,3	2865,8	0,45	643,3
3332,5	0,63	525,4	3596,5	0,68	531,4	3868,8	0,68	568,4
4163,8	0,94	443,0	4493,5	1,00	449,1	4834,0	0,99	488,7
4900,4	1,34	365,4	5287,0	1,42	371,0	5688,3	1,39	410,0

K = rigidezza verticale.

CURVE CEDIMENTO - CARICO



DATI DI INPUT

Geometria

Quota piano a lato della fondazione [m]:	Q_{pci} =	0,0
Quota testa palo (imposta fondazione) [m]:	Q_f =	-1,5
Quota piano lavori [m]:	Q_{pl} =	0,0
Diametro palo [m]:	**D** =	1,00
Quota base palo per calcolo cedimenti [m]:	Q_b =	-25,0

Geotecnica

Strato	Q_l	ν	γ	m-α	φ	c	d	w
	[m]	[/]	[kN/m^3]	[/]	[gradi]	[kPa]	[/]	[/]
1	-11,5	0,30	19,0	450,0	26,0	0,0	1,0	0,9
2	-16,5	0,30	19,0	500,0	27,5	0,0	1,0	0,9
3	-19,0	0,30	19,0	700,0	29,0	0,0	1,0	0,9
4	-23,5	0,30	19,0	400,0	27,5	0,0	1,0	0,9
5	-30,0	0,3	19,0	800,0	32,0	0,0	1,0	0,9
Quota falda durante i lavori [m]:							Q_w = -2,0	
Quota falda in esercizio [m]:							Q_w = -2,0	

Q_l = quota letto strato,
ν = rapporto di Poisson,
γ = peso di volume,
m = gradiente del modulo E di Young (terreni granulari - c= 0),
φ = angolo d'attrito,
c = coesione,
d = δ/φ (laterale),
δ = angolo d'attrito terra-muro.
w = c_rc; (c_r = coesione ridotta).

Varie

Peso di volume calcestruzzo fluido [kN/m^3]:	γ_{cls} =	23,0
Quota inferiore calcestruzzo fluido [m]:	Q_{cls} =	-100,0
Modulo elastico calcestruzzo [MPa]:	E_{cls} =	30000,0
Coefficiente di sicurezza portata laterale (SLE):	F_{sl} =	2,5
Coefficiente di sicurezza portata di base (SLE):	F_{sb} =	2,5
Coefficiente moltiplicativo area di base:	α_b =	1
Numero verticali d'indagine:	n_{vind} =	10
Condizione geotecnica:		sfavorevole
Fattore di correlazione:	ξ4 =	1,21

Curve di trasferimento

Concio	z	m	τ_{llim} - σ_b	k_{sil}
n°	[m]	[/]	[kPa]	[kNm]
1	1,2	450,00	24,3	70096,3
2	3,5	450,00	39,2	96073,0
3	5,9	450,00	54,1	116389,6
4	8,2	450,00	69,0	133652,8
5	10,6	500,00	89,5	165475,7
6	12,9	500,00	105,4	180862,5
7	15,3	700,00	129,2	273054,9
8	17,6	400,00	137,2	166602,4
9	20,0	800,00	153,1	353083,3
10	22,3	800,00	202,9	371900,8
Base	23,5	800,00	5712,3	147433,1

z = profondità media concio da testa palo
τ_{lim} = adesione limite palo-terreno,
σ_b = pressione di rottura terreno alla base del palo,
k_{sil} = pendenza tangente iniziale curva τ-w e σ_b-w.

Lunghezza concio di discretizzazione per il calcolo dei cedimenti [ΔH = 2,4

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA

Resistenza laterale di calcolo R_{c,cal_l}

Q_b = -25,00 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	0,5	40,3	26,0	0,49	**19,6**	0,90	0,0	**0,0**	**19,6**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	4,5	296,3	27,5	0,52	**154,2**	0,90	0,0	**0,0**	**154,2**
7	1,5	335,3	32,0	0,62	**209,5**	0,90	0,0	**0,0**	**209,5**
							R_{c,cal_l} =	**7510,1**	**[kN]**

Q_b = -26,0 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	0,5	40,3	26,0	0,49	**19,6**	0,90	0,0	**0,0**	**19,6**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	4,5	296,3	27,5	0,52	**154,2**	0,90	0,0	**0,0**	**154,2**
							R_{c,cal_l} =	**8200,1**	**[kN]**

Q_b = -27,0 [m]									
i	ΔHi	σ_{clsi}	δ_i	$tg\delta_i$	τ_{i1}	w_i	c	τ_{i2}	τ_{it}
/	[m]	[kPa]	[gradi]	/	**[kPa]**	/	[kPa]	**[kPa]**	**[kPa]**
1	0,5	40,3	26,0	0,49	**19,6**	0,90	0,0	**0,0**	**19,6**
2	0,0	46,0	26,0	0,49	**22,4**	0,90	0,0	**0,0**	**22,4**
3	9,5	107,8	26,0	0,49	**52,6**	0,90	0,0	**0,0**	**52,6**
4	5,0	202,0	27,5	0,52	**105,2**	0,90	0,0	**0,0**	**105,2**
5	2,5	250,8	29,0	0,55	**139,0**	0,90	0,0	**0,0**	**139,0**
6	4,5	296,3	27,5	0,52	**154,2**	0,90	0,0	**0,0**	**154,2**
7	3,5	348,3	32,0	0,62	**217,6**	0,90	0,0	**0,0**	**217,6**
							R_{c,cal_l} =	**8915,7**	**[kN]**

Resistenza di base di calcolo R_{c,cal_b}

Q_b	φ_b	c	Ω_b	N_c	N_q(*)	N_γ	α	σ_{vb}	R_{c,cal_b}
[m]	[gradi]	[kPa]	[m^2]	[/]	[/]	[/]	[/]	[kPa]	**[kN]**
-25,0	32	0	0,8	68,4	43,8	23,7	0,5	268,0	**4486,4**
-26,0	32	0	0,8	68,4	43,8	23,7	0,5	278,0	**4598,3**
-27,0	32	0	0,8	68,4	43,8	23,7	0,5	288,0	**4752,3**

(*) Secondo Berezantzev (1961).

A1-C1 = Appr. 1 Comb. 1 (STR**U**)				SINTESI **D**EI RIS**U**LT**A**TI **D**EI C**A**LCOLI **D**I **P**ORT**A**TA						
A1-C2 = Appr. 1 Comb. 2 (**G**EO)				S.L.E		S.L.**U**.				
A2 = Appr. 2 (**G**EO)								A1-C1	A1-C2	A2
Q_b	R_{c,cal_l}	R_{c,cal_b}	$R_{c,cal}$	P_p	$N_{cal\ SLE}$	$R_{c;k_l}$	$R_{c;k_b}$	R_D	R_D	R_D
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-25,0	7510,1	4486,4	11996,5	280,8	4517,8	6206,7	3707,8	9549,4	6317,0	7884,2
-26,0	8200,1	4598,3	12798,4	292,6	4826,8	6777,0	3800,2	10196,8	6756,3	8435,9
-27,0	8915,7	4752,3	13667,9	304,3	5162,8	7368,3	3927,5	10900,2	7231,9	9032,7

RIS**U**LT**A**TI **D**EI C**A**LCOLI **D**I CE**D**IMENTO Q_b = -25,0

N - [kN]	112**9**			225**9**			33**47**		
z	w	τ_l	α	w	τ_l	α	w	τ_l	α
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,2	0,11	7,4	30,48	0,25	12,1	49,69	0,**43**	15,2	62,56
3,5	0,10	9,9	25,19	0,23	17,0	43,41	0,39	22,2	56,72
5,9	0,09	11,4	21,04	0,21	20,6	38,03	0,36	27,8	51,45
8,2	0,08	12,2	17,75	0,19	23,1	33,46	0,33	32,3	46,76
10,6	0,07	14,0	15,63	0,17	27,2	30,40	0,31	39,0	43,55
12,9	0,07	14,2	13,43	0,16	28,5	27,01	0,28	42,0	39,80
15,3	0,06	19,1	14,78	0,15	38,1	29,51	0,26	55,6	43,05
17,6	0,06	11,5	8,41	0,14	25,1	18,27	0,25	39,7	28,94
22,3	0,05	22,2	10,95	0,12	47,3	23,29	0,23	72,9	35,92
	σ_b [kPa] =	91,5	1,60	σ_b [kPa] =	220,7	3,86	σ_b [kPa] =	394,5	6,91

N - [kN]	**4**51**8**			5**64**5			**664**5		
z	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}	w	τ_l	α_{mob}
[m]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]	[cm]	[kPa]	[%]
1,2	0,**67**	17,6	72,52	1,02	19,4	79,93	1,**48**	20,7	85,24
3,5	0,63	26,5	67,70	0,96	29,8	76,19	1,41	32,3	82,41
5,9	0,59	34,2	63,20	0,91	39,3	72,64	1,35	43,1	79,70
8,2	0,55	40,7	59,07	0,86	47,8	69,32	1,29	53,2	77,15
10,6	0,51	50,4	56,25	0,81	60,1	67,10	1,23	67,6	75,49
12,9	0,48	55,6	52,78	0,77	67,7	64,23	1,18	77,2	73,26
15,3	0,45	72,9	56,44	0,74	87,6	67,81	1,13	98,8	76,44
17,6	0,43	56,8	41,39	0,71	73,7	53,70	1,10	88,2	64,30
20,0	0,41	86,0	56,18	0,68	104,1	68,00	1,06	117,7	76,87
22,3	0,40	100,8	49,69	0,66	126,2	62,21	1,04	146,3	72,11
	σ_b [kPa] =	660,5	11,56	σ_b [kPa] =	1022,1	17,89	σ_b [kPa] =	1456,5	25,50

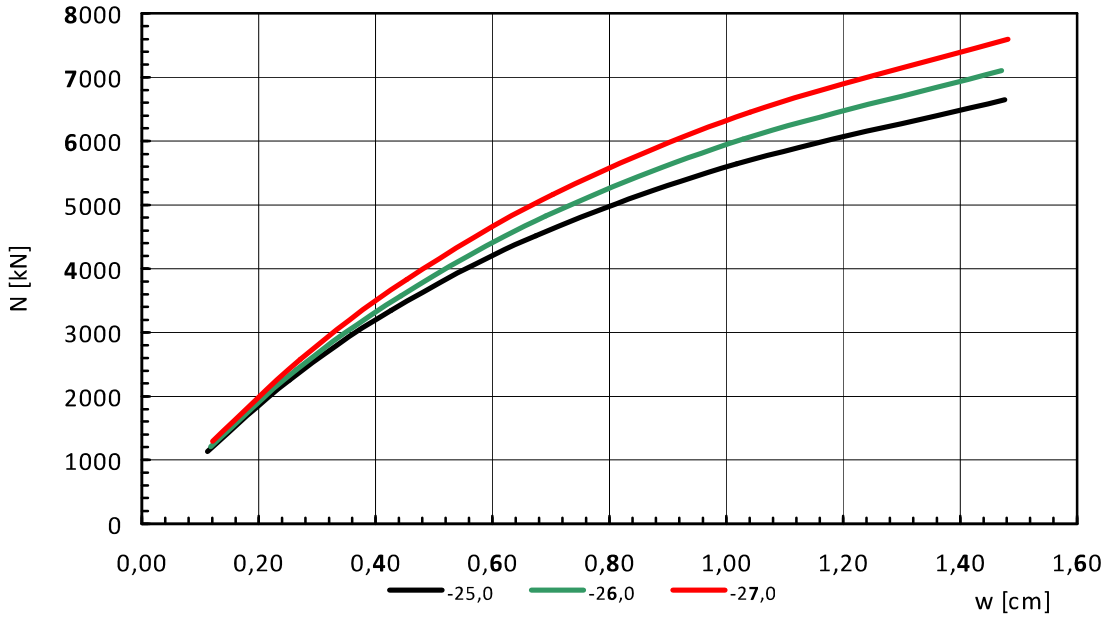
α_{mob} = percentuale di mobilitazione della τ_l e della σ_b.

