

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Prof. Ing. Marco Petrangeli <i>Marco Petrangeli</i>	Ing. Piergiorgio GRASSO Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

VI06 – Viadotto SANTA MARTA dal km 22+144.15 al km 22+167.25

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni

APPALTATORE <b>IMPRESA PIZZAROTTI &amp; C. s.p.a.</b> Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO  23/06/2020	SCALA:
	-

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	6	0	3	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	G. Liporace	24/02/2020	A. Tagliaferri	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Ing. Marco Petrangeli
B	Revisione a seguito istruttoria ITF	A. Tagliaferri	23/06/2020	G. Usai	23/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	 <i>Marco Petrangeli</i> 23/06/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.0.6.0.3.001.B.doc

n. Elab.:

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
3.1	CALCESTRUZZO PER I PALI DI FONDAZIONE .....	5
3.2	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA .....	6
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMA DI CALCOLO .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>CARICHI AGENTI IN TESTA AI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>11</b>
7.1	VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO .....	11
7.2	CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA .....	13
7.3	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO .....	15
7.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO .....	16
<b>8</b>	<b>APPENDICE .....</b>	<b>18</b>
8.1	CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO .....	18
8.2	CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA .....	22
8.3	CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO .....	24
8.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO .....	26

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0603 001	REV. B	FOGLIO 3 di 29

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello–Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento geotecnico delle fondazioni profonde del viadotto VI06 – Viadotto Santa Marta.

Per lo schema geotecnico di riferimento, in base al quale sono stati effettuati i calcoli di dimensionamento, si rimanda a:

- Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001) – Doc Rif. [16].

Per i criteri di calcolo geotecnico utilizzati nell'analisi, si rimanda a:

- Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001) – Doc Rif. [17].

Per ciò che riguarda i carichi trasmessi dalla sovrastruttura e agenti in testa ai singoli pali di fondazione, si rimanda a:

- VI06 - Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.06.0.4.001) – Doc Rif. [18];

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0603001</td> <td>B</td> <td>4 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	4 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	4 di 29								

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i riferimenti delle normative prese in considerazione per lo sviluppo delle analisi e delle verifiche in oggetto:

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] DM 06.05.2008 – Integrazione al D.M. 14.01.2008 di approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
- [4] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21.12.2011- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [5] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [6] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2011 Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;
- [7] RFI DTC INC PO SP IFS 002 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali;
- [8] 1299/2014/UE Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea (18/11/2014);
- [9] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [10] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- [11] Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1977;
- [12] Raccomandazione AGI relative ai pali di fondazione – Associazione Geotecnica Italiana – Dicembre 1984;
- [13] Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1994;
- [14] Paolucci R., Pecker A. (1997), “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soils”. Soils and Foundation, Vol. 37, N°3, pp.95-105;
- [15] Brinch Hansen J. (1970) "A revised and extended formula for bearing capacity" Bulletin n°28, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen;
- [16] Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A);
- [17] Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001);
- [18] VI06 - Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.06.0.4.001).
- [19] “Head embedment in Broms pile lateral capacity theory for cohesionless soils” (Pasquale De Simone, 2012) - Computers and Geotechnics 43 (2012) 51–60.

### 3 MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO PER I PALI DI FONDAZIONE

<b>Calcestruzzo</b>			
Classe	C25/30	▼	
$R_{ck} =$	30	Mpa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.9	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9	Mpa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85	-	Coeff. Rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.5	-	Coeff. parziale di sicurezza allo SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	14.11	Mpa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56	Mpa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	3.07	Mpa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.79	Mpa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} =$	13.70	Mpa	Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} =$	9.96	Mpa	Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0.3} =$	31447	Mpa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.2	-	Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	13103	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie	▼	
Classe di esposizione =	XC2	▼	
$c =$	6.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.30	mm	Apertura massima fessure in esercizio comb. frequente (rif. §1.8.3.2.4 [3])

### 3.2 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA

<b>Acciaio</b>			
B450C			
$f_{yk} \geq$	450	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1.15	-	
$(f_t/f_y)_k <$	1.35	-	
$\gamma_s =$	1.15	-	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391.3	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	Mpa	Modulo elastico di progetto
$\varepsilon_{yd} =$	0.20%		Deformazione di progetto a snervamento
$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k =$	7.50%		Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} =$	337.5	Mpa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMA DI CALCOLO

Di seguito si riassumono le caratteristiche geotecniche e gli schemi stratigrafici delle formazioni presenti nel sottosuolo relativamente alle tratte omogenee individuate nella relazione geotecnica generale; nel dettaglio si farà riferimento alla Tratta 3 – da pk 21+050 a 21+240. Per ulteriori dettagli sulla determinazioni dei parametri di calcolo, si rimanda all stessa relazione.

Nel dimensionamento delle fondazioni profonde si assume, cautelativamente, nel calcolo un coefficiente  $\xi$  relativo a 1 verticali di indagine.

Dai dati strumentali delle letture del piezometro posto in prossimità dell'opera (S-PE15), sintetizzati nella relazione geotecnica generale, si sono registrato valore compresi tra +37.37 m s.l.m. e +36.64 m s.l.m. (ovvero compresi tra circa 3.6 m e 4.3 m da p.c.), considerando una quota del p.c. a circa +41.00 m s.l.m.

Ai fini delle verifiche dei pali di fondazione alle forze verticali, si assume un livello di falda a lungo termine pari al massimo valore misurato nel piezometro di riferimento incrementato cautelativamente di +2.00 m; per le verifiche a forze orizzontali (Metodo di Broms), dal momento che l'azione sismica è sempre quella dimensionante, si assume un livello di falda pari a quello massimo misurato.

### Parametri geotecnici di calcolo

Nella tabella che seguono si sintetizzano i valori dei paratri assunti alla base dei dimensionamenti.

Parametri	TRATTA 3 – da pk 21+050 a pk 21+240			
	Ra	bc3	bc2	bc1
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	20	19	19	19
$\phi'$ (°)	35	24	34	40
$c'$ (kPa)	0	15	0	0
$c_u$ (kPa)	-	70	-	-
$E_{op}$ (MPa)	35	40	50	60

Parametri	TRATTA 3 – da pk 21+050 a pk 21+240		
	MDL1	MDL2	MDL3
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	20	19.5	20
$\phi'$ (°)	40	35	-
$c'$ (kPa)	0	0	-
$c_u$ (kPa)	-	-	175 (10 < z < 20 m) 210 (20 < z < 35 m) 280 (z > 35 m)
$E_{op}$ (MPa)	120	60	60 (10 ≤ z < 20 m) 80 (20 ≤ z < 35 m) 100 (z ≥ 35 m)

**Stratigrafie di calcolo**

Di seguito di riportano le stratigrafie di calcolo dedotte da quanto riportato nel profilo geotecnico e sintetizzato nella relazione geotecnica generale.

<b>SPALLA 1</b>			
<b>Strato</b>	<b>Descrizione</b>	<b>da (m s.l.m.)</b>	<b>a (m s.l.m.)</b>
1	Ra	41.0 (p.c.)	38.6
2	bc3	38.6	38.0
3	bc2	38.0	32.5
4	bc3	32.5	31.5
5	bc1	31.5	23.5
6	MDL2	23.5	21.5
7	MDL3 (2)	21.5	13.5
8	MDL2	13.5	12.5
9	MDL1	12.5	7.0
10	MDL3 (2)	7.0	
Falda: 3.60 m da p.c. (+37.37 m s.l.m.)			

