

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

VIADOTTO STRADALE IV01  
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI

L'Appaltatore  
Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.  
Il Direttore Tecnico  
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)  
Ing. Massimo Facchini

Data 31/07/2023

firma

Data 31/07/2023

firma

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA / DISCIPLINA | PROGR | REV |     |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|-------|-----|-----|
| L I O B  | 0 2   | E    | Z Z  | C L      | I V 0 1 0 3        | 0 0 1 | B   | --- |

| Rev. | Descrizione       | Redatto    | Data          | Verificato   | Data          | Approvato | Data          | Autorizzato/Data           |
|------|-------------------|------------|---------------|--------------|---------------|-----------|---------------|----------------------------|
| A    | Prima emissione   | G. Troiano | Dicembre 2022 | F. Volonnino | Dicembre 2022 | S. Canale | Dicembre 2022 |                            |
| B    | Emissione per RdV | G. Troiano | Luglio 2023   | F. Volonnino | Luglio 2023   | S. Canale | Luglio 2023   | M. Facchini<br>Luglio 2023 |
|      |                   |            |               |              |               |           |               |                            |
|      |                   |            |               |              |               |           |               |                            |

File: LI0B02EZZCLIV0103001A

n. Elab.

|  |   |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                 |           |           |                     |
|--|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------|-----------|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b><br><small>S.p.A.</small> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                 |           |           |                     |
|  |   | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV</b> | <b>01</b> | <b>03</b> | PROGR<br><b>001</b> |

## INDICE

|   |  |
|---|--|
| <b>1. PREMESSA.....</b>   | <b>2</b>                                     |
| <b>2. INTRODUZIONE.....</b>   | <b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b> |
| 2.1 Opere d'arte maggiori: IV01 - Cavalcavia - Variante ex SS 16 ter - km 7+412 NV03.....                     | 2  |
| <b>3. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>   | <b>4</b>                                     |
| 3.1 Normativa di riferimento.....   | 4  |
| 3.2 Documenti di riferimento.....   | 4  |
| <b>4. METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI .....</b>   | <b>5</b>                                     |
| 4.1 Analisi agli stati limite.....  | 5  |
| 4.2 Metodologia di calcolo della capacità portante ai carichi verticali .....                                 | 6  |
| 4.3 Determinazione della resistenza di progetto a trazione .....  | 8  |
| 4.4 Metodologia per la determinazione del carico limite trasversale.....                                      | 9  |
| 4.5 Carico limite verticale di una palificata .....   | 10   |
| 4.6 Comportamento del palo soggetto ai carichi orizzontali - Modulo di reazione orizzontale del terreno ..... | 11   |
| <b>5. CALCOLO DELLE PALIFICATE DI FONDAZIONE.....</b>   | <b>14</b>                                    |
| 5.1 Pali di fondazione delle pile: capacità portante verticale.....   | 15   |
| 5.2 Pali di fondazione delle pile: capacità portante trasversale.....   | 24   |
| 5.3 Pali di fondazione delle spalle: capacità portante verticale .....  | 29   |
| 5.4 Pali di fondazione delle spalle: capacità portante trasversale.....                                       | 37   |
| 5.5 Valutazione del momento adimensionale lungo il palo singolo <b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>  |  |
| <b>6. VERIFICA STRUTTURALE DEL SINGOLO PALO.....</b>  | <b>38</b>                                    |
| <b>8. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI ASSIALI DEL SINGOLO PALO E DEL GRUPPO.....</b>                                | <b>39</b>                                    |

|  |                          |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|--------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|  |                          | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato attiene la progettazione esecutiva per la realizzazione dei Lotti 2 e 3 Termoli - Ripalta del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 0+000 al km 24+900, per uno sviluppo di circa 24,9 km.

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo, in particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento e verifica delle fondazioni profonde delle pile e spalle del cavalcavia denominato IV01 "Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter".