SINTESI RIS**U**LT**A**TI C**A**LCOLO CE**D**IMENTO

Q_b = -25,0			Q_b = -26,0			Q_b = -27,0		
N	w	K	N	w	K	N	w	K
[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]	[kN]	[cm]	[MN/m]
1129,5	0,11	1007,4	1206,7	0,12	1025,4	1290,7	0,12	1067,4
2258,9	0,25	894,5	2413,4	0,26	914,8	2581,4	0,27	954,4
3346,8	0,43	783,4	3578,3	0,44	807,0	3827,1	0,45	844,3
4517,5	0,67	669,5	4826,6	0,69	697,9	5162,6	0,70	733,9
5644,5	1,02	554,3	6031,2	1,03	586,4	6451,0	1,04	619,8
6645,1	1,48	450,0	7104,1	1,47	482,9	7597,8	1,48	512,7

K = rigidezza verticale.

CURVE CEDIMENTO - CARICO



CALCOLO DEL CARICO LIMITE DI UN PALO CARICATO DA FORZA ORIZZONTALE

DATI DI INPUT

Angolo d'attrito	φ =	26,0	[gradi]
Peso di volume medio significativo entro L	γ =	13,8	[kN/m^3]
Diametro palo:	D =	0,5	[m]
Lunghezza palo fuori terra:	e =	0,0	[m]
Lunghezza palo nel terreno:	L =	25,0	[m]
Momento di plasticizzazione:	M_y =	100,0	[kNm]

RISULTATI DEI CALCOLI

TESTA LIBERA DI RUOTARE

Palo corto (M_{max}<=M_y)

H_{lim} =	5522,3	[kN]
$M_{max}(H_{lim})$ =	53106,1	[kNm]
$z(M_{max})$ =	14,4	[m]

Palo lungo (M_{max}>M_y)

H_{lim} =	84,2	[kN]
$M_{max}(H)$ =	100,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	1,8	[m]

PALO LUNGO

H_{lim} = 84,2 [kN]

TESTA IMPEDITA DI RUOTARE

Palo corto (M_{max}<=M_y)

H_{lim} =	16566,9	[kN]
$M_{max}(H_{lim})$ =	276115,4	[kNm]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]

Palo *intermedio*

H_{lim} =	5526,3	[kN]
$M_{max}(H)$ =	100,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]

Palo lungo (M_{max}>M_y)

H_{lim} =	133,7	[kN]
M_{max} =	100,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	2,2	[m]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]

PALO LUNGO

H_{lim} = 133,7 [kN]

H_{lim} = portata orizzontale limite,
M_{max} = momento max mobilitato a rottura,
z = profondità da testa palo.

TIPO PALO	FORMULA (VIGGIANI - 2003)
Corto testa libera	$H_{lim}=(L^3*3*k_p*\gamma*D)/[6*(e+L)]$ $M_{max} = L^4/[2*D^3*(L+e)]*\{e/L+0,544*[L/(2*(L+e))]^{0,5}\}*k_p*\gamma*D^4$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$
Lungo testa libera	$H_{lim}*\{e+0,544*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}\} = M_y$ $M_{max} = M_y$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$
Corto testa incastr.	$H_{lim}=1,5*L^2*k_p*\gamma*D$ $M_{max}=2/3*H*L$
Interm. testa incastr.	$H_{lim}=(M_y+0,5*L^3*k_p*\gamma*D)/L$ $M_{max} = M_y$
Lungo testa incastr.	$H_{lim}=kp*\gamma*D^3*\{[3,676*M_y/(k_p*\gamma*D^4)]^2\}^{0,33}$ $M_{max} = M_y$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE DI UN PALO CARICATO DA FORZA ORIZZONTALE

DATI DI INPUT

Angolo d'attrito	φ =	26,0	[gradi]
Peso di volume medio significativo entro L	γ =	13,8	[kN/m^3]
Diametro palo:	D =	0,8	[m]
Lunghezza palo fuori terra:	e =	0,0	[m]
Lunghezza palo nel terreno:	L =	25,0	[m]
Momento di plasticizzazione:	M_y =	1500,0	[kNm]

RISULTATI DEI CALCOLI

TESTA LIBERA DI RUOTARE		
Palo corto (M_{max}<=M_y)		
H_{lim} =	8835,7	[kN]
$M_{max}(H_{lim})$ =	84969,8	[kNm]
$z(M_{max})$ =	14,4	[m]
Palo lungo (M_{max}>M_y)		
H_{lim} =	599,1	[kN]
$M_{max}(H)$ =	1500,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	3,8	[m]

PALO LUNGO		
H_{lim} =	**599,1**	**[kN]**

TESTA IMPEDITA DI RUOTARE		
Palo corto (M_{max}<=M_y)		
H_{lim} =	26507,1	[kN]
$M_{max}(H_{lim})$ =	441784,7	[kNm]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]
Palo *intermedio*		
H_{lim} =	8895,7	[kN]
$M_{max}(H)$ =	1500,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]
Palo lungo (M_{max}>M_y)		
H_{lim} =	950,8	[kN]
M_{max} =	1500,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	4,7	[m]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]

PALO LUNGO		
H_{lim} =	**950,8**	**[kN]**

H_{lim} = portata orizzontale limite,
M_{max} = momento max mobilitato a rottura,
z = profondità da testa palo.

TIPO PALO	FORMULA (VIGGIANI - 2003)
Corto testa libera	$H_{lim}=(L^3*3*k_p*\gamma*D)/[6*(e+L)]$ $M_{max} = L^4/[2*D^3*(L+e)]*\{e/L+0,544*[L/(2*(L+e))]^{0,5}\}*k_p*\gamma*D^4$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$
Lungo testa libera	$H_{lim}*\{e+0,544*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}\} = M_y$ $M_{max} = M_y$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$
Corto testa incastr.	$H_{lim}=1,5*L^2*k_p*\gamma*D$ $M_{max}=2/3*H*L$
Interm. testa incastr.	$H_{lim}=(M_y+0,5*L^3*k_p*\gamma*D)/L$ $M_{max} = M_y$
Lungo testa incastr.	$H_{lim}=kp*\gamma*D^3*\{[3,676*M_y/(k_p*\gamma*D^4)]^2\}^{0,33}$ $M_{max} = M_y$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE DI UN PALO CARICATO DA FORZA ORIZZONTALE

DATI DI INPUT

Angolo d'attrito	φ =	26,0	[gradi]
Peso di volume medio significativo entro L	γ =	11,8	[kN/m^3]
Diametro palo:	D =	1,0	[m]
Lunghezza palo fuori terra:	e =	0,0	[m]
Lunghezza palo nel terreno:	L =	25,0	[m]
Momento di plasticizzazione:	M_y =	700,0	[kNm]

RISULTATI DEI CALCOLI

TESTA LIBERA DI RUOTARE		
Palo corto (M_{max}<=M_y)		
H_{lim} =	9443,9	[kN]
$M_{max}(H_{lim})$ =	90819,2	[kNm]
$z(M_{max})$ =	14,4	[m]
Palo lungo (M_{max}>M_y)		
H_{lim} =	368,5	[kN]
$M_{max}(H)$ =	700,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	2,8	[m]

PALO LUNGO		
H_{lim} =	368,5	[kN]

TESTA IMPEDITA DI RUOTARE		
Palo corto (M_{max}<=M_y)		
H_{lim} =	28331,8	[kN]
$M_{max}(H_{lim})$ =	472197,4	[kNm]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]
Palo intermedio		
H_{lim} =	9471,9	[kN]
$M_{max}(H)$ =	700,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]
Palo lungo (M_{max}>M_y)		
H_{lim} =	584,9	[kN]
M_{max} =	700,0	[kNm]
$z(M_{max})$ =	3,6	[m]
$z(M_{max})$ =	0,0	[m]

PALO LUNGO		
H_{lim} =	584,9	[kN]

H_{lim} = portata orizzontale limite,
M_{max} = momento max mobilitato a rottura,
z = profondità da testa palo.

TIPO PALO	FORMULA (VIGGIANI - 2003)
Corto testa libera	$H_{lim}=(L^3*3*k_p*\gamma*D)/[6*(e+L)]$ $M_{max} = L^4/[2*D^3*(L+e)]*\{e/L+0,544*[L/(2*(L+e))]^{0,5}\}*k_p*\gamma*D^4$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$
Lungo testa libera	$H_{lim}*\{e+0,544*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}\} = M_y$ $M_{max} = M_y$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$
Corto testa incastr.	$H_{lim}=1,5*L^2*k_p*\gamma*D$ $M_{max}=2/3*H*L$
Interm. testa incastr.	$H_{lim}=(M_y+0,5*L^3*k_p*\gamma*D)/L$ $M_{max} = M_y$
Lungo testa incastr.	$H_{lim}=kp*\gamma*D^3*\{[3,676*M_y/(k_p*\gamma*D^{4)}]^2\}^{0,33}$ $M_{max} = M_y$ $z(M_{max}) =e+0,816*[H_{lim}/(k_p*\gamma*D)]^{0,5}$

DATI DI INPUT

Numero colonne:	$n_{p,x}$ =	6
Numero righe:	$n_{p,x}$ =	6
Diametro palo:	D = [mm]	800
Interasse palo lungo X:	x = [m]	3,3
Interasse palo lungo Y:	y = [m]	3,3
Forza applicata:	ΣH = [kN]	100,0

RISULTATI DEI CALCOLI

Riga n°	Y [m]	f1 [/]	f2 [/]	f3 [/]	f4 [/]	**fm [/]**	H_i [kN]
1	0	0,77	0,91	0,89	1,00	**0,89**	3,24
2	3,3	0,67	0,64	0,79	0,92	**0,76**	2,75
3	6,6	0,67	0,64	0,74	0,92	**0,74**	2,69
4	9,9	0,67	0,64	0,70	0,92	**0,73**	2,66
5	13,2	0,67	0,64	0,70	0,92	**0,73**	2,66
6	16,5	0,67	0,64	0,70	0,92	**0,73**	2,66
/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/

f = coefficiente di decurtazione della curva p - y

f1 - Rollins et al. (1998)

f2 - Rollins et al. (2005)