<b>SPALLA 2</b>			
<b>Strato</b>	<b>Descrizione</b>	<b>da (m s.l.m.)</b>	<b>a (m s.l.m.)</b>
1	bc3	41.5 (p.c.)	38.0
2	bc2	38.0	32.5
3	bc3	32.5	31.5
4	bc1	31.5	24.5
5	MDL2	24.5	21.5
6	MDL3 (2)	21.5	13.5
7	MDL2	13.5	12.5
8	MDL1	12.5	7.5
9	MDL3 (2)	7.5	
Falda: 4.10 m da p.c. (+37.37 m s.l.m.)			

(\*) si indica con:

MDL3 (2)                      20 < z < 35 m da p.c.

MDL3 (3)                      z > 35 m da p.c.

\*\*\*\*\*

## 5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Le fondazioni profonde sono costituite da pali trivellati di grande diametro.

Nella tabella che segue si sintetizzano le dimensioni geometriche del plinto e dei pali di fondazione per i vari appoggi presenti.

VI03						
Appoggio	Fondazione			n° pali	Φpali	Lpali
	B	L	H			
	(m)	(m)	(m)			
Spalla S1	9.6	15.45	1.8	12	1200	32
Spalla S2	9.6	15.45	1.8	12	1200	35

## 6 CARICHI AGENTI IN TESTA AI PALI DI FONDAZIONE

I valori delle sollecitazioni di progetto agenti in testa ai pali ed utilizzati nelle verifiche fanno riferimento a quanto riportato nella:

- VI06 - Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.06.0.4.001) – Doc Rif. [18].

Sulla base di quanto affermato nella *Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde* (elaborato IF26.12.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001.A) – Doc Rif. [17], il calcolo delle sollecitazioni agenti in testa ai pali è stata effettuato ipotizzando una ripartizione rigida delle stesse attraverso l'espressione:

$$Q_{ti} = \frac{Q}{n} \pm \left[ M_x \cdot \frac{y_i}{\sum_1^n y_i^2} \right] \pm \left[ M_y \cdot \frac{x_i}{\sum_1^n x_i^2} \right]$$

essendo:

Q = forza verticale esterna

M<sub>x</sub> = momento esterno attorno all'asse x, accoppiato con H<sub>y</sub>

H<sub>y</sub> = forza orizzontale esterna nella direzione y, accoppiata con M<sub>x</sub>

M<sub>y</sub> = momento esterno attorno all'asse y, accoppiato con H<sub>x</sub>

H<sub>x</sub> = forza orizzontale esterna nella direzione x, accoppiata con M<sub>y</sub>

Q<sub>ti</sub> = forza vettoriale agente alla testa del palo i-esimo

y<sub>i</sub> = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione y

x<sub>i</sub> = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione x

**VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	10 di 29

Nella tabella che segue si riassumono i valori delle sollecitazioni utilizzate nella analisi. Le combinazioni relative ai valori delle sollecitazioni riportate nel seguito sono mostrate nel dettaglio nelle relazioni di calcolo delle pile e delle spalle.

	N <sub>SLU_max</sub> (kN)	N <sub>SLU_min</sub> (kN)	N <sub>SLV_max</sub> (kN)	N <sub>SLV_min</sub> (kN)	T <sub>SLU/SLV_max</sub> (kN)
SPALLA S1	5231	3399	5172	-116	1686
SPALLA S2	5263	3468	6267	-1317	2033

con:

N<sub>SLU\_max</sub> = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica A1+M1+R3;

N<sub>SLU\_min</sub> = sforzo assiale min agente in testa al palo per la comb. statica A1+M1+R3;

N<sub>SLV\_max</sub> = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3;

N<sub>SLV\_min</sub> = sforzo assiale min agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3;

T<sub>SLU/SLV\_max</sub> = taglio massimo agente in testa al palo (massimo valore tra la comb. statica e sismica allo SLU/SLV).

	N <sub>SLE-qp_max</sub> (kN)	N <sub>SLE-rara_max</sub> (kN)	N <sub>SLE-rara_min</sub> (kN)	T <sub>SLE_max</sub> (kN)
SPALLA S1	3312	3733	2348	643
SPALLA S2	3184	3754	2390	626

con:

N<sub>SLE-qp\_max</sub> = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica SLE quasi perm.;

N<sub>SLE-rara\_max</sub> = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. SLE rara;

N<sub>SLE-rara\_min</sub> = sforzo assiale min agente in testa al palo per la comb. SLE rara;

T<sub>SLE\_max</sub> = taglio massimo agente in testa al palo (massimo valore tra le comb. allo SLE).

## 7 RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE

### 7.1 VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO

Nelle tabelle che seguono si riassumono i risultati ottenuti; per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica presenti in Appendice.

Le verifiche a carico limite verticale sono condotte facendo riferimento alle seguenti combinazioni di carico, così come previsto dalla normativa vigente – Doc. Rif. [1]:

- COMB. STATICA: Approccio 2 (A1+M1+R3)
- COMB. SISMICA: (EQK+M1+R3)

Nelle tabelle che seguono si riassumono i risultati ottenuti; per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica presenti in Appendice.

	L <sub>pali</sub> (m)	N <sub>SLU_max</sub> (kN)	Q <sub>limite_compr</sub> (kN)	FS (-)
SPALLA 1	32.0	5231	6418	1.23
SPALLA 2	35.0	5263	7124	1.35

N <sub>SLV_max</sub> (kN)	Q <sub>limite_compr</sub> (kN)	FS (-)
5172	6418	1.24
6267	7124	1.14

	L <sub>pali</sub> (m)	N <sub>SLU_max_traz</sub> (kN)	Q <sub>limite_traz</sub> (kN)	FS (-)
SPALLA S1	32.0	-	-	-
SPALLA S2	35.0	-	-	-

N <sub>SLV_max_traz</sub> (kN)	Q <sub>limite_traz</sub> (kN)	FS (-)
-116	-4707	>> 1
-1317	-5409	4.11

con:

N<sub>SLU\_max</sub> = sforzo assiale max a compressione agente in testa al palo per la comb. statica A1+M1+R3;

N<sub>SLV\_max</sub> = sforzo assiale max a compressione agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3;

N<sub>SLU\_max\_traz</sub> = sforzo assiale max a trazione agente in testa al palo per la comb. statica A1+M1+R3;

N<sub>SLV\_max\_traz</sub> = sforzo assiale max a trazione agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3;

Q<sub>limite\_compr.</sub> = carico limite del palo singolo a compressione allo SLU/SLV;

Q<sub>limite\_traz.</sub> = carico limite del palo singolo a trazione allo SLU/SLV;

FS = coefficiente di sicurezza ( $\geq 1$ ).

In aggiunta alle verifiche sulla portanza dei pali allo SLU, si verifica che il rapporto tra la resistenza laterale caratteristica di calcolo ed il carico agente massimo per la combinazione SLE-rara sia maggiore di 1.25. Si rimanda alle schede di verifica presenti in Appendice per il dettaglio del calcolo. .