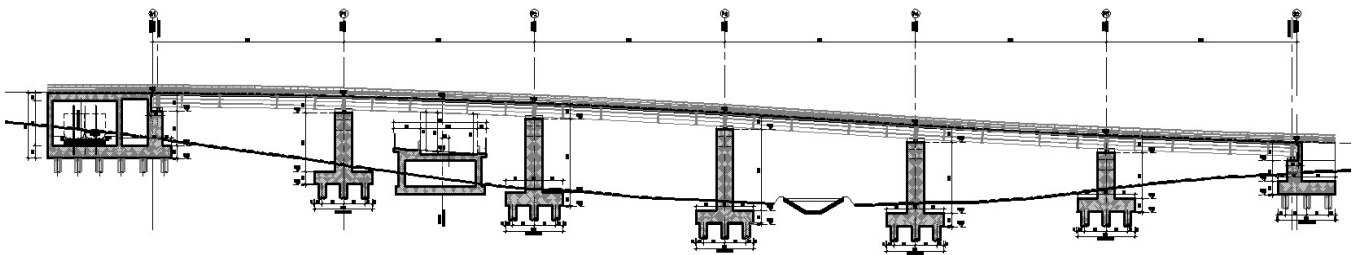


Figura 1 Profilo longitudinale

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti relativamente all'opera in esame:

- metodologie di calcolo generali per la valutazione della capacità portante dei pali;
- metodologie di calcolo generali per la verifica a carico limite orizzontale;
- metodologie di calcolo del parametro alfa e del momento adimensionale lungo i pali;
- valutazione della capacità portante dei pali ai carichi verticali e orizzontali;
- valutazione del parametro alfa e del momento adimensionale lungo i pali;
- verifica strutturale del palo di fondazione.

### 1.1 IV01 - CAVALCAVIA - VARIANTE EX SS 16 TER - KM 7+412 NV03

Questa opera si trova tra le progressive km 0+658,327 a km 0+418,326 della viabilità NV03 che costituisce la variante della ex S.S.16ter e serve a scavalcare la viabilità di accesso alla fermata di Campomarino NV04 ed il canale esistente (fosso Giardino).

L'impalcato presenta uno schema statico di trave continua su 7 appoggi con 6 campate da 40 m di luce ciascuna per uno sviluppo complessivo di 240 m tra gli assi appoggi delle spalle. L'asse presenta un andamento planimetrico curvilineo che si accentua tra la pila P4 e la spalla S2, con conseguente allargamento della carreggiata stradale da 8.5 m a 11.9 m.

L'impalcato prevede una struttura mista in acciaio-calcestruzzo costituita da quattro travi metalliche a doppio T ad interasse variabile da 3.1 m in corrispondenza della spalla S1 a 3.3 m in corrispondenza della spalla S2. Le travi sono poi collegate mediante controventi superiori e diaframmi verticali.

I diaframmi, posti ad interasse di 5 m, sono a struttura reticolare costituiti da profilati in acciaio.

La soletta in c.a. di spessore costante con valore pari a 30 cm è gettata su predalles da 5 cm di spessore poggiate sulle piattabande superiori delle travi. Il collegamento strutturale tra soletta in CA e travi in acciaio è garantito da connettori 'Nelson'.

|  |  |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |
|--|--|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HY</b> pro<br><small>S.P.A.</small> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |
|  |  | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> | PROGR<br><b>001</b> |

La soletta in calcestruzzo armato collaborante con le travi garantisce, insieme ai traversi, la ripartizione dei carichi tra le travi dell'impalcato in esame. Esso è vincolato alle sottostrutture mediante appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione rivestita con PTFE (Poli tetrafluoroetilene).

Relativamente agli appoggi terminali dell'impalcato è da rimarcare che, mentre la spalla S02 è un usuale manufatto con muri in C.A., il manufatto di spalla S01 è costituito dall'opera di linea denominata GA05 che è una galleria artificiale presente alla progressiva 7+412.

Anche le due spalle poggiano su pali del tutto simili a quelli delle pile.

Le pile del viadotto hanno sezione piena a "saponetta" con larghezza pari a 3.50 m in direzione longitudinale e 5.80 m in direzione trasversale. Le fondazioni sono del tipo indiretto, con plinti su pali di dimensione 12.00 x 12.00 e spessore pari a 2.5 m. I pali di fondazione sono Ø1500, disposti con interassi pari a 4.50 m sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale, di lunghezza pari a 22m per le pile P1 e P5, pari a 28m per le pile P2 e P4, pari a 36m per la pila P3.

|  |   |   |             |           |          |           |           |           |           |                    |            |          |          |
|--|---|---|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA<br><br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI<br> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |             |           |          |           |           |           |           |                    |            |          |          |
|  |   | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |             |           | COMMESSA | LOTTO     | FASE      | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |            |          | PROGR    |
|  |   |   | <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b> | <b>01</b> | <b>03</b>          | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>4</b> |

## 2. **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.5]. RFI DTC SICS MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.6]. Raccomandazioni sui pali di fondazione. Associazione geotecnica italiana. Dicembre, 1984.