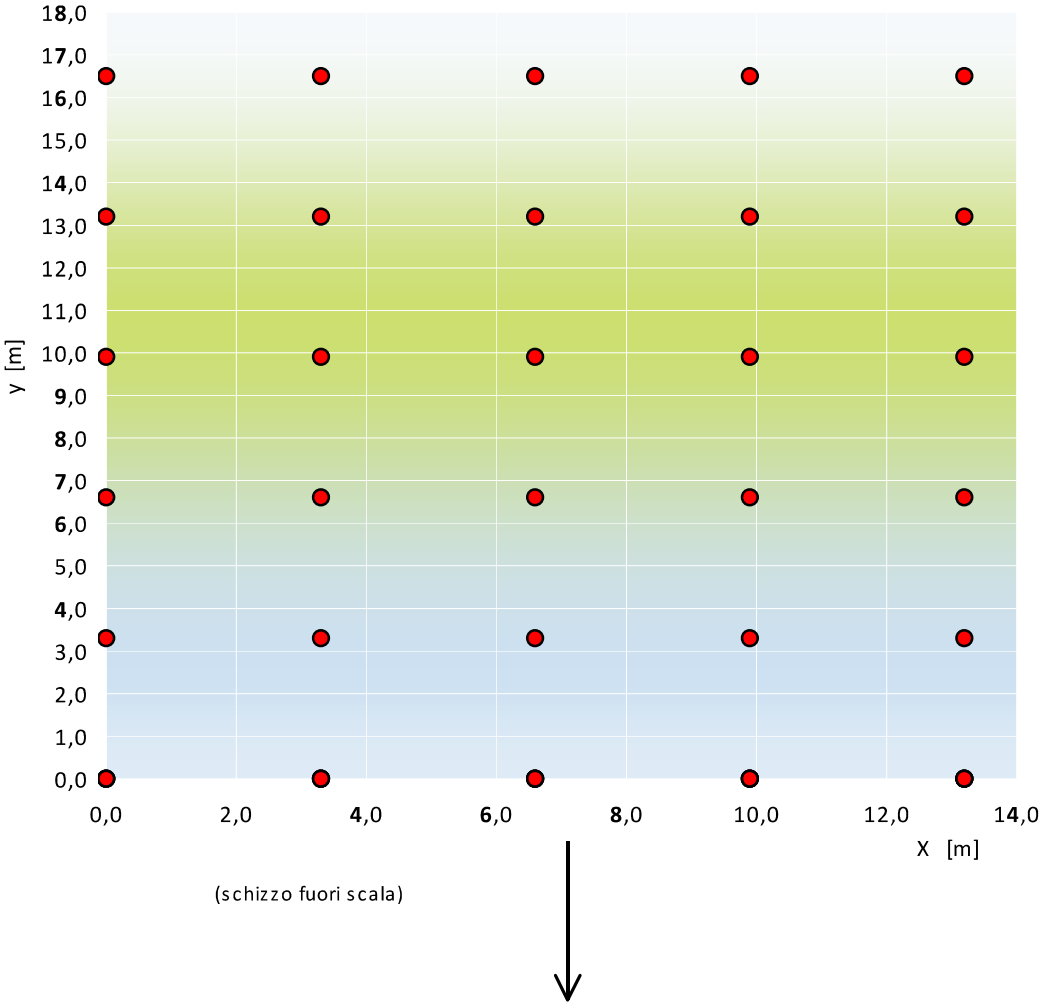
f3 - Mokwa (1999)

f4 - Reese et al. (1996)

fm - medio

H i - forza di competenza del singolo palo = $\Sigma H * \Sigma f_m * f_{mi} / n_{p,x}$ calcolata considerando il frazionamento dei carichi dedotto da fm, nell'ipotesi di proporzionalità detta p-Hi

PLANIMETRIA



DATI DI INPUT

CARATTERISTICHE FISICHE E GEOMETRICHE DEL PALO

Quota testa Q_t:	0,0	[m]
Quota base Q_b:	-25,0	[m]
Lunghezza palo L_p:	25,0	[m]
Diametro palo D:	500,0	[mm]
Momenti di inerzia palo J:	3,1E-03	[m^4]
Modulo di elasticità materiale costituente il palo E:	30000,0	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Quota acqua di falda Q_w:	0,0	[m]	
Tipo di terreno:	Sabbia media 1		(cfr. tabella A)
Peso di volume del terreno fuori acqua γ:	19,0	[kN/m^3]	
Esponente del modulo di reazione orizzontale *n*:	1		
Angolo d'attrito φ:	26	[gradi]	
Coesione c:	0,0	[kPa]	

CARICHI ESTERNI

Forza applicata in testa H:	85,0	[kN]
Coppia applicata in testa M:	0,0	[kNm]
Sovraccarico a lato del palo (imorsamento fondazione)	19,0	[kPa]

Testa palo libera di ruotare

RISULTATI DEI CALCOLI

L'analisi seguente ha valore per pali lunghi ovvero per pali aventi lunghezza L_p pari a
(per il significato dei simboli vedi più avanti):

$L_p > T * 10$

Modulo di sottofondo orizzontale E_h:

$E_h = n_h * z$

n_h = $A * \gamma_m / 1{,}35$ = gradiente del coefficiente E_h

A = 400 coefficiente funzione della densità del terreno che per la sabbia assume i valori esposti nella tabella A,

γ_m = 14,1 kN/m^3 = peso di volume medio del terreno entro DL,

DL = 4,4 spessore terreno da testa palo interessato significativamente dal fenomeno,
= 12*D per A = 100, 7*D per A = 2000 (valori intermedi di DL per valori intermedi di A).

Dallo sviluppo dei calcoli risulta:

E_h = 4164,8 * z ^{1}

Tabella A

Densità	N_{SPT}	A
Sciolta 1	<5	100
Sciolta 2	5-10	200
Sciolta 3		300
Media 1	10-20	400
Media 2		700
Media 3		1000
Densa 1	>20	1300
Densa 2		1650
Densa 3		2000

N_{SPT} = resistenza penetrometrica dinamica

Rigidezza relativa palo terreno T

$T = (E * J/n_h)^m$ = 1,86 m = 1/(4 + n) = 0,2

Verifica rigidezza palo

L_p = 25,0 > 18,6 palo lungo

Inflessione y(z)

$y(z) = A_y(z) * (H * T^3)/(E * J) * + B_y * (M_t * T^2)/(E * J)$

Rotazione Θ(z)

$\Theta(z) = A_t(z) * (H * T^2)/E * J) + (B_t * M_t) * T/(E * J)$

Momento flettente M(z)

$M(z) = A_m(z) * (H * T) + B_m * M_t$

Taglio T(z)

$T(z) = A_v(z) * H + B_v(z) * M_t/T$

Reazione terreno p(z)

$p(z) = A_p(z) * (H/T) + B_p(z) * (M_t/T^2)$

A(z), B(z) = coefficienti parametrici funzione di Z.

Dallo sviluppo dei calcoli risultano le grandezze riportate nella tabella B e negli abachi di figure 1, 2, 3, 4, 5.

Tabella B

z [m]	y [cm]	Θ [rad]	M [kNm]	T [kN]	p [kN/m]	p_{ad} [%]
0,0	1,44	-5,2E-03	0,0	85,0	0,0	0,0
-0,2	1,34	-5,2E-03	15,8	84,0	-1,0	1,2
-0,4	1,25	-5,1E-03	31,3	81,3	-19,3	19,3
-0,6	1,15	-5,0E-03	45,9	77,0	-26,8	23,6
-0,7	1,06	-4,9E-03	59,8	71,4	-32,9	25,8
-0,9	0,97	-4,8E-03	72,5	64,9	-37,6	26,7
-1,1	0,88	-4,6E-03	83,8	57,5	-41,1	26,6
-1,3	0,80	-4,5E-03	93,9	49,7	-43,3	25,8
-1,5	0,72	-4,3E-03	102,5	41,6	-44,5	24,5
-1,7	0,64	-4,0E-03	109,4	33,3	-44,7	22,9
-1,9	0,57	-3,8E-03	114,8	25,1	-44,0	21,1
-2,2	0,44	-3,3E-03	121,1	9,3	-40,5	18,2
-2,6	0,32	-2,8E-03	121,9	-4,8	-34,8	14,7
-3,0	0,23	-2,4E-03	117,8	-16,4	-27,9	11,1
-3,3	0,15	-1,9E-03	109,9	-25,4	-20,4	7,7
-3,7	0,08	-1,5E-03	99,1	-31,5	-13,0	4,6
-4,6	-0,01	-6,4E-04	66,6	-36,0	2,2	0,7
-5,6	-0,04	-1,3E-04	35,5	-29,7	10,3	2,9
-6,5	-0,04	1,1E-04	12,8	-19,0	11,8	3,0
-7,4	-0,03	1,7E-04	0,0	-9,0	9,2	2,2
-8,4	-0,02	1,3E-04	-5,1	-2,3	5,4	1,2
-9,3	-0,01	8,0E-05	-5,2	1,1	2,1	0,4
-18,6	0,00	0,0E+00	0,0	0,0	0,0	0,0

z = profondità da testa palo,
y = inflessione,
Q = rotazione,
M = momento flettente,
T = taglio,
p = reazione terreno,
pad = reazione adimensionale.