	L <sub>pali</sub> (m)	N <sub>SLE-rara_max</sub> (kN)	R <sub>s_laterale</sub> (kN)	FS <sub>lat</sub> (-)
SPALLA S1	32.0	3733	9854	2.64
SPALLA S2	35.0	3754	11202	2.98

con:

$N_{SLE-rara\_max}$  = sforzo assiale max a compressione agente in testa al palo per la comb. SLE rara;

$R_{s\_laterale}$  = resistenza laterale caratteristica del palo singolo;

$FS_{lat}$  = coefficiente di sicurezza ( $\geq 1.25$ ).

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI0603001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">13 di 29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	13 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	13 di 29								

## 7.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

Il calcolo dei cedimenti del palo singolo e della palificata soggetta alle azioni caratteristiche massime (SLE) è condotto in accordo ai criteri indicati nell'elaborato IF26.12.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001 (Doc. Rif. [17] e sulla base delle prescrizioni della normativa vigente (Doc. Rif. [1] [2] [3] [7]).

Si valutano i cedimenti relativi alla fase di fine costruzione (coincidente con la combinazione allo SLE-qp), alla fase di esercizio dell'opera (coincidente con la combinazione allo SLE-rara) ed i rispettivi valori del cedimento netto tra le due fasi. Ai valori degli sforzi normali di compressione agenti in testa ai pali allo SLE, si aggiunge il peso proprio del palo, epurato del peso del volume di terreno asportato.

Come indicato al capitolo 4 del Doc. Rif. [17], il valore utilizzato del modulo elastico del terreno nel calcolo dei cedimenti si stima attraverso una media pesata dei valori del modulo di terreno nei vari strati che interessano lo sviluppo del palo.

Nella tabella che segue di riassumono i risultati delle analisi; per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

	FASE DI COSTRUZIONE			FASE DI ESERCIZIO			$\Delta\delta_{\text{palo}}$ (mm)	$\Delta\delta_{\text{palificata}}$ (mm)
	$N_{\text{SLE-qp\_max}}^*$ (kN)	$\delta_{\text{palo\_1}}$ (mm)	$\delta_{\text{palif\_1}}$ (mm)	$N_{\text{SLE-rara\_max}}^*$ (kN)	$\delta_{\text{palo\_2}}$ (mm)	$\delta_{\text{palif\_2}}$ (mm)		
SPALLA S1	3511	3.3	21	3932	3.6	23	0.4	2
SPALLA S2	3399	2.9	20	3969	3.4	23	0.5	3

con:

$\delta_{\text{palo}}$  = cedimento verticale del palo singolo;

$\delta_{\text{palif}}$  = cedimento verticale della palificata;

$\Delta\delta_{\text{palo}}$  =  $\delta_{\text{palo\_1}}$  -  $\delta_{\text{palo\_2}}$  = cedimento netto del palo singolo;

$\Delta\delta_{\text{palificata}}$  =  $\delta_{\text{palif\_1}}$  -  $\delta_{\text{palif\_2}}$  = cedimento netto della palificata;

$N_{\text{SLE-qp\_max}}^*$  = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. statica SLE quasi perm.;

$N_{\text{SLE-rara\_max}}^*$  = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. SLE rara.

oooo

**VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	14 di 29

Inoltre, sulla base di quanto prescritto nel §1.8.3.2.3 del Doc. Rif. [4], si riportano i valori dei cedimenti differenziali tra fondazioni adiacenti, calcolati considerando agenti tutte le azioni permanenti allo SLE.

	$N_{SLE-qp\_max^*}$ (kN)	$\delta_{palificata}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff\_limite}$ (mm)
SPALLA S1	3511	21	-	-
SPALLA S2	3399	20	-1	22

con:

$\delta_{palificata}$  = cedimento verticale della palificata per carico  $N_{SLE-qp\_max^*}$ ;

$\Delta\delta_{diff}$  = cedimento differenziale fra fondazioni adiacenti;

$\Delta\delta_{diff\_limite} = L_{campata}/1000$ .

### 7.3 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

Il carico limite orizzontale del palo viene eseguito facendo riferimento all'estensione alla teoria di Broms proposta in "Head embedment in Broms pile lateral capacity theory for cohesionless soils" (Pasquale De Simone, 2012) - Computers and Geotechnics 43 (2012) 51–60 (Doc. Rif. [19]).

La forza di progetto è quella massima proveniente dalle combinazioni allo SLU/SLV. Ai fini delle verifiche si assume un fattore riduttivo del carico limite del singolo palo, valutato pari a 0.8, per tener in conto dell'effetto gruppo della palificata.

Si riassumono le armature longitudinali necessarie a valutare il momento di plasticizzazione della sezione del palo, utilizzato per determinare il carico limite orizzontale del palo.

	Armatura longitudinale								$\rho_{long}$ (%)	$\rho_{min}$ (%)
	Gabbia 1		Gabbia 2		Gabbia 3		Gabbia 4			
	n.	$\emptyset$ (mm)	n.	$\emptyset$ (mm)	n.	$\emptyset$ (mm)	n.	$\emptyset$ (mm)		
SPALLA 1	30+30	30	30	24	30	16	30	16	3.75%	1.00%
SPALLA 2	30+30	30	30	24	30	16	30	16	3.75%	1.00%

Le armature rispettano le quantità minime indicate dalla normativa.

\*\*\*\*\*

Ai fini delle verifiche con la metodologia di Broms (secondo Doc. Rif. [19]) e sulla base delle armature dei pali sintetizzate nella tabella precedente, si considera il momento resistente della sezione di palo valutato assumendo uno sforzo assiale nullo.

Come si evince dai successivi calcoli, il carico limite orizzontale del palo risulta sempre superiore al massimo carico orizzontale agente nella condizione maggiormente gravosa tra SLU/SLV. Le verifiche risultano dunque soddisfatte.

$$H_{d\_pal} = 0.8 * H_k / (\xi_3 * \gamma_T) \geq T_{SLU/SLV\_max}$$

Per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

Appoggio	$M_y$ (kNm)	$H_d = H_k / (\xi_3 * \gamma_T)$ (kN)	$H_{d\_pal} = H_d * 0.8$ (kN)	$T_{SLU/SLV\_max}$ (kN)	FS (-)
SPALLA S1	7110	2265	1812	1686	1.07
SPALLA S2	6041	2605	2084	2033	1.03

con:

$M_y$  = momento plastico del palo;

$H_d = H_k / (\xi_3 * \gamma_T)$  = carico limite orizzontale di progetto del singolo palo;

$H_{d\_pal} = H_d * 0.8$  = carico limite orizzontale di progetto della palificata (efficienza palificata  $\eta=0.8$ );

$T_{SLU/SLV\_max}$  = massimo carico orizzontale agente sul singolo palo allo SLU/SLV;

FS = coefficiente di sicurezza ( $\geq 1.00$ ).

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0603001</td> <td>B</td> <td>16 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	16 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	16 di 29								

## 7.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

Per ricavare il momento adimensionalizzato lungo il fusto del palo si fa riferimento alla metodologia esposta nell'elaborato *Relazione tecnico-descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde* (IF26.12.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001.A)

Considerando l'andamento del modulo di reazione orizzontale palo-terreno ( $E_{MR}$ , che verrà definito nel seguente paragrafo), si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha_m \cdot H_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

$H_0$  = azione tagliante in testa palo [F];

$M_0$  = azione flettente, conseguente ad  $H_0$ , in testa al palo;

$\alpha_m$  = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita [L];

$M_{ad}$  = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.