### 2.2 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai documenti presentati nell'ambito del progetto esecutivo.

|   |                           |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|---------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L. | MANDANTI<br><b>HY</b> pro | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|   |                           | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

### 3. METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI

Nel presente capitolo si riportano le metodologie di calcolo della capacità portante per i pali trivellati di grande diametro previsti per le opere in progetto.

#### 3.1 ANALISI AGLI STATI LIMITE

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 14/01/2008. "Norme tecniche per le costruzioni"). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / g_R$$

dove:

$F_{cd}$  = carico assiale di compressione di progetto;

$R_{cd}$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

$R_k$  = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento ad almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

Combinazione 1:  $A1 + M1 + R1$

Combinazione 2 :  $A2 + M1 + R2$

Approccio 2:

Combinazione 1:  $A1 + M1 + R3$

tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo.

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati. Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (vedasi tabella seguente)

alle resistenze di calcolo  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

Per ogni opera verrà assunto un coefficiente  $\xi_3$  in funzione delle verticali di indagine eseguite.

In condizioni sismiche le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vanno condotte con riferimento all'Approccio 2 ( $A1+M1+R3$ ), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella successiva tabella e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari all'unità.

*Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche*

| Resistenza               | Simbolo       | Pali infissi |      |      | Pali trivellati |      |      | Pali ad elica continua |      |      |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
|                          |               | (R1)         | (R2) | (R3) | (R1)            | (R2) | (R3) | (R1)                   | (R2) | (R3) |
| Base                     | $\gamma_b$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,7  | 1,35 | 1,0                    | 1,6  | 1,3  |
| Laterale in compressione | $\gamma_s$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,45 | 1,15 | 1,0                    | 1,45 | 1,15 |
| Totale (*)               | $\gamma_t$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,6  | 1,30 | 1,0                    | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione     | $\gamma_{st}$ | 1,0          | 1,6  | 1,25 | 1,0             | 1,6  | 1,25 | 1,0                    | 1,6  | 1,25 |

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

|   |                          |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|--------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|   |                          | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

| Numero di verticali indagate | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 7    | $\geq 10$ |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| $\xi_3$                      | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40      |
| $\xi_4$                      | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21      |

### 3.2 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE AI CARICHI VERTICALI

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{II} / FSL + Q_{bl} / FSB - W'p$$

dove:

Q<sub>II</sub> = portata laterale limite,

Q<sub>bl</sub> = portata di base limite,

W'p = peso efficace del palo

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base

#### Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Q_{II} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

D = diametro palo,

$\tau_i$  = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

h<sub>i</sub> = altezza dello strato i-esimo.

#### Depositi incoerenti

Per i depositi incoerenti, la tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo, in accordo ad esempio a Burland [1973], Reese & O'Neill [1988], Chen & Kulhawy [1994], O'Neill & Hassan [1994], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:  $\tau_i = \beta \cdot \sigma'v \leq \tau_{l,max}$

dove:

- $\sigma'v$  = tensione verticale efficace litostatica,

- $\tau_{l,max}$  = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 150 kPa per terreni incoerenti).

- $\beta$  = coefficiente empirico  $\beta = k \cdot \tan \phi$

|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |          |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|----------|
|   | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |          |
|   | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  | COMMESSA  | LOTTO    | FASE      | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |            | PROGR    | REV      |
|   | <b>LI0B</b>   | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b> | <b>01</b>          | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>7</b> |

Essendo

- $K$  = coefficiente di pressione laterale = 0.7 (a compressione), 0.5 (a trazione);
- $\phi$  = angolo di resistenza al taglio.

È stato adottato un valore di  $\beta = 0,30$ .