Figura 1
Inflessione

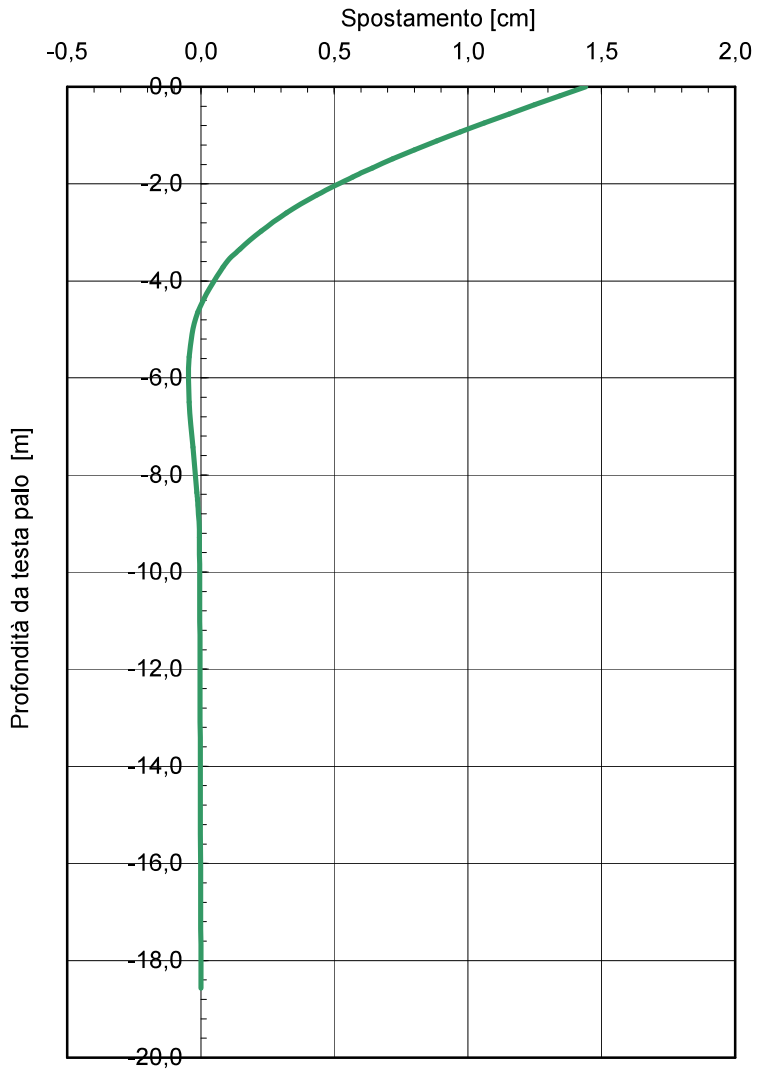


Figura 2
Rotazione

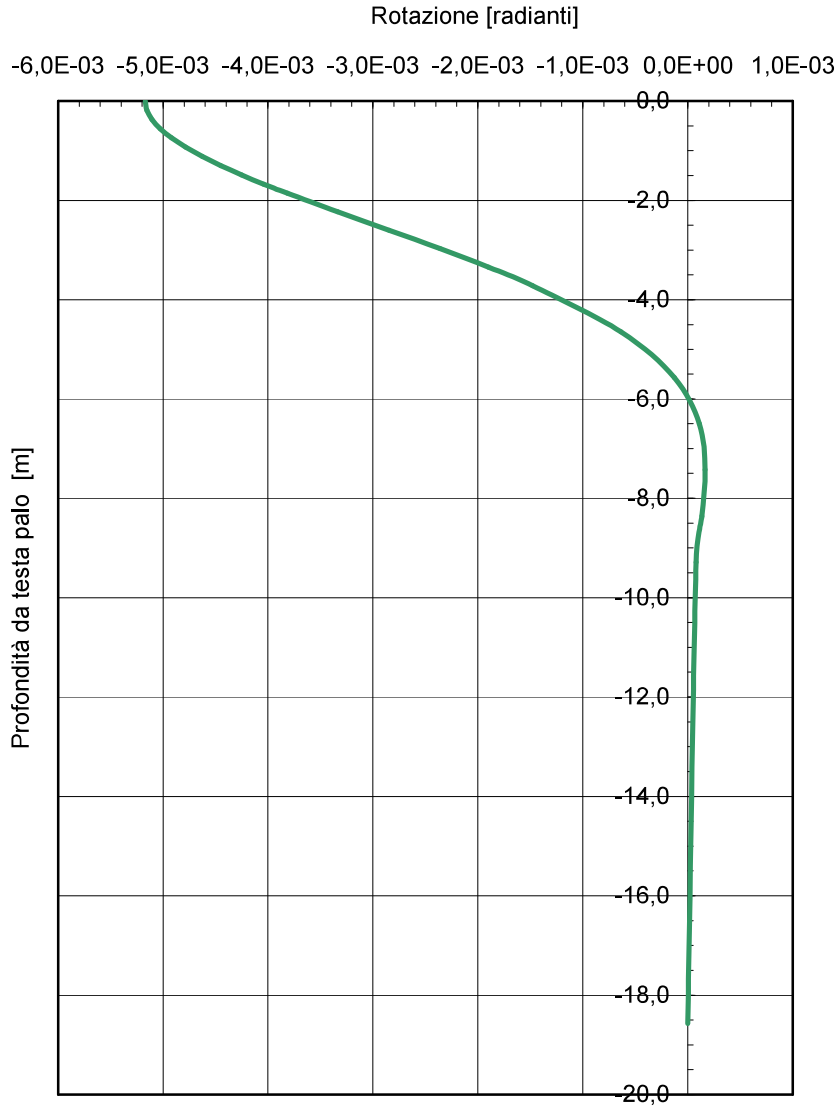


Figura 3
Momento flettente

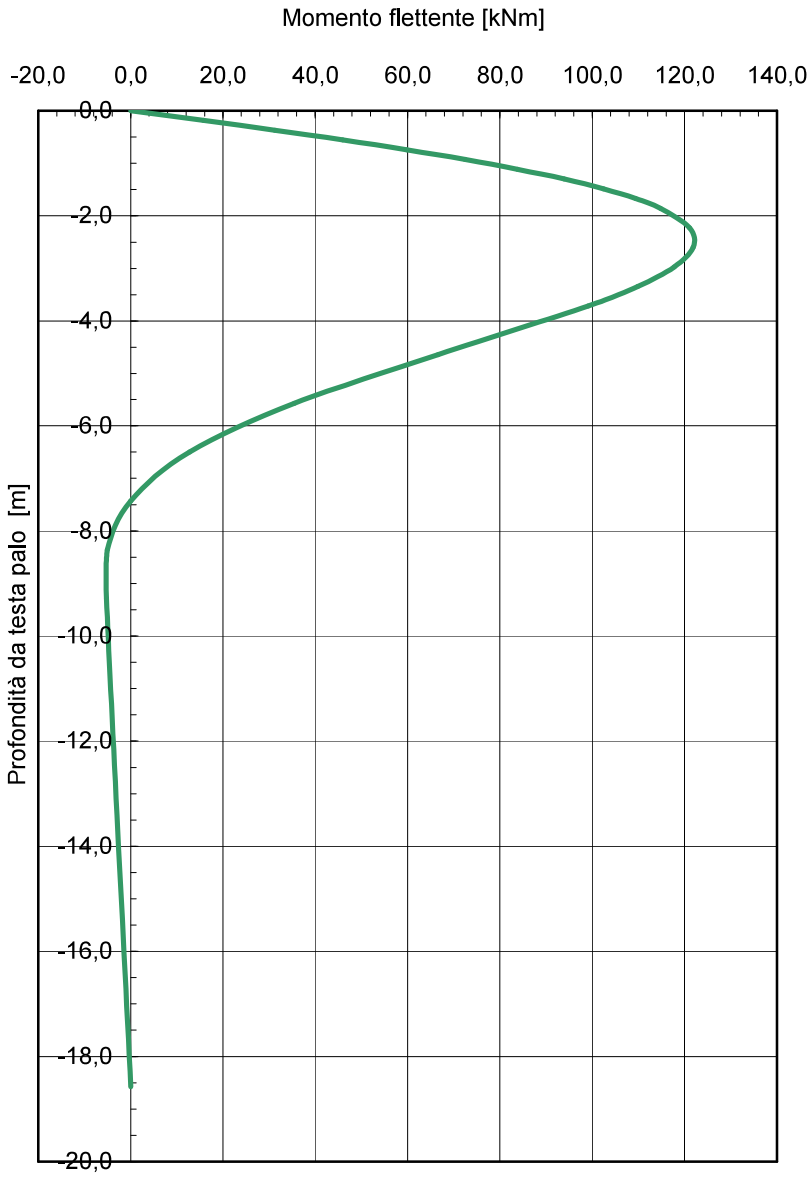


Figura 4
Taglio

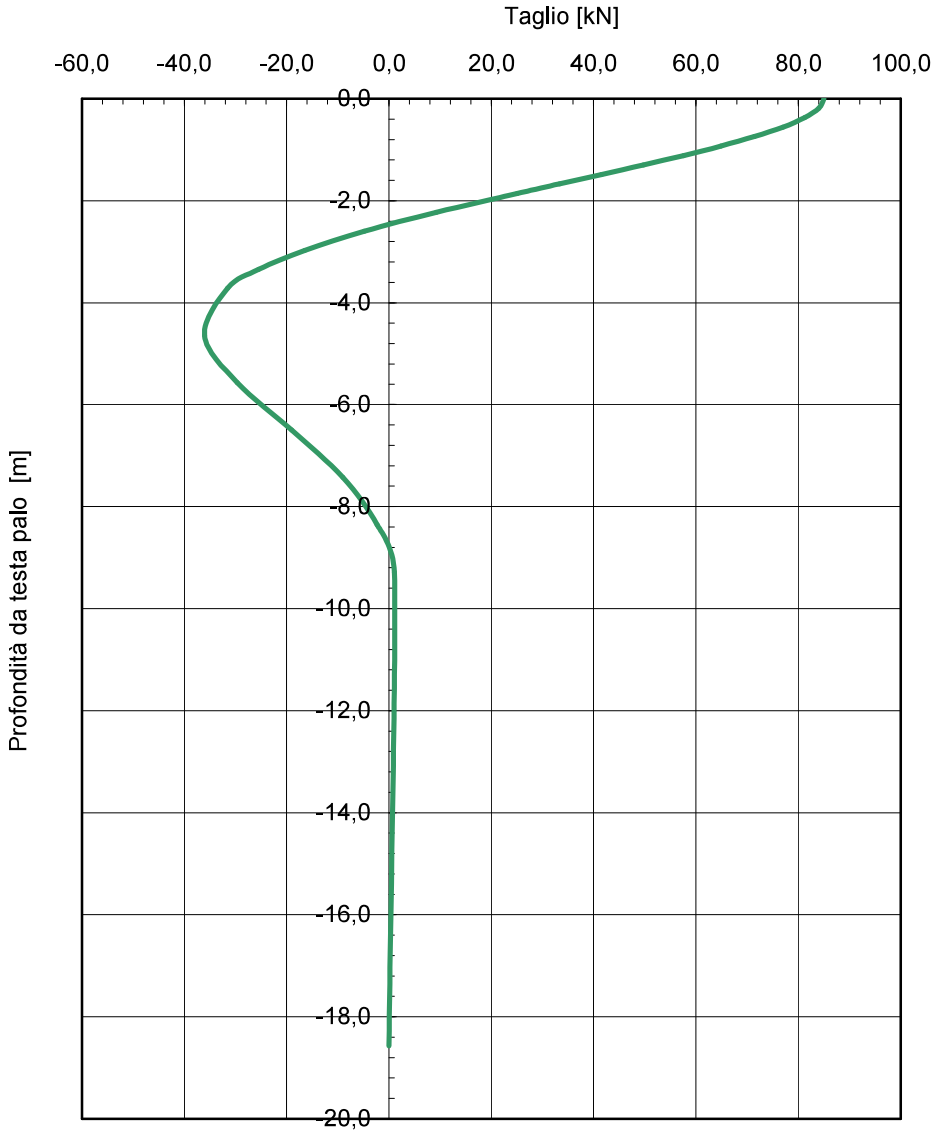
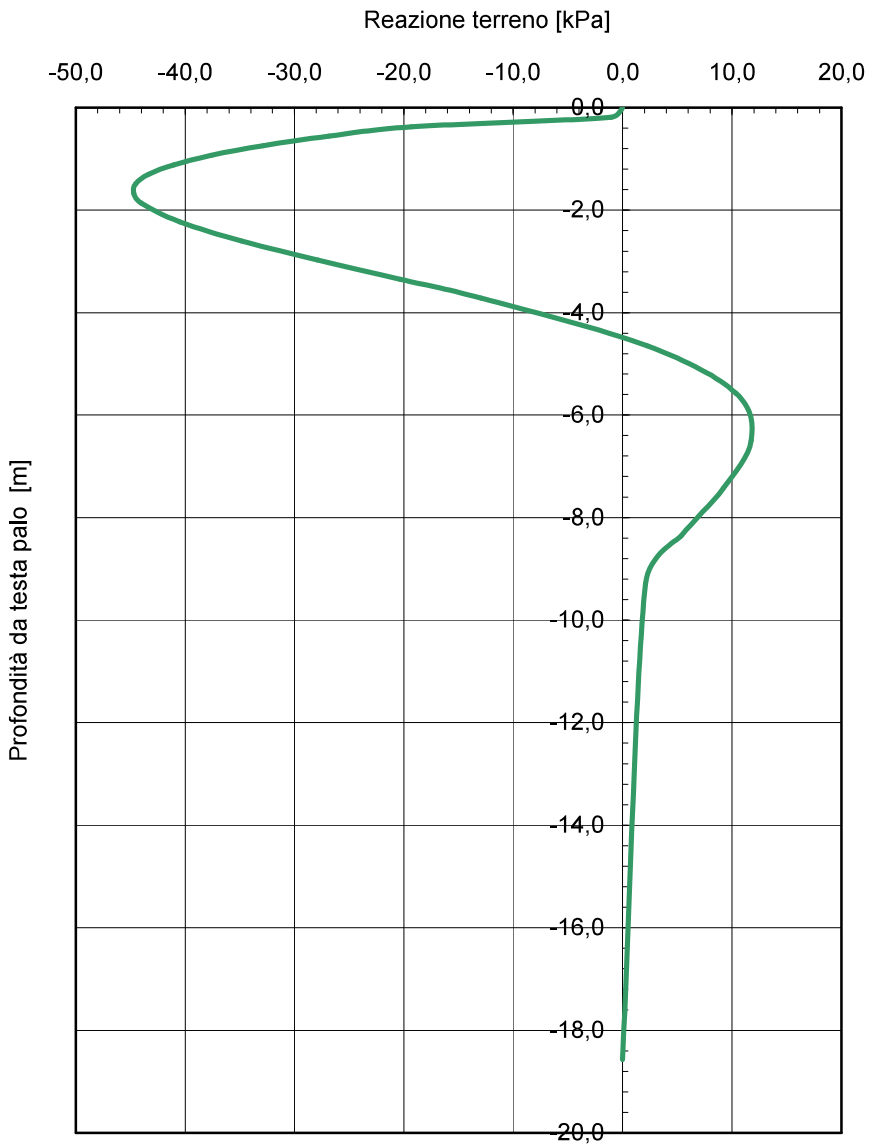


Figura 5
Reazione terreno



DATI DI INPUT

CARATTERISTICHE FISICHE E GEOMETRICHE DEL PALO

Quota testa Q_t:	0,0	[m]
Quota base Q_b:	-25,0	[m]
Lunghezza palo L_p:	25,0	[m]
Diametro palo D:	500,0	[mm]
Momenti di inerzia palo J:	3,1E-03	[m^4]
Modulo di elasticità calcestruzzo E:	30000,0	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Quota acqua di falda Q_w:	2,0	[m]	
Tipo di terreno:	Sabbia media 1		(tabella A)
Peso di volume del terreno fuori acqua γ:	19,0	[kN/m^3]	
Esponente del modulo di reazione orizzontale *n*:	1		
Angolo d'attrito φ:	26	[gradi]	
Coesione c:	0,0	[kPa]	

CARICHI ESTERNI

Forza applicata in testa H:	135,0	[kN]
Sovraccarico a lato del palo (imorsamento fondazione)	19,0	[kPa]

Testa palo impedita di ruotare

RISULTATI DEI CALCOLI

L'analisi seguente ha valore per pali lunghi ovvero per pali aventi lunghezza L_p pari a
(per il significato dei simboli vedi più avanti):

$L_p > T * 10$

Modulo di sottofondo orizzontale E_h:

$E_h = n_h * z$

n_h = $A * \gamma_m / 1{,}35$ = gradiente del coefficiente E_h,

A = 400 coefficiente funzione della densità del terreno che per la sabbia assume i valori esposti nella tabella A,

γ_m = 14,1 [kN/m^3] = peso di volume medio del terreno entro DL,

DL = 4,4 [m] = spessore terreno da testa palo interessato significativamente dal fenomeno,
= 12*D per A = 100, 7*D per A = 2000 (valori intermedi di DL per valori intermedi di A).