Per quanto riguarda i depositi coesivi, si considera un coefficiente di reazione orizzontale del terreno, costante con la profondità, e valutato con la relazione:

$$k_h = (\xi \cdot c_u) / D = (350 \cdot c_u) / D$$

con:

$$\xi = 350;$$

$D$  = diametro del palo

Per quanto riguarda invece i depositi incoerenti, si assumerà un valore del coefficiente orizzontale del terreno valutato secondo la relazione

$$k_h = n_h \cdot z$$

$n_h$  = gradiente del modulo di reazione del terreno;

$z$  = profondità a partire dalla sommità del palo.

In valore del gradiente  $n_h$  sarà assunto pari a:

$$n_h = 8000 \text{ Kn/m}^3 \quad (\text{depositi incoerenti mediamente addensati: bc3, bc2, bc1})$$

$$n_h = 10000 \text{ Kn/m}^3 \quad (\text{depositi incoerenti molto addensati: MDL1, MDL2})$$

Per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

I valori del momento flettente massimo, relativo al massimo taglio che agisce in testa al singolo palo, saranno utilizzati nelle verifiche strutturali dei pali stessi, riportate nelle relazioni delle pile e delle spalle.

**VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	17 di 29

	$\varnothing$ palo	$T_{SLU/SLV\_max}$	$\alpha$	$M_{SLU/SLV\_max}$
	(mm)	(Kn)	(-)	(kNm)
SPALLA S1	1200	1686	2.31	3900
SPALLA S2	1200	2033	2.25	4575

## 8 APPENDICE

### 8.1 CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO

**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**  
ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Approccio 2 (A1+M1+R3)  
OPERA: SPALLA 1

Diametro del palo (D): 1.2 (m)  
Quota testa palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.80 (m)  
Area del palo (A<sub>p</sub>): 1.131 (m<sup>2</sup>)  
quota della falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 1.60 (m)

**CARICO ASSIALE DI COMPRESSIONE SUL SINGOLO PALO:**  
§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008  
Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di compressione di progetto

N <sub>d</sub> (SLU)	5231 (kN)
N <sub>d</sub> (SLV)	5172 (kN)
N <sub>d</sub> (SLE)	3733 (kN)
N <sub>d</sub> (SLD)	

**CARICO ASSIALE DI TRAZIONE SUL SINGOLO PALO:**  
§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008  
Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di trazione di progetto

N <sub>d</sub> (SLU)	
N <sub>d</sub> (SLV)	-116 (kN)

Numero di strati: 10

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

Strato	Stratigrafia		Spess.	Tipo di terreno	Parametri del terreno						s <sub>lim</sub>	N <sub>d</sub>	q <sub>b, max</sub>	k <sub>comp</sub>	k <sub>traz</sub>
	da	a			γ	c'	φ'	c <sub>u</sub>	α	a					
(-)	(m)	(m)	(m)		(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(kPa)	(-)	(-)	(kPa)	(-)	(kPa)	(-)	(-)
1	0.00	2.40	2.40	Ra	20		35				150		4300	0.6	0.5
2	2.40	3.00	0.60	bc3	19			70	0.4		100				
3	3.00	8.50	5.50	bc2	19		34				150		4300		
4	8.50	9.50	1.00	bc3	19			70	0.4		100				
5	9.50	17.50	8.00	bc1	19		40				150		4300		
6	17.50	19.50	2.00	MDL2	19.5		35				150		5800		
7	19.50	27.50	8.00	MDL3	20			210	0.4		100				
8	27.50	28.50	1.00	MDL2	19.5		35				150		5800		
9	28.50	34.00	5.50	MDL1	20		40				150		5800		
10	34.00	100.00	66.00	MDL3	20			280	0.4		100				

Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°1 verticale | Peso del palo depurato Wp\_dep

Lunghezza del palo (L <sub>p</sub> )	32 (m)
Peso del palo depurato Wp_dep	199 (kN)
Peso palo alleggerito Wp_all	543 (kN)
Profondità punta palo:	34.8 (m)

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

Resistenza alla base:	R <sub>b</sub> =	3619 (kN)
Resistenza laterale a compressione:	R <sub>s, compr.</sub> =	9854 (kN)
Resistenza laterale a trazione:	R <sub>s, traz.</sub> =	8848 (kN)
Resistenza totale a compressione:	R <sub>t = R<sub>b</sub> + R<sub>s, compr.</sub></sub> =	13473 (kN)
Resistenza totale a trazione:	R <sub>t = R<sub>s, traz.</sub></sub> =	8848 (kN)

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**  
Approccio 2: (A1+M1+R3) §6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza alla base:	R <sub>b,c</sub> =	1577 (kN)
Resistenza laterale a compressione:	R <sub>s,c</sub> =	5040 (kN)
Resistenza totale a compressione:	R <sub>d,c = R<sub>b,c</sub> + R<sub>s,c</sub></sub> =	6418 (kN)

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO A TRAZIONE**  
Approccio 2: (A1+M1+R3) §6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza totale a trazione:	R <sub>d,t = R<sub>s,t</sub> + W<sub>p</sub></sub> =	-4707 (kN)
-------------------------------	--	------------

**VERIFICA A COMPRESSIONE**

	N <sub>d,c</sub> (kN)	R <sub>d,c</sub> (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)	5231	6418	1.23
SLV - (EQK+M1+R3)	5172	6418	1.24

R<sub>d,c</sub>/N<sub>d</sub> ≥ 1

	N <sub>c</sub> (kN)	R <sub>s,c</sub> (kN)	FS (-)
SLE	3733	9854	2.64
SLD			-

R<sub>s,c</sub>/N<sub>c</sub> ≥ 1.25

**VERIFICA A TRAZIONE**

	N <sub>d,t</sub> (kN)	R <sub>d,t</sub> (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)			-
SLV - (EQK+M1+R3)	-116	-4707	40.68