### Depositi coesivi

Per i terreni coesivi superficiali la tensione tangenziale può essere valutata con la seguente espressione:

$$\tau_i = \alpha \cdot c_u \leq \tau_{l,max}$$

Dove:

- $c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $\alpha$  = parametro empirico assunto come da AGI:
- $\alpha = 0.90$  per  $c_u \leq 25$  kPa;
- $\alpha = 0.80$  per  $25 \leq c_u \leq 50$  kPa;
- $\alpha = 0.60$  per  $50 \leq c_u \leq 75$  kPa;
- $\alpha = 0.40$  per  $c_u \geq 75$  kPa.

$\tau_{l,max}$  = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 100 kPa per terreni coesivi).

### Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite sono state utilizzate le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

$A_p$  = area della base del palo,  
 $q_{bl}$  = portata limite specifica di base.

### Depositi incoerenti

Nei terreni incoerenti, la pressione di base del palo associabile a cedimenti pari al 10% del diametro del palo, viene valutata con la relazione di Berezantzev (1965) indicata nelle Raccomandazioni AGI:

$$q_b = N_q^* \cdot \sigma'_v \leq q_{b,lim}$$

essendo:

$N_q^*$  = coefficiente in funzione dell'angolo di resistenza al taglio del terreno (Raccomandazioni AGI);

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace;

$q_{b,lim}$  = pressione ultima di base massima consigliabile. Nel caso in esame si è fatto riferimento a quanto indicato da Gwidzala, 1984, vedasi seguente tabella.



|  |  |   |  |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|--|---|--|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HY</b> pro<br><small>S.p.A.</small> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|  |  | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

**Valori di qblim secondo Gwizdala [1984]**

|               | qb,lim (kPa) |
|---------------|--------------|
| GHIAIE        | 7300         |
| SABBIE        | 5800         |
| SABBIE LIMOSE | 4300         |

Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:

$$q_b = 9 \cdot c_u + \sigma_v \quad [\text{kPa}]$$

dove:

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata [kPa];

$\sigma_v$  = tensione totale verticale.

**3.3 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO A TRAZIONE**

La portata a trazione di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “Qd” può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{LL} / F_{SL} + W'_p$$

dove:

$Q_{LL}$  = portata laterale limite (da determinarsi in conformità a quanto già descritto nel precedente paragrafo),

$W'_p$  = peso efficace del palo (alleggerito se sotto falda),

$F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione

|   |                           |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|---------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HY</b> pro | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|   |                           | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

### 3.4 METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEL CARICO LIMITE TRASVERSALE

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita.

Per le verifiche a carico limite orizzontale si considera cautelativamente un coefficiente di gruppo 0.8.

Le equazioni con cui si determina il carico limite a forze orizzontali dei pali sono definite di seguito al variare del tipo di meccanismo considerato.

#### Condizioni non drenate

Al fine di determinare la resistenza trasversale di calcolo del palo, nella teoria di Broms si adotta un diagramma semplificato con reazione nulla fino a  $(1.5 \cdot d)$  e quindi costante con la profondità con valore  $(9 \cdot c_u \cdot d)$ . Le espressioni analitiche relative ai possibili meccanismi di collasso del sistema palo-terreno sono di seguito riportate:

$$\text{Palo corto:} \quad H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

$$\text{Palo intermedio:} \quad H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

$$\text{Palo lungo:} \quad H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

dove:

H = carico limite orizzontale del palo;

$c_u$  = resistenza non drenata del terreno;

$M_y$  = momento di plasticizzazione del palo;

L = lunghezza del palo;

d = diametro del palo.

#### Condizioni drenate

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

$$p = 3 \cdot k_p \cdot \gamma \cdot z \cdot d$$

in cui

$k_p$  = coefficiente di spinta passiva;

z = profondità dal piano campagna;

|   |                           |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |                     |
|---|---------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI<br><b>HY</b> pro | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |                     |
|   |                           | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  | PROGR<br><b>001</b> |

$\gamma$  = è il peso dell'unità di volume del terreno (se sottofalda  $\gamma'$ ).

Le espressioni analitiche relative ai possibili meccanismi di collasso del sistema palo-terreno sono di seguito riportate:

Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

### 3.5 CARICO LIMITE VERTICALE DI UNA PALIFICATA

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito come di seguito indicato:

$$R_{d,G} = N \cdot E \cdot R_{d, \text{singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo per il numero  $N$  di pali del gruppo e per il fattore  $E$  di efficienza della palificata.