Dallo sviluppo dei calcoli risulta:

E_h = 8329,7 * z ^{1}

Tabella A

Densità	N_{SPT}	A
Sciolta 1	<5	100
Sciolta 2	5-10	200
Sciolta 3		300
Media 1	10-20	400
Media 2		700
Media 3		1000
Densa 1	>20	1300
Densa 2		1650
Densa 3		2000

N_{SPT} = resistenza penetrometrica dinamica

Rigidezza relativa palo terreno T

$T = (E * J/n_h)^m$ = 1,86 m = 1/(4 + n) = 0,2

Verifica rigidezza palo

L_p = 25,0 > 18,6 [m] palo lungo

Inflessione y(z)

$y(z) = A_y(z) * (H * T^3)/(E * J) * + B_y * (M_t * T^2)/(E * J)$

Rotazione Θ(z)

$\Theta(z) = A_t(z) * (H * T^2)/E * J) + (B_t * M_t) * T/(E * J)$

Momento flettente M(z)

$M(z) = A_m(z) * (H * T) + B_m * M_t$

Taglio T(z)

$T(z) = A_v(z) * H + B_v(z) * M_t/T$

Reazione terreno p(z)

$p(z) = A_p(z) * (H/T) + B_p(z) * (M_t/T^2)$

A(z), B(z) = coefficienti parametrici funzione di Z.

Dallo sviluppo dei calcoli risultano le grandezze riportate nella tabella B e negli abachi di figure 1, 2, 3, 4, 5.

Tabella B

z [m]	y [cm]	Θ [rad]	M [kNm]	T [kN]	p [kN/m]	p_{ad} [%]
0,0	0,87	0,0E+00	-232,7	135,0	0,0	0,0
-0,2	0,87	-4,4E-04	-207,6	134,3	-6,7	7,8
-0,4	0,86	-8,4E-04	-182,8	132,6	-13,2	13,2
-0,6	0,84	-1,2E-03	-158,3	129,6	-19,5	17,1
-0,7	0,81	-1,5E-03	-134,6	125,3	-25,1	19,8
-0,9	0,78	-1,7E-03	-112,0	120,2	-30,3	21,6
-1,1	0,75	-1,9E-03	-90,2	114,1	-34,8	22,5
-1,3	0,71	-2,1E-03	-69,3	107,3	-38,5	23,0
-1,5	0,67	-2,2E-03	-49,9	99,8	-41,6	22,9
-1,7	0,63	-2,3E-03	-32,2	92,0	-43,8	22,5
-1,9	0,59	-2,3E-03	-16,0	83,7	-45,4	21,8
-2,2	0,50	-2,3E-03	12,0	66,6	-46,3	20,8
-2,6	0,41	-2,3E-03	33,5	49,6	-44,7	18,9
-3,0	0,33	-2,1E-03	48,8	33,7	-41,2	16,4
-3,3	0,26	-1,9E-03	58,6	19,3	-36,1	13,6
-3,7	0,19	-1,6E-03	63,5	7,0	-30,0	10,7
-4,6	0,07	-9,8E-04	59,3	-13,4	-14,2	4,5
-5,6	0,01	-4,7E-04	42,7	-20,4	-1,6	0,5
-6,5	-0,02	-1,3E-04	24,0	-18,2	5,2	1,3
-7,4	-0,02	3,3E-05	9,8	-12,2	7,0	1,7
-8,4	-0,02	8,1E-05	1,1	-6,3	5,7	1,3
-9,3	-0,01	7,5E-05	-2,2	-1,9	3,2	0,6
-18,6	0,00	0,0E+00	0,0	0,0	0,0	0,0

z = profondità da testa palo,

y = inflessione,

Q = rotazione,

M = momento flettente,

T = taglio,

p = reazione terreno,

p_{ad} = reazione adimensionale.