R<sub>d,t</sub>/N<sub>d,t</sub> ≥ 1

VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	19 di 29

DIAGRAMMI CAPACITA' PORTANTE A FORZE ASSIALI DI COMPRESSIONE

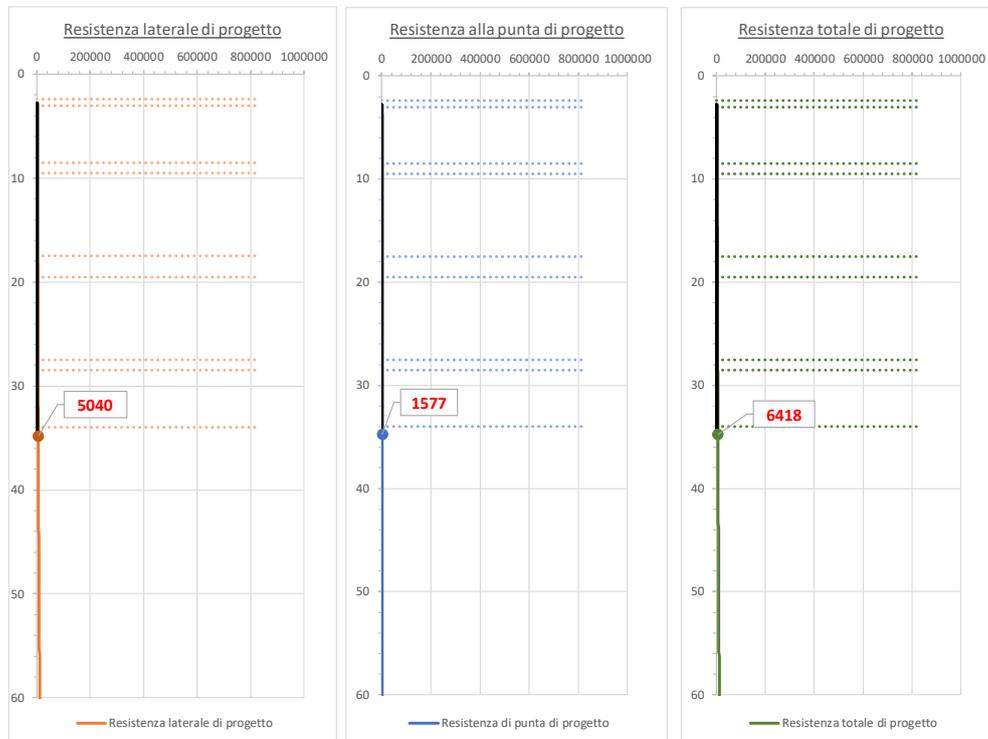
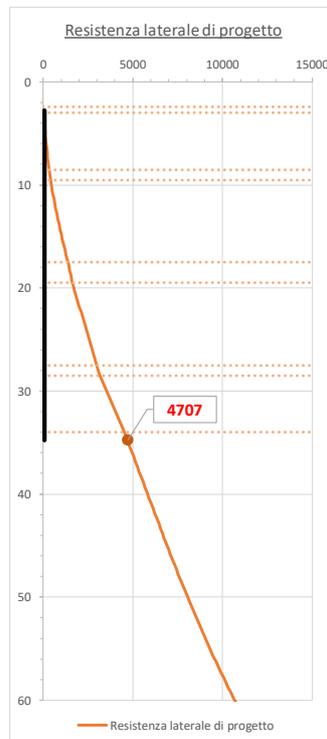


DIAGRAMMA CAPACITA' PORTANTE A FORZE ASSIALI DI TRAZIONE



VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	20 di 29

**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**

ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Approccio 2 (A1+M1+R3)

OPERA: SPALLA 2

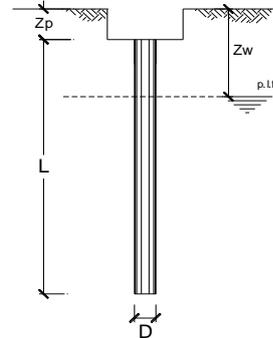
Diametro del palo (D):	1.2	(m)
Quota testa palo dal p.c. (z <sub>p</sub> ):	3.30	(m)
Area del palo (A <sub>p</sub> ):	1.131	(m <sup>2</sup> )
quota della falda dal p.c. (z <sub>w</sub> ):	2.10	(m)

CARICO ASSIALE DI COMPRESIONE SUL SINGOLO PALO:  
§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008  
Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di compressione di progetto	N <sub>d</sub> (SLU)	5263	(kN)
	N <sub>d</sub> (SLV)	6267	(kN)
	N <sub>d</sub> (SLE)	3754	(kN)
	N <sub>d</sub> (SLD)		(kN)

CARICO ASSIALE DI TRAZIONE SUL SINGOLO PALO:  
§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008  
Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di trazione di progetto	N <sub>d</sub> (SLU)		(kN)
	N <sub>d</sub> (SLV)	-1317	(kN)



Numero di strati 9

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

Strato	Stratigrafia		Spess.	Tipo di terreno	Parametri del terreno						γ <sub>lim</sub>	N <sub>d</sub>	q <sub>b, max</sub>	k <sub>comp</sub>	k <sub>traz</sub>
	da	a			γ	c'	φ'	c <sub>u</sub>	α	a					
(-)	(m)	(m)	(m)		(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(kPa)	(-)	(-)	(kPa)	(-)	(kPa)	(-)	(-)
1	0.00	3.50	3.50	bc3	19			70	0.4		100			0.6	0.5
2	3.50	9.00	5.50	bc2	19	0	34				150		4300		
3	9.00	10.00	1.00	bc3	19			70	0.4		100				
4	10.00	17.00	7.00	bc1	19		40				150		4300		
5	17.00	20.00	3.00	MDL2	19.5		35				150		5800		
6	20.00	28.00	8.00	MDL3	20			210	0.4						
7	28.00	29.00	1.00	MDL2	19.5		35				150		5800		
8	29.00	34.00	5.00	MDL1	20		40				150		5800		
9	34.00	100.00	66.00	MDL3	20			280	0.4		100				

Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	>= 10
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°1 verticale  Peso del palo depurato Wp\_dep

Lunghezza del palo (L <sub>p</sub> )	35	(m)
Peso del palo depurato Wp_dep	215	(kN)
Peso palo alleggerito Wp_all	594	(kN)
Profondità punta palo:	38.3	(m)

Strato	Spess. Strati_palo	F <sub>SL, compr</sub>	F <sub>SL, traz</sub>	F <sub>SB</sub>
(-)	(m)	ξ <sub>3</sub> *γ <sub>s</sub>	ξ <sub>3</sub> *γ <sub>s</sub>	ξ <sub>3</sub> *γ <sub>b</sub>
1	0.20	2.0	2.1	2.3
2	5.50			
3	1.00			
4	7.00			
5	3.00			
6	8.00			
7	1.00			
8	5.00			
9	4.30			

F<sub>SL, compr</sub>: Fattore di sicurezza per resistenza laterale - compressione  
F<sub>SL, traz</sub>: Fattore di sicurezza per resistenza laterale - trazione  
F<sub>SB</sub>: Fattore di sicurezza per resistenza alla base

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

Resistenza alla base:	R <sub>b</sub> =	3695	(kN)
Resistenza laterale a compressione:	R <sub>s, compr</sub> =	11202	(kN)
Resistenza laterale a trazione:	R <sub>s, traz</sub> =	10232	(kN)

Resistenza totale a compressione:	R <sub>t</sub> = R <sub>b</sub> + R <sub>s, compr</sub> =	14897	(kN)
Resistenza totale a trazione:	R <sub>t</sub> = R <sub>s, traz</sub> =	10232	(kN)

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

Approccio 2: (A1+M1+R3) §6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza alla base:	R <sub>b,c</sub> =	1610	(kN)
Resistenza laterale a compressione:	R <sub>s,c</sub> =	5730	(kN)
Resistenza totale a compressione:	R <sub>d,c</sub> = R <sub>b,c</sub> + R <sub>s,c</sub> - W <sub>p</sub> =	7124	(kN)

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO A TRAZIONE**

Approccio 2: (A1+M1+R3) §6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza totale a trazione:	R <sub>d,t</sub> = R <sub>s,t</sub> + W <sub>p</sub> =	-5409	(kN)
-------------------------------	--	-------	------

**VERIFICA A COMPRESIONE**

	N <sub>d,c</sub> (kN)	R <sub>d,c</sub> (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)	5263	7124	1.35
SLV - (EQK+M1+R3)	6267	7124	1.14