L'esperienza (Vesic, 1968) ha mostrato che per palificate in terreni incoerenti, l'efficienza risulta non minore dell'unità, quindi si può assumere  $E = 1$  (per terreni incoerenti).

Per palificate in terreni coesivi, invece, l'efficienza risulta minore dell'unità e può essere valutata ad esempio con la formulazione empirica di Converse Labarre, di seguito esplicitata.

$$E = 1 - (\Phi / 90) \cdot [(n - 1) \cdot m + (m - 1) \cdot n] / (m \cdot n)$$

Dove:

$E$  = efficienza della palificata

$N$  = numero di pali per fila

$M$  = numero di file

$\Phi = \arctg (D/i)$  con  $D$  = diametro pali,  $i$  = interasse pali.

|   |                          |   |  |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|--------------------------|---|--|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|   |                          | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

### 3.6 COMPORTAMENTO DEL PALO SOGGETTO AI CARICHI ORIZZONTALI - MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lienare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (EMR) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo ( $p$ ) ed il corrispondente spostamento orizzontale ( $y$ ):

$$E_{MR} = p / y \quad [FL^{-2}]$$

Si osservi che, definito  $K_W$  [FL-3] il coefficiente di sottofondo di Winkler, per un palo di diametro  $D$  si ha:

$$E_{MR} = K_W \cdot D$$

L'andamento del modulo di reazione orizzontale con la profondità è funzione principalmente del tipo di terreno.

Per i terreni incoerenti si assume in genere una legge di variazione lineare caratterizzata dai seguenti parametri:

$$E_{MR} = E_{MR,0} + k_h \cdot z \quad [FL^{-2}]$$

dove:

$E_{MR,0}$  = valore del modulo di reazione a testa palo;

$k_h$  = gradiente del modulo di reazione del terreno funzione principalmente della  $D_r$ ;

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

Nella seguente figura si riportano i valori di riferimento del gradiente  $k_h$  corrispondente a valori secanti del modulo  $E_{MR}$  per pali isolati con basse deformazioni ( $y \leq 0.005 D$ ).

Per i terreni coesivi si assume in genere una legge del tipo:

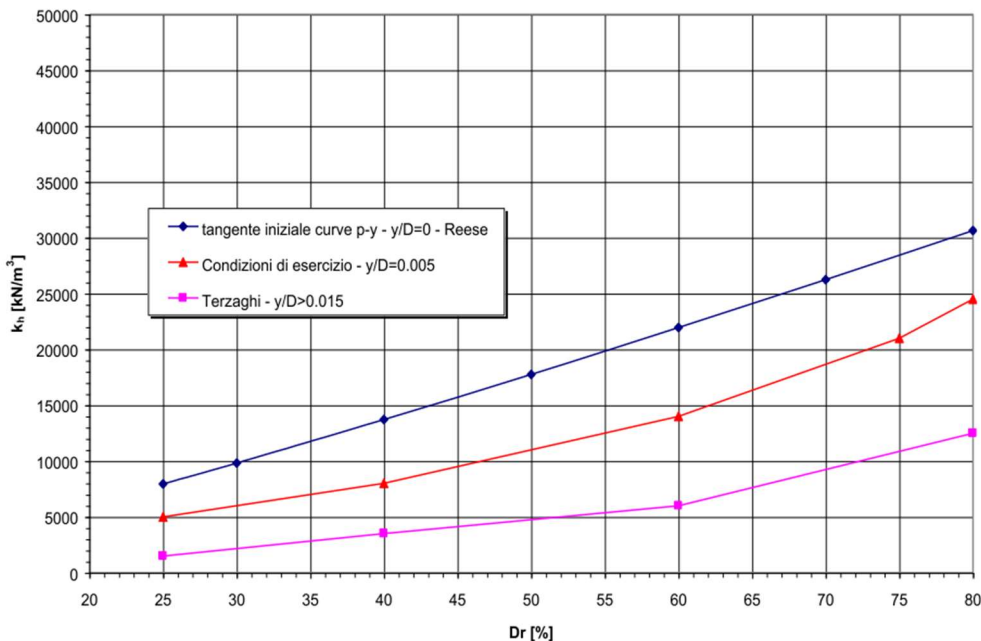
$$E_{MR} = \xi \cdot c_u, \text{ con } \xi = 300 \div 450,$$

corrispondenti a valori secanti del modulo  $E_{MR}$  per pali isolati con basse deformazioni ( $y \leq 0.005 D$ ).