Figura 1
Inflessione

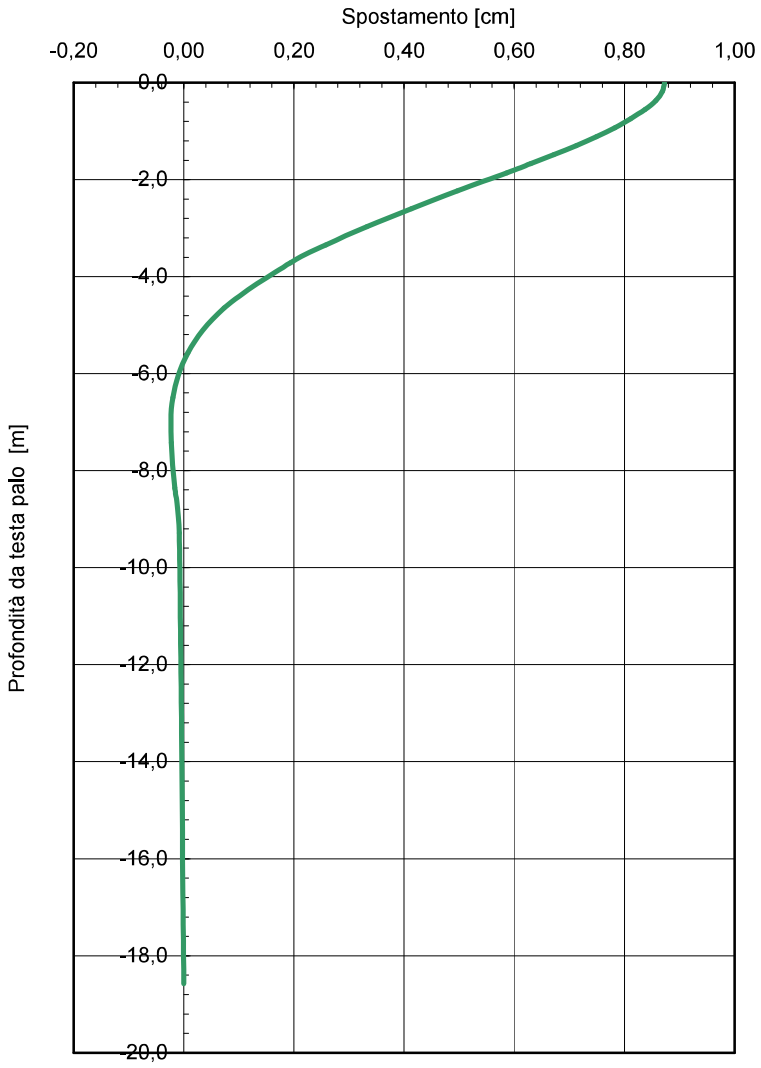


Figura 2
Rotazione

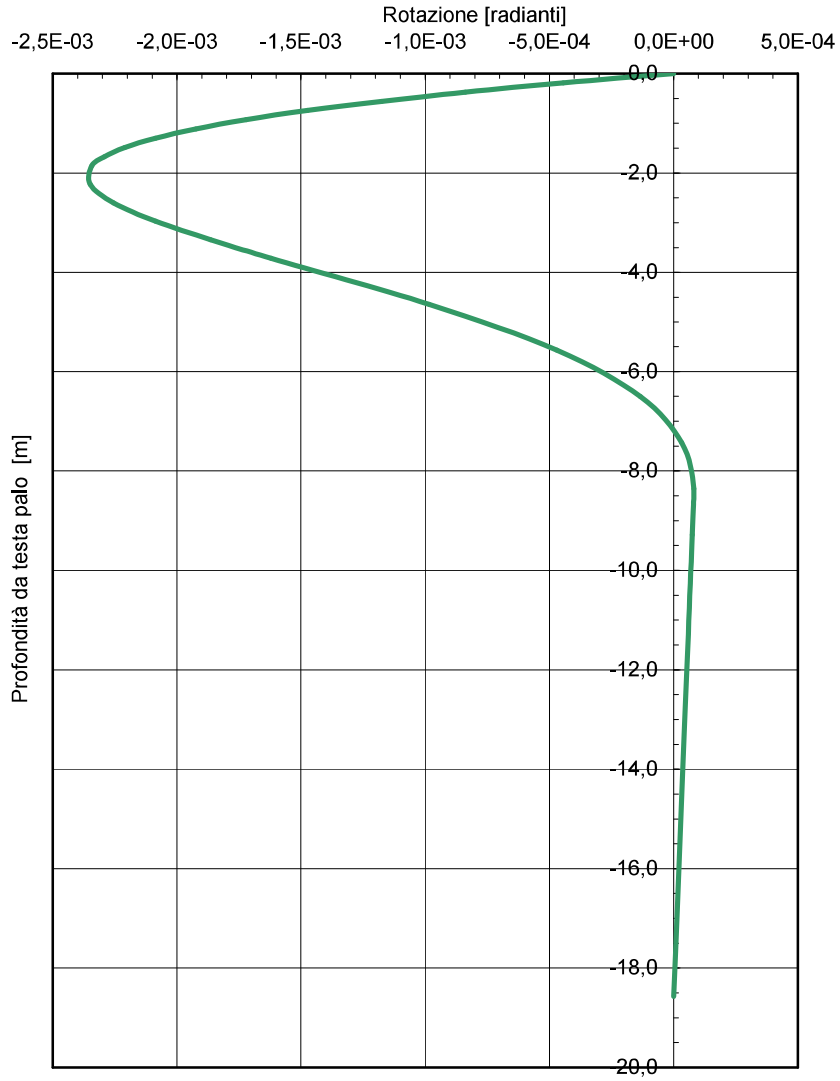


Figura 3
Momento flettente

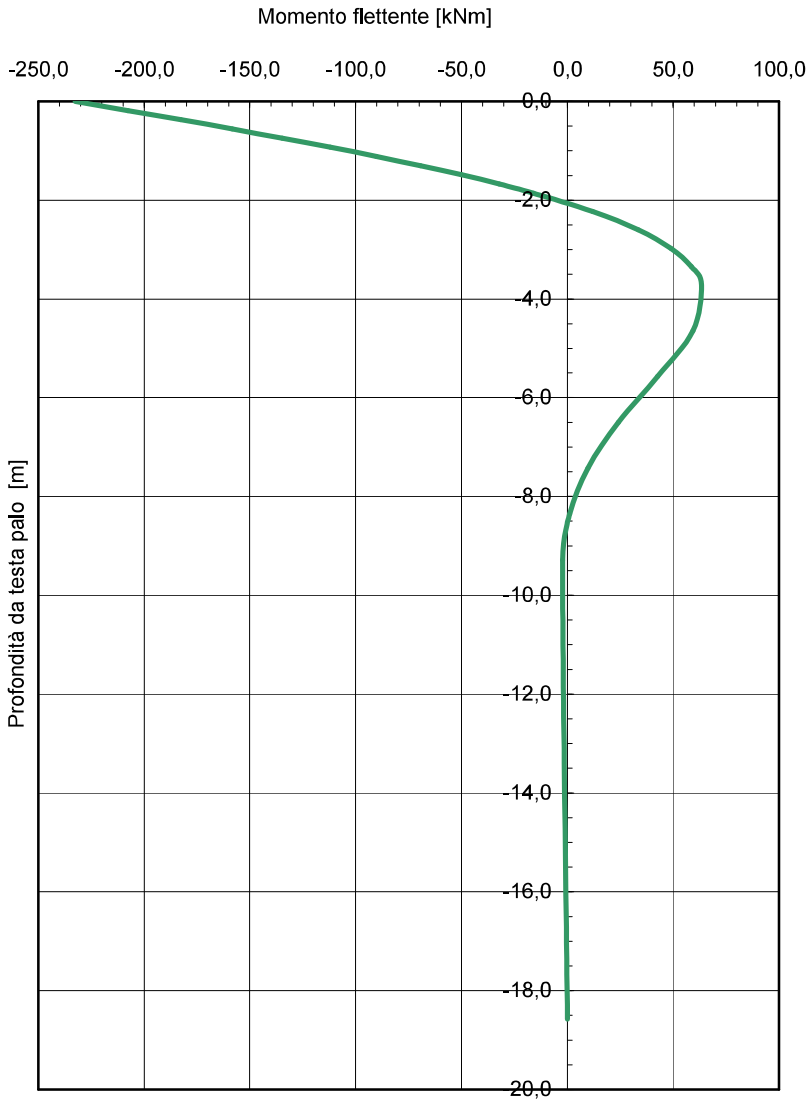


Figura 4
Taglio

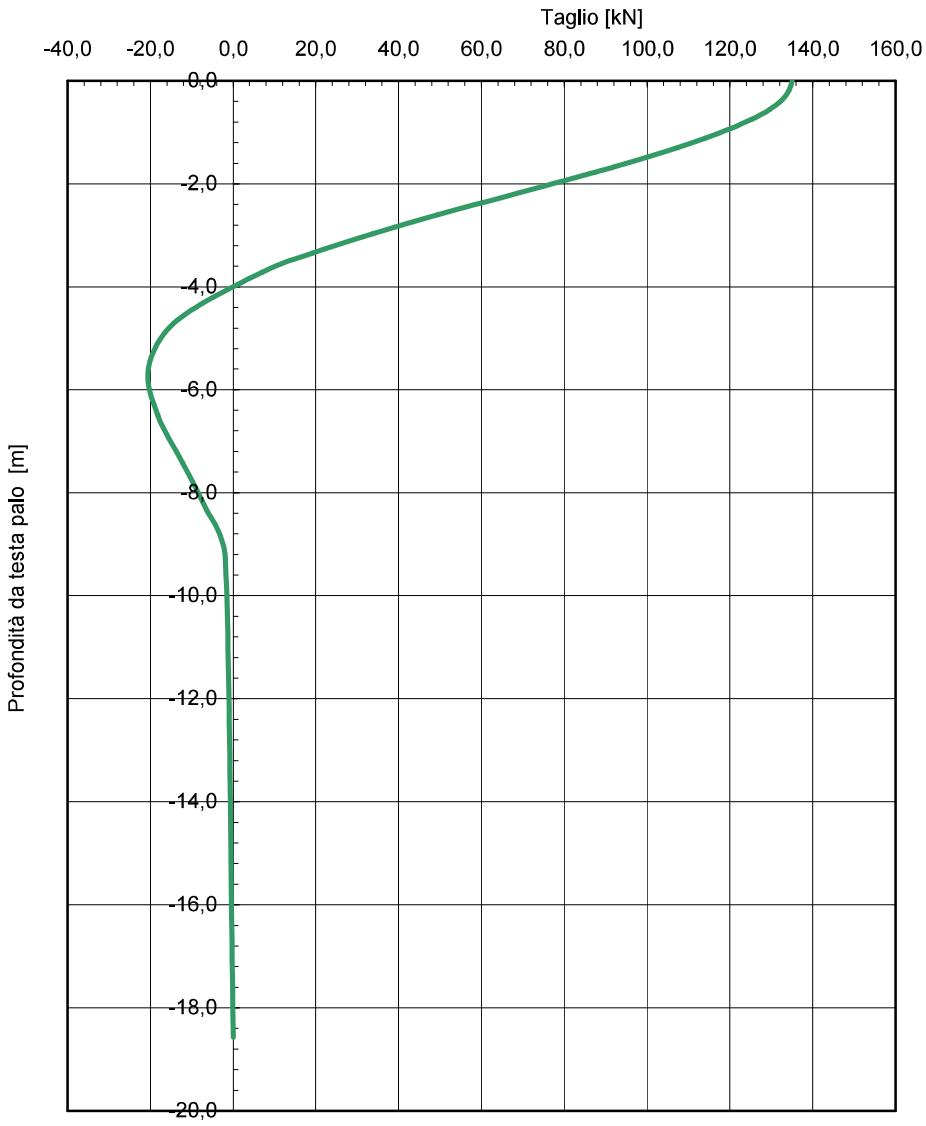
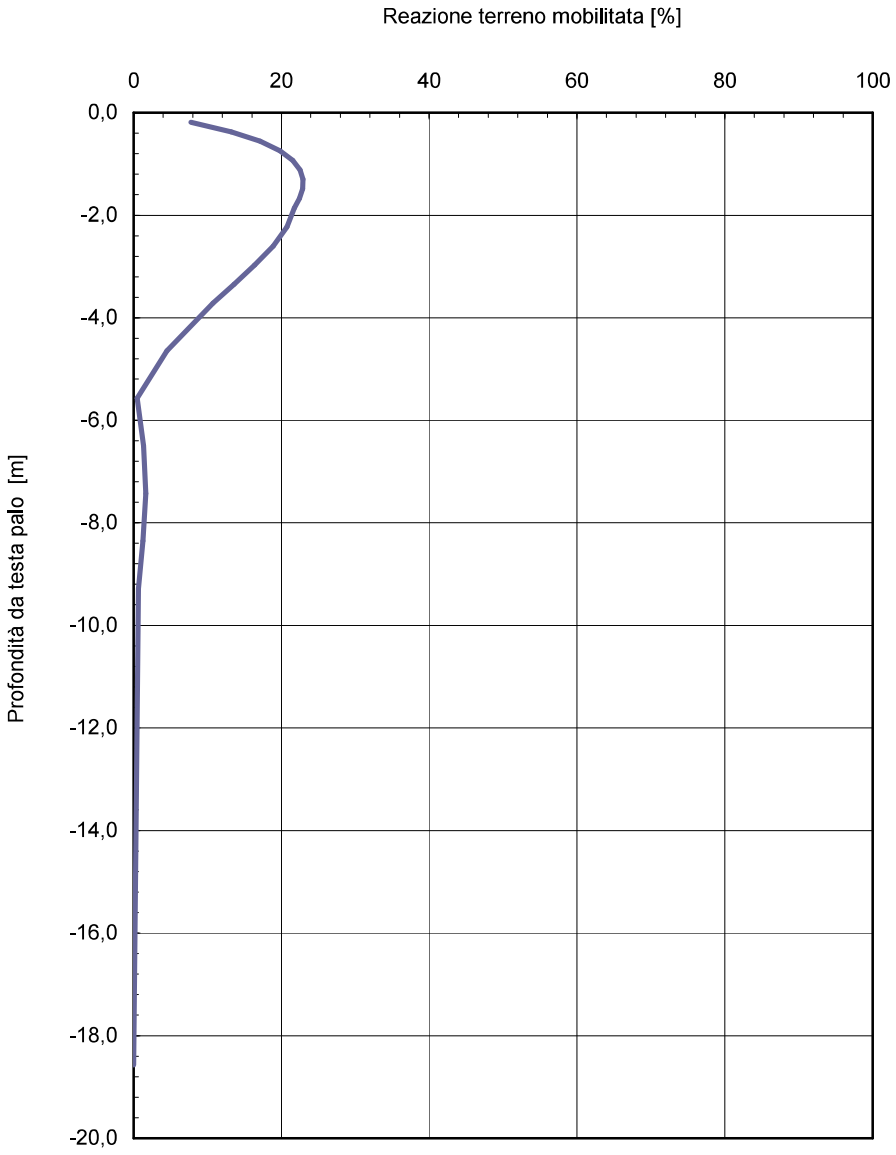


Figura 5
Reazione terreno



ANALISI FONDAZIONE SU PALI RIDUTTORI DI CEDIMENTO - PRETRATTAMENTO AREA A

Mandolini **V** CNR**IG** (2006)

INPUT			
$Q_{p,lim}$ =	417150,0	[kN]	Carico limite platea
$Q_{p,lim}$ =	2464,0	[kN]	Carico limite palo singolo
Q =	72000,0	[kN]	Carico applicato
D_b =	5,00	[m]	Diametro base pali
D =	0,4	[m]	Diametro medio fusto pali
L_p =	19,8	[m]	Lunghezza pali
B =	15,0	[m]	Lato minore platea
n_{pB} =	6		Numero pali lungo il lato B
s_B =	3	[m]	Interasse pali lungo B
L =	30,0	[m]	Lato maggiore platea
n_{pL} =	10		Numero pali lungo il lato L
s_L =	3,33	[m]	Interasse pali lungo L
ν =	0,35		Coefficiente di Poisson
$w_{p,isol}$ =	0,0036	[m]	Cedimento palo isolato
w_p =	0,039	[m]	Cedimento medio platea

RISULTATI			
q_t =	160,0	[kPa]	Pressione contatto fondazione-terreno in assenza dei pali = Q/(B*L)
n_p =	60		Numero pali = n_{pB} * n_{pL}
s =	3,21	[m]	Interasse medio pali
$Q_{G,lim}$ =	147840	[kN]	Carico limite gruppo di pali = $Q_{p,lim}$ * n_p
K_G =	4315295,5	[kN/m]	Rigidezza gruppo pali = Q/w_G; w_G = 0,3*n_p*$w_{p,isol}$*$R^{-1,2}$
K_p =	1827411,2	[kN/m]	Rigidezza platea = Q/w_p
K_{PR} =	4660273,2	[kN/m]	Rigidezza platea su pali = X * K_G
X =	1,08		X = [1 + (1 - 2 * α_{cp})*(K_p/K_G)]/[1 - α^2_{cp} * (K_P/K_G)]
α_{cp} =	0,60		
α_{pr} =	0,81		Quota parte carico sui pali = 1/(1 + β)
β =	0,23		β = (1 - α_{cp}) * (K_p/K_G)/[1 - α_{cp} * (K_p/K_G)]
α_{rp} =	0,19		Quota parte carico su platea = 1 - α_{pr}
w(A) =	0,034	[m]	Cedimento gruppo pali in corrispondenza del carico $Q_{G,lim}$ = $Q_{G,l}$/K_G
Q_p(A) =	62606,3	[kN]	Carico platea in corrispondenza di w_G(A) = w_G(A) * K_p [kN]
Q_A =	210446,3	[kN]	Carico totale in corrispondenza di w(A) = $Q_{G,lim}$ + Q_p(A) [kN]
w_{PR} =	**0,0154**	[m]	Cedimento platea su pali (Q <=QA) = Q/KPR
N_p =	**977,9**	[kN]	Carico sul singolo palo = Q * α_{pr}/n_p
$q_{t,p}$ =	**30,2**	[kPa]	Pressione contatto fondazione-terreno = α_{rp}*q_t*B*L/(B*L - n_p*π*D^2/4)
A_g =	469,1	[m^2]	Area occupata dai pali = [(n_{pB} - 1)*s_B + D]*[(n_{pL} - 1)*s_L + D]
A =	450,0	[m^2]	Area platea = B*L
α_p =	0,59		Contributo platea = 1 - 3 * (A_g/A)/(s/D)
α_G =	1,00		Contributo pali
$Q_{PR,lim}$ =	394218,9		Portata limite gruppo pali = α_G * $Q_{G,lim}$ + α_p * $Q_{p,lim}$ [kN]
$F_{s,PR,1}$ =	**7,8**		coefficiente sicurezza secondo Poulos (2000)=($Q_{p,lim}$+$Q_{G,lim}$)/Q
$F_{s,PR,2}$ =	**5,5**		coefficiente sicurezza secondo Mandolini = $Q_{PR,lim}$/Q
$F_{s;PR,3}$ =	**5,8**		coefficiente sicurezza secondo NTC = $Q_{p,lim}$/Q