R<sub>d,c</sub>/N<sub>d</sub> ≥ 1

	N <sub>d</sub> (kN)	R <sub>s,c</sub> (kN)	FS (-)
SLE	3754	11202	2.98
SLD			-

R<sub>s,c</sub>/N<sub>d</sub> ≥ 1.25

**VERIFICA A TRAZIONE**

	N <sub>d,t</sub> (kN)	R <sub>d,t</sub> (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)			-
SLV - (EQK+M1+R3)	-1317	-5409	4.11

R<sub>d,t</sub>/N<sub>d,t</sub> ≥ 1

VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	21 di 29

DIAGRAMMI CAPACITA' PORTANTE A FORZE ASSIALI DI COMPRESIONE

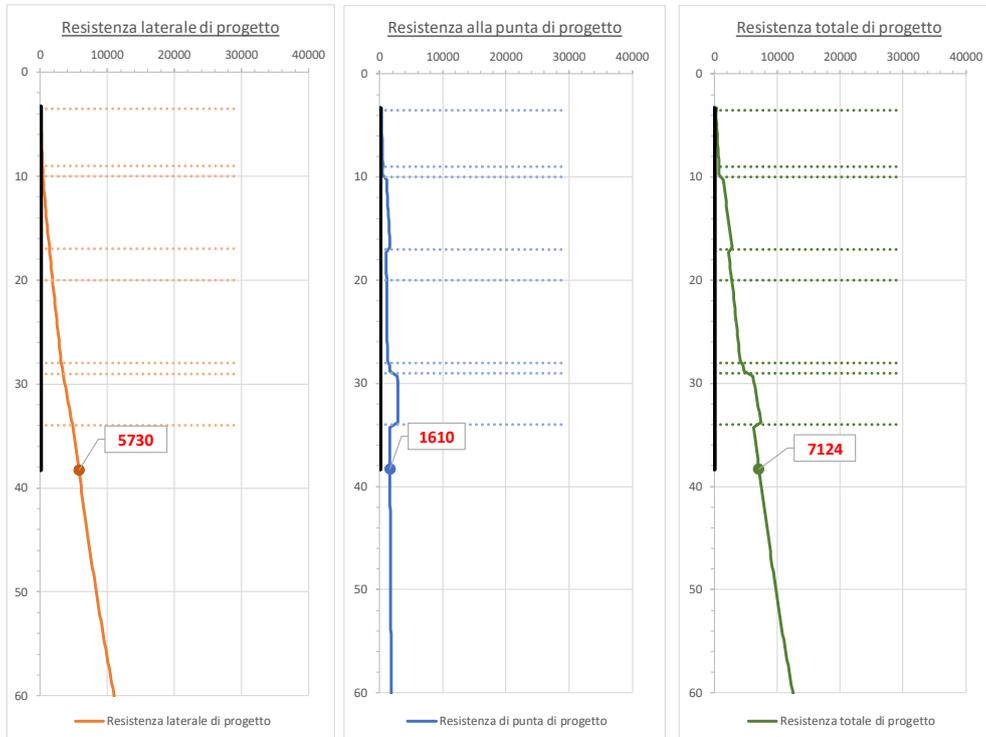
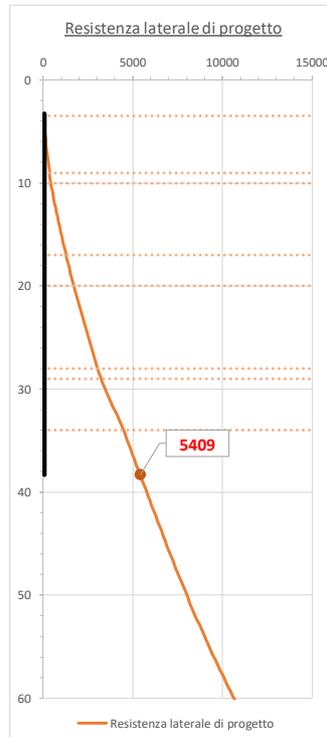


DIAGRAMMA CAPACITA' PORTANTE A FORZE ASSIALI DI TRAZIONE



## 8.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

### CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

**OPERA:** SPALLA 1

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P<sub>palo</sub>):

Carico base palo (P<sub>base</sub>):

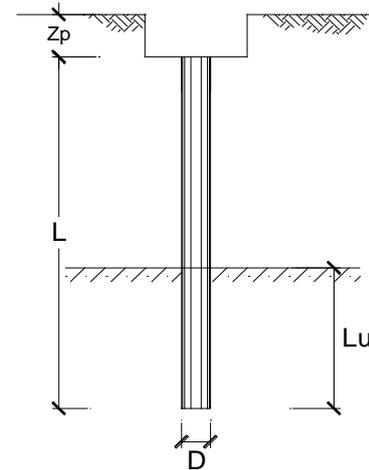
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	
SLE-QP	
1.20	(m)
3312	(kN)
32.0	(m)
32.0	(m)
199	(kN)
3511	(kN)
65	(MPa)
12	(-)
3.6	(m)

Esercizio	
SLE-RAR	
1.20	(m)
3733	(kN)
32.0	(m)
32.0	(m)
199	(kN)
3932	(kN)
65.0	(MPa)
12	(-)
3.6	(m)



**CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:**

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

SLE-QP	
1.93	(-)
3.3	(mm)

SLE-RAR	
1.93	(-)
3.6	(mm)

$$\Delta\delta = 0.4 \text{ (mm)}$$

**CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:**

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

R =

SLE-QP	
1.162	
21	(mm)

SLE-RAR	
1.162	
23	(mm)

$$\Delta\delta_p = 2 \text{ (mm)}$$

**VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	23 di 29

**CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA**

**OPERA:** SPALLA 2

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P<sub>palo</sub>):

Carico base palo (P<sub>base</sub>):

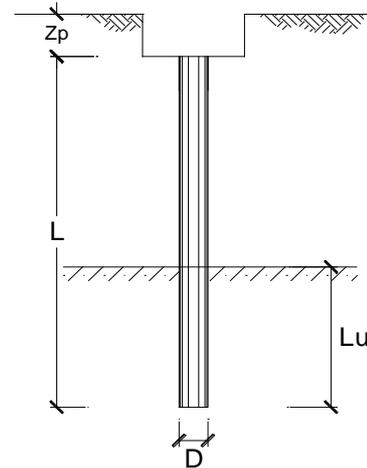
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	
SLE-QP	
1.20	(m)
3184	(kN)
35.0	(m)
35.0	(m)
215	(kN)
3399	(kN)
65	(MPa)
12	(-)
3.6	(m)

Esercizio	
SLE-RAR	
1.20	(m)
3754	(kN)
35.0	(m)
35.0	(m)
215	(kN)
3969	(kN)
65.0	(MPa)
12	(-)
3.6	(m)



**CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:**

$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D)$

Cedimento del palo

$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$

SLE-QP	
1.96	(-)
2.9	(mm)

SLE-RAR	
1.96	(-)
3.4	(mm)

$\Delta\delta = 0.5 \text{ (mm)}$

**CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:**

$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$

$R = (n * s / L)^{0,5}$

$R =$

SLE-QP	
1.111	
20	(mm)

SLE-RAR	
1.111	
23	(mm)