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>12</b> |

Andamento del gradiente del modulo di reazione orizzontale - Terreni incoerenti sotto falda



Per le fondazioni delle opere in esame si considera:

- Per terreni coesivi:  $\xi = 350$ , il valore della resistenza al taglio non drenata generalmente è costante per i terreni sovraconsolidati che costituiscono il substrato dell'area, mentre varia con la profondità per i terreni coesivi da normal a poco consolidati che costituiscono le coperture alluvionali.
- Per terreni incoerenti:  $k_h = 8000 \text{ kN/m}^3$

|  |                          |   |           |          |           |           |           |           |                    |            |          |           |
|--|--------------------------|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |           |          |           |           |           |           |                    |            |          |           |
|  |                          | <b>Relazione di calcolo</b>   |           | COMMESSA | LOTTO     | FASE      | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |            |          | PROGR     |
| <b>fondazioni</b>  |                          | <b>LI0B</b>   | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b> | <b>01</b> | <b>03</b>          | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>13</b> |

#### 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Di seguito si riportano i parametri di resistenza e deformabilità, la stratigrafia e la falda di progetto.

| Unità geotecnica | Profondità [m] | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\varphi'$ [°] | cu [kPa] | qb [kPa]                       |
|------------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------|--------------------------------|
| ba3              | Da 0.0 a 2.5   | 19.5                          | -              | 75       | $9 \cdot cu + \sigma_v$        |
| SSR              | Da 2.5 a 30.0  | 19.5                          | 35             | -        | $15 \cdot \sigma'_v \leq 5800$ |

Tabella 4-1 stratigrafia di progetto per le fondazioni delle pile

| Unità geotecnica | Profondità [m] | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\varphi'$ [°] | cu [kPa] | qb [kPa]                       |
|------------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------|--------------------------------|
| CGC2             | Da 0.0 a 6.0   | 19.5                          | -              | 130      | $9 \cdot cu + \sigma_v$        |
| SSR              | Da 6.0 a 30.0  | 19.5                          | 35             | -        | $15 \cdot \sigma'_v \leq 5800$ |

Tabella 4-2 stratigrafia di progetto per le fondazioni delle spalle

|  |  |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|--|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HY</b> pro<br><small>S.p.A.</small> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|  |  | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

## 5. CALCOLO DELLE PALIFICATE DI FONDAZIONE

Nel presente paragrafo si riporta il calcolo della capacità portante per l'opera d'arte in esame.

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro  $D=1500$  mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N. 8 verticali di indagine (tutti i sondaggi della zona Campomarino utilizzati per la caratterizzazione geotecnica), da cui  $\xi_3 = 1.45$ ;

Quindi per la verifica di capacità portante del palo si dovranno verificare le seguenti due condizioni:

- $N_{max,SLU} < Q_d$ , la massima sollecitazione assiale (sia statica, che sismica) allo SLU dovrà essere inferiore alla portata di progetto del palo (riportata nelle seguenti tabelle);
- $N_{max,SLE} < Q_{II} / 1.25$  la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo ( $Q_{II}$ , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.

Inoltre si è considerato:

- testa palo a 2.5 m di profondità da p.c.;
- falda cautelativamente a 5 m p.c..