ANALISI FONDAZIONE SU PALI RIDUTTORI DI CEDIMENTO - PRETRATTAMENTO AREA B

Mandolini **V** CNRIG (2006)

INPUT			
$Q_{p,lim}$ =	123640,1	[kN]	Carico limite platea
$Q_{p,lim}$ =	2464,0	[kN]	Carico limite palo singolo
Q =	28152,0	[kN]	Carico applicato
D_b =	0,40	[m]	Diametro base pali
D =	0,4	[m]	Diametro medio fusto pali
L_p =	19,8	[m]	Lunghezza pali
B =	11,5	[m]	Lato minore platea
n_{pB} =	4		Numero pali lungo il lato B
s_B =	3,83333333	[m]	Interasse pali lungo B
L =	15,3	[m]	Lato maggiore platea
n_{pL} =	6		Numero pali lungo il lato L
s_L =	3,06	[m]	Interasse pali lungo L
ν =	0,35		Coefficiente di Poisson
$w_{p,isol}$ =	0,0038	[m]	Cedimento palo isolato
w_p =	0,039	[m]	Cedimento medio platea

RISULTATI			
q_t =	160,0	[kPa]	Pressione contatto fondazione-terreno in assenza dei pali = Q/(B*L)
n_p =	24		Numero pali = n_{pB} * n_{pL}
s =	3,37	[m]	Interasse medio pali
$Q_{G,lim}$ =	59136	[kN]	Carico limite gruppo di pali = $Q_{p,lim}$ * n_p
K_G =	2426388,6	[kN/m]	Rigidezza gruppo pali = Q/w_G; w_G = 0,3*n_p*$w_{p,isol}$*$R^{-1,2}$
K_p =	714517,8	[kN/m]	Rigidezza platea = Q/w_p
K_{PR} =	2554268,3	[kN/m]	Rigidezza platea su pali = X * K_G
X =	1,05		X = [1 + (1 - 2 * α_{cp})*(K_p/K_G)]/[1 - α^2_{cp} * (K_P/K_G)]
α_{cp} =	0,60		
α_{pr} =	0,87		Quota parte carico sui pali = 1/(1 + β)
β =	0,14		β = (1 - α_{cp}) * (K_p/K_G)/[1 - α_{cp} * (K_p/K_G)]
α_{rp} =	0,13		Quota parte carico su platea = 1 - α_{pr}
w(A) =	0,024	[m]	Cedimento gruppo pali in corrispondenza del carico $Q_{G,lim}$ = $Q_{G,l}$/K_G
Q_p(A) =	17414,2	[kN]	Carico platea in corrispondenza di w_G(A) = w_G(A) * K_p [kN]
Q_A =	76550,2	[kN]	Carico totale in corrispondenza di w(A) = $Q_{G,lim}$ + Q_p(A) [kN]
w_{PR} =	**0,0110**	[m]	Cedimento platea su pali (Q <=QA) = Q/KPR
N_p =	**1026,2**	[kN]	Carico sul singolo palo = Q * α_{pr}/n_p
$q_{t,p}$ =	**20,4**	[kPa]	Pressione contatto fondazione-terreno = α_{rp}*q_t*B*L/(B*L - n_p*π*D^2/4)
A_g =	187,4	[m^2]	Area occupata dai pali = [(n_{pB} - 1)*s_B + D]*[(n_{pL} - 1)*s_L + D]
A =	176,0	[m^2]	Area platea = B*L
α_p =	0,60		Contributo platea = 1 - 3 * (A_g/A)/(s/D)
α_G =	1,00		Contributo pali
$Q_{PR,lim}$ =	133535,2		Portata limite gruppo pali = α_G * $Q_{G,lim}$ + α_p * $Q_{p,lim}$ [kN]
$F_{s,PR,1}$ =	**6,5**		coefficiente sicurezza secondo Poulos (2000)=($Q_{p,lim}$+$Q_{G,lim}$)/Q
$F_{s,PR,2}$ =	**4,7**		coefficiente sicurezza secondo Mandolini = $Q_{PR,lim}$/Q
$F_{s;PR,3}$ =	**4,4**		coefficiente sicurezza secondo NTC = $Q_{p,lim}$/Q

ANALISI FONDAZIONE SU PALI RIDUTTORI DI CEDIMENTO - ULTRAFILTRAZIONE

Mandolini V CNRIG (2006)

INPUT			
$Q_{p,lim}$ =	53438**0**0,0	[kN]	Carico limite platea
$Q_{p,lim}$ =	32**7**3,0	[kN]	Carico limite palo singolo
Q =	3**69**600,0	[kN]	Carico applicato
D_b =	0,50	[m]	**D**iametro base pali
D =	0,5	[m]	**D**iametro medio fusto pali
L_p =	20,**8**	[m]	Lunghezza pali
B =	**44**,0	[m]	Lato minore platea
n_{pB} =	15		Numero pali lungo il lato B
s_B =	3,1**4**2**8**5**7**1**4**	[m]	Interasse pali lungo B
L =	**7**0,0	[m]	Lato maggiore platea
n_{pL} =	23		Numero pali lungo il lato L
s_L =	3,1**8**	[m]	Interasse pali lungo L
ν =	0,35		Coefficiente di **P**oisson
$w_{p,isol}$ =	0,0020	[m]	Cedimento palo isolato
w_p =	0,033	[m]	Cedimento medio platea

RISULTATI			
q_t =	120,0	[k**P**a]	**P**ressione contatto fondazione-terreno in assenza dei pali = Q/(B*L)
n_p =	3**4**5		Numero pali = n_{pB} * n_{pL}
s =	3,1**7**	[m]	Interasse medio pali
$Q_{G,lim}$ =	112**9**1**8**5	[kN]	Carico limite gruppo di pali = $Q_{p,lim}$ * n_p
K_G =	1**9**5**0**6**6**9**9**,2	[kN/m]	Rigidezza gruppo pali = Q/w_G; w_G = 0,3*n_p*$w_{p,isol}$*$R^{-1,2}$
K_p =	1126**8**2**9**2,**7**	[kN/m]	Rigidezza platea = Q/w_p
K_{PR} =	21**7**8**3**002,**9**	[kN/m]	Rigidezza platea su pali = X * K_G
X =	1,12		X = [1 + (1 - 2 * α_{cp})*(K_p/K_G)]/[1 - α^2_{cp} * (K_P/K_G)]
α_{cp} =	0,**6**0		
α_{pr} =	0,**74**		Quota parte carico sui pali = 1/(1 + β)
β =	0,35		β = (1 - α_{cp}) * (K_p/K_G)/[1 - α_{cp} * (K_p/K_G)]
α_{rp} =	0,2**6**		Quota parte carico su platea = 1 - α_{pr}
w(**A**) =	0,05**8**	[m]	Cedimento gruppo pali in corrispondenza del carico $Q_{G,lim}$ = $Q_{G,l}$/K_G
Q_p(**A**) =	6522**8**8,1	[kN]	Carico platea in corrispondenza di w_G(**A**) = w_G(**A**) * K_p [kN]
Q_A =	17**8**1**4**7**3**,1	[kN]	Carico totale in corrispondenza di w(**A**) = $Q_{G,lim}$ + Q_p(**A**) [kN]
w_{PR} =	**0,0170**	[m]	Cedimento platea su pali (Q <=Q**A**) = Q/K**P**R
N_p =	**791,4**	[kN]	Carico sul singolo palo = Q * α_{pr}/n_p
$q_{t,p}$ =	**32,1**	[k**P**a]	**P**ressione contatto fondazione-terreno = α_{rp}*q_t*B*L/(B*L - n_p*π*D^2/4)
A_g =	3137,3	[m^2]	**A**rea occupata dai pali = [(n_{pB} - 1)*s_B + **D**]*[(n_{pL} - 1)*s_L + **D**]
A =	30**8**0,0	[m^2]	**A**rea platea = B*L
α_p =	0,52		Contributo platea = 1 - 3 * (A_g/**A**)/(s/**D**)
α_G =	1,00		Contributo pali
$Q_{PR,lim}$ =	3**894475**,3		**P**ortata limite gruppo pali = α_G * $Q_{G,lim}$ + α_p * $Q_{p,lim}$ [kN]
$F_{s,PR,1}$ =	**17,5**		coefficiente sicurezza secondo **P**oulos (2000)=($Q_{p,lim}$+$Q_{G,lim}$)/Q
$F_{s,PR,2}$ =	**10,5**		coefficiente sicurezza secondo Mandolini = $Q_{PR,lim}$/Q
$F_{s;PR,3}$ =	**14,5**		coefficiente sicurezza secondo NTC = $Q_{p,lim}$/Q

APPENDICE C

Si fa riferimento ai terreni di sedime delle fondazioni a platea dei manufatti che compongono l'impianto di depurazione acque reflue denominato "NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE AREA CENTRALE DI GENOVA" terreni dei quali è prevista la bonifica costituita da inerte vibrocompattato.
Nel seguito sono fornite le linee guida per la posa dell'inerte.
Questo è previsto di spessore pari a 0,9 m.

Sono trattate: la preparazione del piano di posa, la tipologia e scelta dei materiali, le disposizioni per la relativa stesura, i controlli preliminari alla produzione propedeutici alla messa a punto delle operazioni esecutive e i controlli di qualità in corso d'opera.
Saranno ammesse operazioni o condizioni differenti da quelle descritte nel seguito, dettate da difficoltà o esigenze esecutive che insorgessero nel corso dei lavori, attualmente non previste. Queste saranno sottoposte per approvazione ai responsabili del procedimento previa parere degli scriventi.

Per la stesura delle presenti note si è fatto riferimento alla relazione geotecnica L046-17/R1/UC redatta dagli scriventi alla quale si rimanda per i necessari collegamenti.

Capitolo 1 ***PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEL RIPORTO STRUTTURALE***

L'inerte che costituirà il riporto non sarà messo in opera prima che il terreno in loco sia opportunamente regolarizzato e approvato. Al riguardo si rimanda al capitolo 5 della relazione geotecnica di riferimento che viene per comodità di consultazione riportato fuori testo.
Le note seguenti forniscono gli elementi per tale approvazione.