$\Delta\delta_p = 3 \text{ (mm)}$

### 8.3 CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

<b>Hp. Broms</b>	$\gamma_R$	<b>1.3</b>	Resistenza globale
<b>A1+MI+R3</b>	$\xi_3$	<b>1.7</b>	Verticali di indagine
	$\eta$	<b>0.8</b>	Efficienza palificata

Opera: **SPALLA 1**

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	Tipo	$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	$K_p$	$C_U$
			kN/mc	kPa	°	-	kPa
1	bc2	Incoerente	19		34	3.54	
2	bc3	Coesivo	19			1.00	70
3	bc1	Incoerente	19		40	4.60	
4	MDL2	Incoerente	19.5		35	3.69	
5	MDL3	Coesivo	20			1.00	210
6	MDL2	Incoerente	19.5		35	3.69	
7	MDL1	Incoerente	20		40	1.00	
8	MDL3	Coesivo	20			1.00	280

$d_{palo}$	1.2	m
$L_{palo}$	32	m
$Z_{testa\ palo}$	2.8	m
$Z_w$	3.6	m
$\gamma_{Rinterro}$	19	kN/mc
q	53.2	kPa

Per Broms modificato: possibilità di tener conto di un sovraccarico di monte

$M_{Rd}$	6041	kNm
$T_{Ed}$	1686	kN

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	$Z_{ef}$	spessore	$s_v$	u	$s'_v$	p
		m	m	kPa	kPa	kPa	kN/m
1	bc2	0	5.7	53.2	0	53.2	677
		1.8		87.4	0	87.4	1113
		1.8		87.4	0	87.4	1113
		5.7		161.5	21	140.5	1789
2	bc3	5.7	1	161.5	21	140.5	756
		6.7		180.5	31	149.5	756
3	bc1	6.7	8	180.5	31	149.5	2475
		14.7		332.5	111	221.5	3667
4	MDL2	14.7	2	332.5	111	221.5	2943
		16.7		371.5	131	240.5	3195
5	MDL3	16.7	8	371.5	131	240.5	2268
		24.7		531.5	211	320.5	2268
6	MDL2	24.7	1	531.5	211	320.5	4258
		25.7		551	221	330	4384
7	MDL1	25.7	5.5	551	221	330	1188
		31.2		661	276	385	1386
8	MDL3	31.2	20	661	276	385	3024
		51.2		1061	476	585	3024

Meccanismo	$T_{MAX}$	$M_{MAX}$	a(*)	f(**)
	kN	kNm	m	m
Palo Corto	70439	1146879	-	-
Palo intermedio	26776	208484	21.05	-
Palo lungo	5005	6041	-	4.23

(\*) a = profondità punto di rotazione

(\*\*) f = profondità formazione seconda cerniera plastica

Resistenza di progetto	$T_{Rk,s}$ [kN]	5005	Resistenza caratteristica palo singolo
	$T_{Rd,s}$ [kN]	2265	Resistenza di progetto palo singolo
	$T_{Rd,g}$ [kN]	1812	Resistenza di progetto palificata

Verifica	$T_{Ed}$ [kN]	1686	OK
	$T_{Rd}$ [kN]	1812	
	FS	1.07	

ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO

V106 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	V10603001	B	25 di 29

<b>Hp. Broms</b>	$\gamma_R$	<b>1.3</b>	Resistenza globale
A1+M1+R3	$\xi_3$	<b>1.7</b>	Verticali di indagine
	$\eta$	<b>0.8</b>	Efficienza palificata

Opera: SPALLA 2

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	Tipo	$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	$K_p$	$C_U$
			kN/mc	kPa	°	-	kPa
1	bc2	Incoerente	19		34		3.54
2	bc3	Coesivo	19			1.00	70
3	bc1	Incoerente	19		40		4.60
4	MDL2	Incoerente	19.5		35		3.69
5	MDL3	Coesivo	20			1.00	210
6	MDL2	Incoerente	19.5		35		3.69
7	MDL1	Incoerente	20		40		1.00
8	MDL3	Coesivo	20			1.00	280

$d_{palo}$	1.2	m
$L_{palo}$	35	m
$Z_{testa\ palo}$	3.3	m
$Z_w$	4.1	m
$\gamma_{Rinterro}$	19	kN/mc
q	62.7	kPa

Per Broms modificato: possibilità di tener conto di un sovraccarico di monte

$M_{Ra}$	7110	kNm
$T_{Rd}$	2033	kN

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	$Z_{ef}$	spessore	$s_v$	u	$s'_v$	p
		m	m	kPa	kPa	kPa	kN/m
1	bc2	0	5.7	62.7	0	62.7	798
		1.8		96.9	0	96.9	1234
		1.8		96.9	0	96.9	1234
		5.7		171	16	155	1974
2	bc3	5.7	1	171	16	155	756
		6.7		190	26	164	756
3	bc1	6.7	7	190	26	164	2715
		13.7		323	96	227	3758
4	MDL2	13.7	3	323	96	227	3016
		16.7		381.5	126	255.5	3394
5	MDL3	16.7	8	381.5	126	255.5	2268
		24.7		541.5	206	335.5	2268
6	MDL2	24.7	1	541.5	206	335.5	4457
		25.7		561	216	345	4583
7	MDL1	25.7	5	561	216	345	1242
		30.7		661	266	395	1422
8	MDL3	30.7	20	661	266	395	3024
		50.7		1061	466	595	3024

Meccanismo	$T_{MAX}$	$M_{MAX}$	a(*)	f(**)
	kN	kNm	m	m
Palo Corto	83145	1506323	-	-
Palo intermedio	50140	570339	27.95	-
Palo lungo	5758	7110	-	4.35

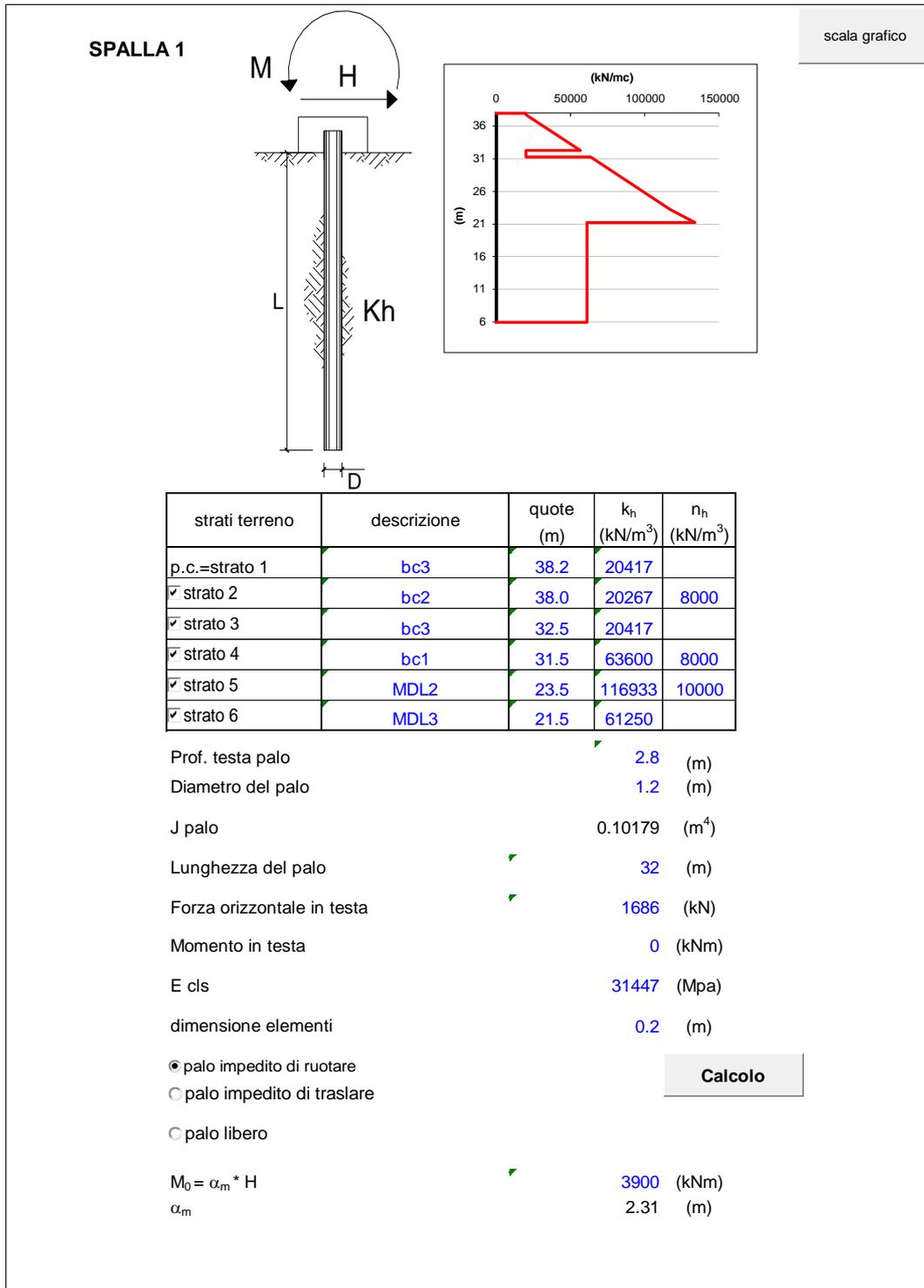
(\*) a = profondità punto di rotazione

(\*\*) f = profondità formazione seconda cerniera plastica

Resistenza di progetto	$T_{Rk,s}$ [kN]	5758	Resistenza caratteristica palo singolo
	$T_{Rd,s}$ [kN]	2605	Resistenza di progetto palo singolo
	$T_{Rd,e}$ [kN]	2084	Resistenza di progetto palificata

Verifica	$T_{Rd}$ [kN]	2033	OK
	$T_{Rd}$ [kN]	2084	
	FS	1.03	

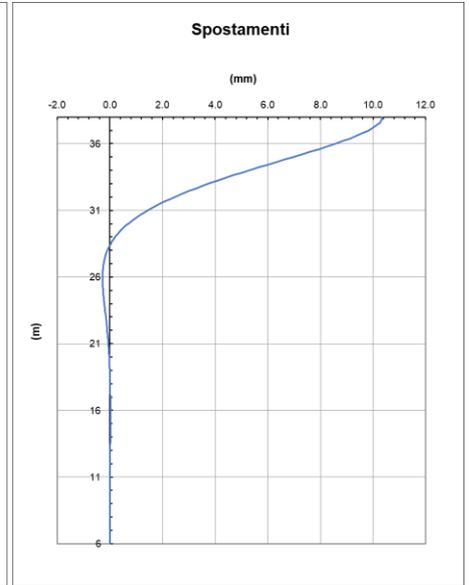
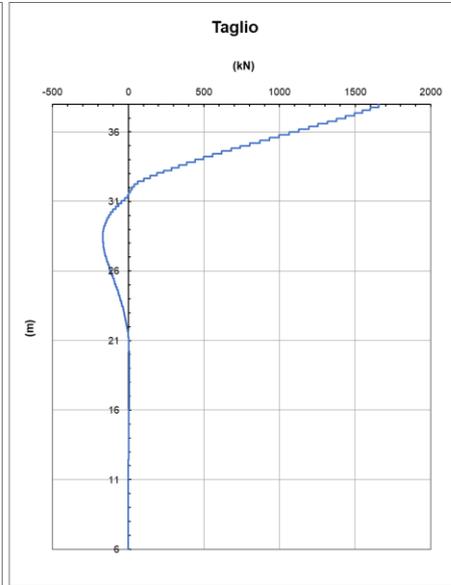
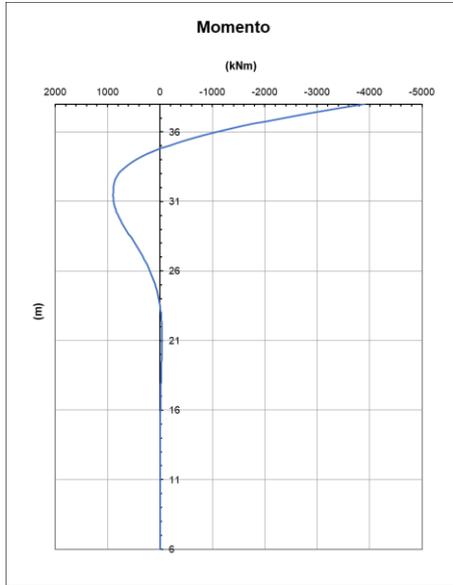
## 8.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO



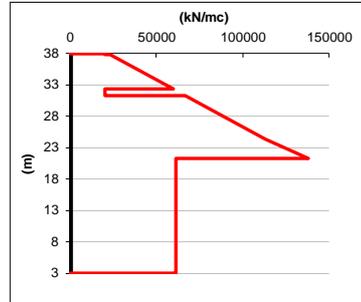
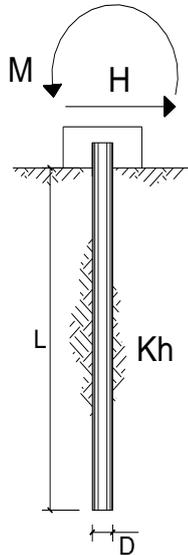
**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	27 di 29



SPALLA 2



scala grafico

strati terreno	descrizione	quote (m)	$k_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$n_n$ (kN/m <sup>3</sup> )
p.c.=strato 1	bc3	38.2	20417	
✓ strato 2	bc2	38.0	23200	8000
✓ strato 3	bc3	32.5	20417	
✓ strato 4	bc1	31.5	66533	8000
✓ strato 5	MDL2	24.5	113200	10000
✓ strato 6	MDL3	21.5	61250	

Prof. testa palo	3.3	(m)
Diametro del palo	1.2	(m)
J palo	0.10179	(m <sup>4</sup> )
Lunghezza del palo	35	(m)
Forza orizzontale in testa	2033	(kN)
Momento in testa	0	(kNm)
E cls	31447	(Mpa)
dimensione elementi	0.2	(m)
<input checked="" type="radio"/> palo impedito di ruotare		
<input type="radio"/> palo impedito di traslare		
<input type="radio"/> palo libero		
$M_0 = \alpha_m * H$	4575	(kNm)
$\alpha_m$	2.25	(m)

Calcolo

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**VI06 – Relazione geotecnica di calcolo delle  
fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0603001	B	29 di 29