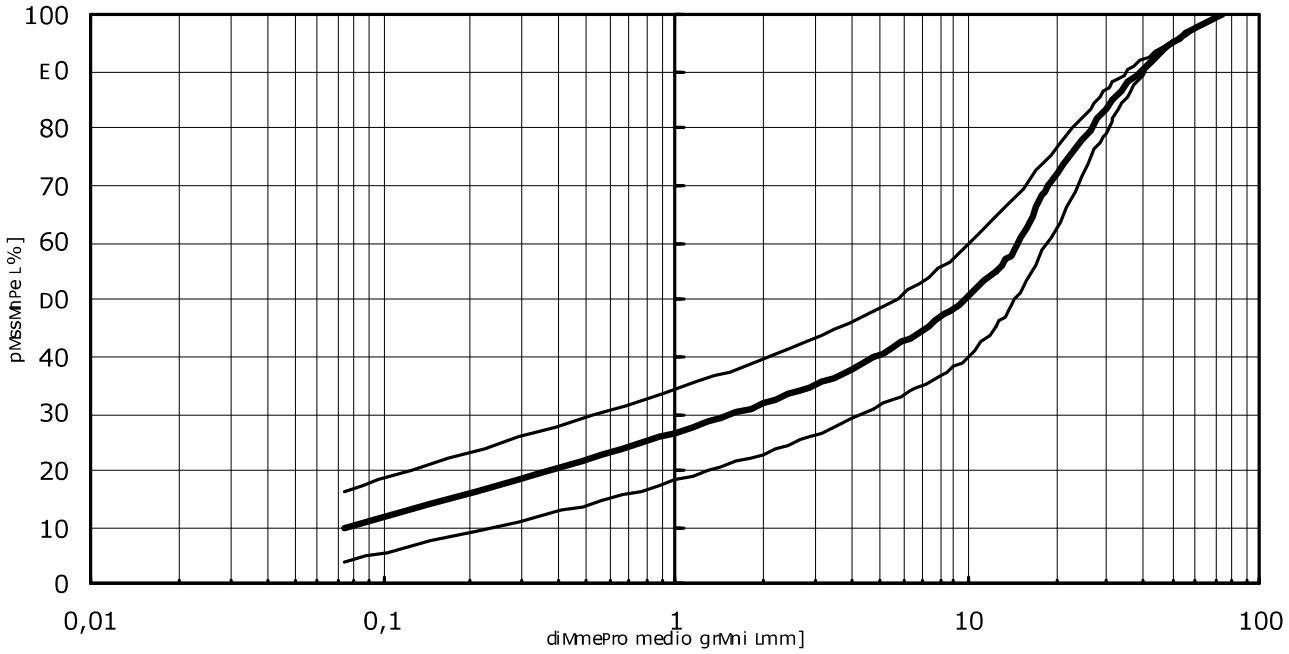
- In corrispondenza del piano di posa del riporto, più depresso rispetto all'originario piano campagna per differenti quote all'interno dell'area, sono presenti i terreni di riporto dello strato R già descritti e caratterizzati nella relazione di riferimento, terreni costituiti da materiale di deposizione antropica, molto eterogeneo generalmente costituito sabbia, ghiaia, limo variamente gradate, con presenza sporadica di elementi lapidei di dimensioni decimetriche.
- Oltre alle attività descritte nello stralcio fuori testo, il piano di posa del riporto dovrà essere oggetto di approvazione. Occorrerà in particolare verificare l'assenza di materiale organico in genere e di manufatti. In caso contrario si procederà alla asportazione del materiale giudicato non idoneo.
- Verificare che il piano di sbancamento si presenti con la morfologia prevista dal piano scavi in particolare laddove sono previste le sagomature a gradoni. Qui il terreno non dovrà mostrare evidenza di franamenti o di eccessivo rigonfiamento.

Capitolo 2 ***TIPOLOGIA E SCELTA DEI MATERIALI, LORO CARATTERISTICHE, MODALITÀ' DI STESURA***

2.1 – Tipologia dei materiali

Il materiale da utilizzare per il riporto strutturale sarà costituito da inerte a prevalente frazione grossolana con il passante al 200 ASTM dell'ordine del 10÷15%. Sarà compreso entro il fuso di figura 2.1.

FIGURA 2.1 – CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL RIPORTO



2.2 - Disposizioni esecutive per la stesura dell'inerte

- L'inerte da utilizzare per il riporto dovrà essere sottoposto ai controlli esposti nel paragrafo 3.2 che ne verifichino il rispetto dei criteri di accettazione riportati nel paragrafo 3.3.
- La stesura dell'inerte deve essere preceduta dalla preparazione del terreno di sedime secondo quanto riportate nel capitolo 1. Sarà eseguita in strati di spessore proporzionato alle caratteristiche del mezzo costipante usato. Comunque ogni strato non deve avere uno spessore finito superiore a 0,4 m. Ogni strato deve avere la pendenza necessaria per permettere un rapido smaltimento delle acque piovane.
- La compattazione deve essere eseguita con mezzi giudicati idonei dalla *D.LL.*. Al riguardo si consiglia l'utilizzo di rulli compressori vibranti del peso non inferiore a 120 kN procedenti ad una velocità non superiore a 1,5 km/h. La compattazione deve essere eseguita procedendo dai bordi dell'area da compattare verso il centro, compiendo un sufficiente numero di passate che in ogni caso non deve essere inferiore a 6.
- Il contenuto d'acqua del materiale impiegato deve essere più prossimo possibile all'umidità "Ot-

tima" indicata dalla prova di compattazione "PROCTOR MODIFICATO" compresa nelle prove di qualificazione indicate nel paragrafo 3.1. Ciò faciliterà notevolmente il raggiungimento della densità di progetto.

L'umidità sarà pertanto corretta, se necessario, mediante inumidimento con acqua erogata con adatto spruzzatore o mediante essiccamento od altri trattamenti. Il Tecnico presente nel corso dei lavori preposto ai controlli, potrà facilmente sovrintendere a tali operazioni anche con misure speditive con umidimetro portatile.

- L'impiego di mezzi costipanti, in ogni caso e a prescindere dalle disposizioni e imprevisti occorsi nel corso dei lavori, **deve conferire ai singoli strati di materiale un grado di costipamento uguale o superiore a quanto indicato nel paragrafo 3.3.**

Capitolo 3 ***CONTROLLI***

3.1 - Controlli preliminari alla produzione propedeutici alla messa a punto delle operazioni esecutive - Poligono di prova

Per la approvazione dell'utilizzo del materiale proposto in 2.1 si dovrà condurre in apposita area a lato delle aree in lavorazione una prova di stesura.
Questa sarà preceduta dalla qualificazione del materiale proposto che consisterà nell'esecuzione in laboratorio delle analisi seguenti:
- a) prova compattazione PROCTOR MODIFICATO - Norma A.S.T.M. - D1557 - 78; C.N.R. 8,
- b) analisi granulometrica per setacciatura - Norma A.S.T.M. - D422; C.N.R. 23.

Le prove sopra indicate serviranno a rilevare le caratteristiche granulometriche del terreno utilizzato e ad indicare il grado di umidità ottimale in corrispondenza del quale nelle operazioni di compattazione è richiesta la minore energia.

La prova di stesura consisterà nella posa e nella successiva vibrocompattazione in un'area di 15*15 m^2 di n° 3 strati di spessore finito di 0,3 m, del materiale proposto.
Le operazioni saranno eseguite nel rispetto di quanto indicato nel paragrafo 2.2, apportando le eventuali modifiche proposte dagli operatori in relazione all'andamento dei lavori.
Il materiale depositato dovrà soddisfare il seguente criterio d'accettazione:

$$E_{v1}/E_{v2} \geq 2$$

con:

$$E_{v1} \geq 70 \text{ MPa}$$

dove E_{v1} e E_{v2} rispettivamente il modulo di primo carico e di ricarico secanti le curve pressione-spostamento nel range di pressione σ_t: 150÷250 kPa, calcolati tramite l'espressione.

$$E = \Delta\sigma/\Delta w^*D.$$

D = 0,3 cm = diametro della piastra.

Nel caso in cui le condizioni sopra esposte non risultassero soddisfatte si dovranno variare opportunamente le modalità di posa o il materiale.

Le modalità esecutive adottate nel poligono di prova a criteri soddisfatti costituiranno le linee guida da seguire per la produzione del rilevato.
Tali linee saranno depositate presso il cantiere e, accanto alle presenti specifiche, costituiranno le modalità esecutive di riferimento da seguire per i lavori.

3.2 – Controlli in corso d'opera

Nel corso della stesura dei materiali e a fine lavori saranno eseguite le seguenti prove di controllo:

- a) analisi granulometrica (Norma A.S.T.M. - D422; C.N.R. 23),

- b) prova di carico su piastra (Norma S.N.V. 70317).

Le prove in 3.2-a) saranno eseguite a campioni sul materiale da utilizzare. Il numero e la frequenza delle prove dipenderà dall'omogeneità granulometrica e sarà definita dalla D.LL..

Nelle prime fasi di lavoro le prove in 3.2-b) saranno eseguite nel numero di almeno n° 1 prova/700 m^2 su ogni strato di materiale steso.

Successivamente, sulla scorta dei risultati ottenuti, il numero di prove di controllo potrà essere diminuito in accordo con la D.LL..

3.3 - Criteri per l'accettazione dei materiali e dei lavori di campagna

L'accettazione dei materiali ovvero dei lavori di stesura degli inerti sarà a discrezione e competenza della *D.LL.*.

I criteri per l'accettazione che si propongono potranno essere i seguenti:

- a) caratteristiche granulometriche: cfr. 2.1 con approssimazione del ±10 del passante,

- b) Modulo di deformazione:

$$E_{v1} \geq 70 \text{ MPa}$$

$$E_{v1}/E_{v2} \geq 2.$$

- c) Non si esclude di sostituire localmente la prova su piastra con altra prova di controllo.
Questa potrà consistere nella prova di densità con il metodo del volumometro a sabbia da eseguire secondo le norme A.S.T.M. D1556-82; C.N.R. 22.
Il valore della densità di riferimento per l'approvazione sarà definito nel dettaglio dopo idonee prove correlative con le prove su piastra.

STRALCIO DALLA RELAZIONE DI RIFERIMENTO

5.1 – Comparti Pretrattamenti e Biologico+Ultrafiltrazione - Indicazioni sulla preparazione di sedime della platea su pali riduttori di cedimento

Il sedime delle platee in presenza di pali riduttori di cedimento sarà costituito da calcestruzzo magro avente la funzione di regolarizzare il terreno d'imposta del getto delle platee.

Il calcestruzzo sarà gettato su uno strato di bonifica costituito da inerte vibrocompattato messo in opera nel rispetto delle Specifiche riportate nell'Appendice C. La bonifica avrà uno spessore finito di 0,9 m.

Con tale premessa, si potrà operare secondo le fasi di seguito descritte.

- a) Sbancamento fino a raggiungere la quota d'imposta della bonifica:

- Q_b = -1,5 m Area A, Q_b = -3,5 m Area B Pretrattamenti
- Q_b = -1,5 m Biologico+Ultrafiltrazione

- b) Vibrocompattazione del fondo scavo mediante rullo vibrante del peso di 120 kN, procedente ad una velocità non superiore a 1,5 km/h, Saranno sufficienti n° 10 passate in sola andata.

- c) Stesura dell'inerte secondo Specifiche in Appendice C fino al raggiungimento della quota Q_m di posa del magrone:

- Q_m = -0,6 m Area A, Q_m = -2,6 m Area B Pretrattament
- Q_m = -0,6 m Biologico+Ultrafiltrazione

- d) Su tale piano così predisposto saranno realizzati i pali CFA.

- e) Dopo l'esecuzione dei pali, che potrà rispettare le disposizioni riportate nel paragrafo 5.2 in riferimento ai pali di portata, si procederà alla asportazione dei residui della lavorazione dei pali, alla regolarizzazione del piano lavori e delle teste dei pali medesimi.

- f) Successivamente si procederà al getto del calcestruzzo magro ed alla successiva fase di armatura e getto della platea.

5.2 – Comparto ispessimento e disidratazione

La preparazione del sedime della platea prevista impostata sul terreno senza pali riduttori di cedimento, seguirà le linee guida esposte sopra limitatamente ai punti a), b), c), f) prevedendo le seguenti quote:

Q_b = -1,5 m,

Q_m = -0,6 m.