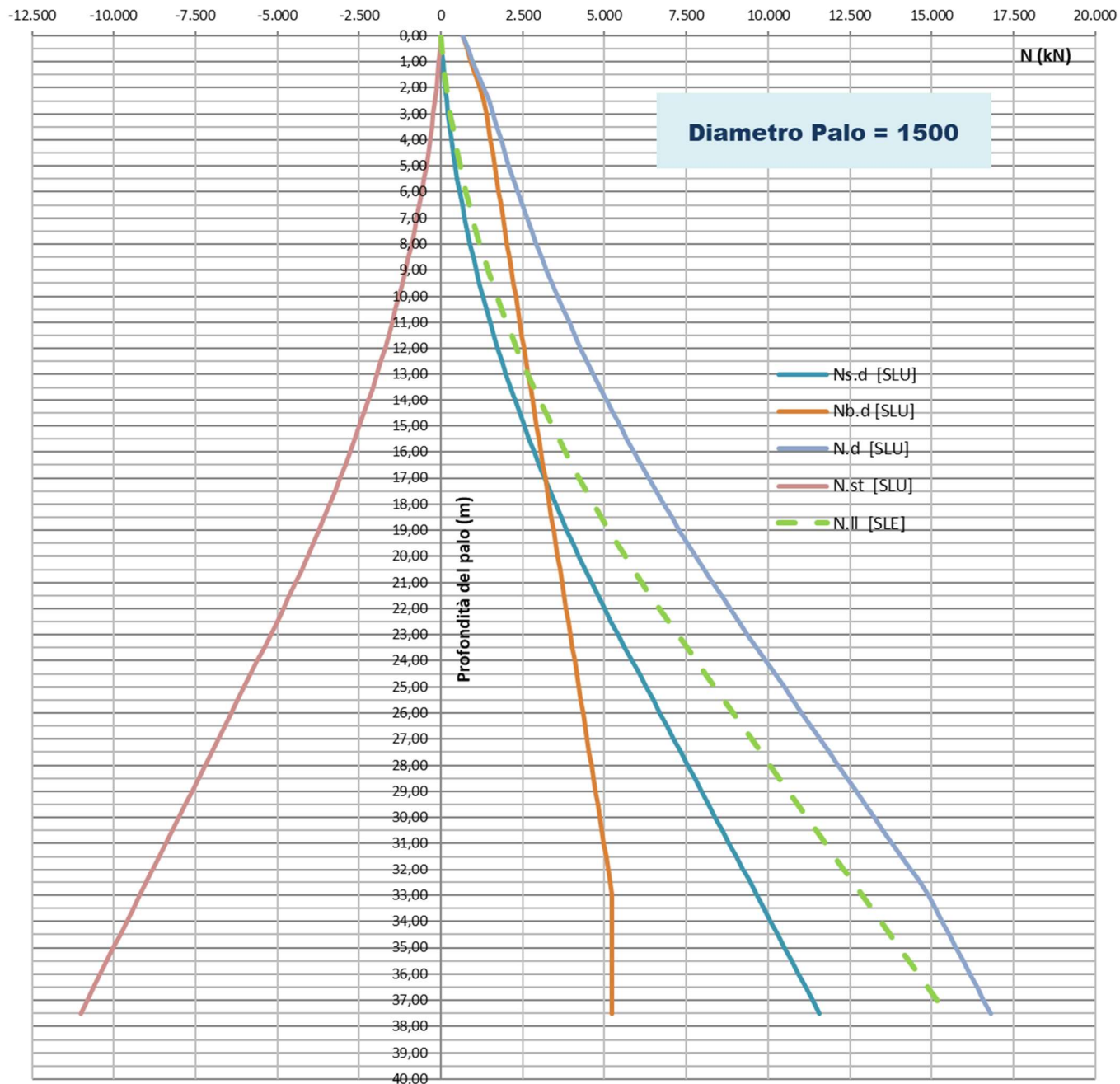




**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>16</b> |

**Curve di resistenza Palo: A2 (A1+M1+R3)**



Di seguito invece le sollecitazioni di calcolo all'estradosso fondazione e sul singolo palo, desunte dalle analisi strutturali:

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>17</b> |

**RIEPILOGO SOLLECITAZIONI**

**PILA P1 H=11.5m**

| Inviluppo reazioni vincolari |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|------------------------------|-------|---------|----------------|--------|----------|----------|-------|-------|-------|------|
| Tipolog.                     | Nome  | Rx      | Ry             | Rz     | Mx       | My       | Mz    | N,max | N,min | Tmax |
| Combo                        | Combo | (KN)    | (KN)           | (KN)   | (KNm)    | (KNm)    | (KNm) | (KN)  | (KN)  | (KN) |
| <b>INVILUPPO: SLU</b>        |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
| Nvert Max                    | SLU11 | 395     | 773            | 45.345 | 10.825   | - 6.887  | 0     | 5.694 | 4.382 | 96   |
| Nvert Min                    | SLU14 | 413     | 773            | 35.203 | 10.825   | - 6.486  | - 0   | 4.553 | 3.270 | 97   |
| Vtrasv Max                   | SLU3  | 576     | 773            | 42.838 | 10.825   | - 10.997 | 0     | 5.568 | 3.952 | 107  |
| Vtrasv Min                   | SLU4  | 226     | 773            | 42.878 | 10.825   | - 1.149  | 0     | 5.208 | 4.321 | 90   |
| Mtrasv Max                   | SLU24 | 347     | 773            | 37.923 | 10.825   | 710      | - 0   | 4.641 | 3.786 | 94   |
| Mtrasv Min                   | SLU6  | 460     | 773            | 43.361 | 10.825   | - 13.384 | - 0   | 5.715 | 3.921 | 100  |
| Vlong Max                    | SLU4  | 226     | 773            | 42.878 | 10.825   | - 1.149  | 0     | 5.208 | 4.321 | 90   |
| Vlong Min                    | SLU8  | 502     | 580            | 41.513 | 8.119    | - 8.675  | - 0   | 5.235 | 3.991 | 85   |
| Mong Max                     | SLU4  | 226     | 773            | 42.878 | 10.825   | - 1.149  | 0     | 5.208 | 4.321 | 90   |
| Mong Min                     | SLU8  | 502     | 580            | 41.513 | 8.119    | - 8.675  | - 0   | 5.235 | 3.991 | 85   |
| Mtorc Max                    | SLU11 | 395     | 773            | 45.345 | 10.825   | - 6.887  | 0     | 5.694 | 4.382 | 96   |
| Mtorc Min                    | SLU24 | 347     | 773            | 37.923 | 10.825   | 710      | - 0   | 4.641 | 3.786 | 94   |
|                              |       |         | Max Palificata | 45.345 |          |          | Max   | 5.715 |       | 107  |
| <b>INVILUPPO: SLV GR</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | 3.270 | 85   |
| Nvert Max                    | SLV1  | 2.773   | 3.213          | 34.123 | 25.724   | - 28.914 | 46    | 5.815 | 1.768 | 472  |
| Nvert Min                    | SLV2  | 1.635   | - 3.133        | 25.629 | - 24.852 | - 10.897 | 24    | 4.172 | 1.524 | 393  |
| Vtrasv Max                   | SLV3  | 7.364   | 1.835          | 31.441 | 10.463   | - 67.283 | 119   | 6.373 | 614   | 843  |
| Vtrasv Min                   | SLV4  | - 6.892 | 1.571          | 30.610 | 7.565    | 60.360   | - 111 | 5.917 | 885   | 785  |
| Mtrasv Max                   | SLV4  | - 6.892 | 1.571          | 30.610 | 7.565    | 60.360   | - 111 | 5.917 | 885   | 785  |
| Mtrasv Min                   | SLV3  | 7.364   | 1.835          | 31.441 | 10.463   | - 67.283 | 119   | 6.373 | 614   | 843  |
| Vlong Max                    | SLV7  | 2.773   | 5.716          | 32.871 | 30.478   | - 28.914 | 46    | 5.852 | 1.453 | 706  |
| Vlong Min                    | SLV8  | 1.635   | - 5.637        | 27.954 | - 29.606 | - 10.897 | 24    | 4.606 | 1.606 | 652  |
| Mong Max                     | SLV7  | 2.773   | 5.716          | 32.871 | 30.478   | - 28.914 | 46    | 5.852 | 1.453 | 706  |
| Mong Min                     | SLV8  | 1.635   | - 5.637        | 27.954 | - 29.606 | - 10.897 | 24    | 4.606 | 1.606 | 652  |
| Mtorc Max                    | SLV11 | 4.861   | 1.835          | 32.693 | 10.463   | - 62.529 | 119   | 6.336 | 929   | 577  |
| Mtorc Min                    | SLV12 | - 4.389 | 1.571          | 31.861 | 7.565    | 55.607   | - 111 | 5.880 | 1.200 | 518  |
|                              |       |         | Max Palificata | 34.123 |          |          | Max   | 6.373 |       | 843  |
| <b>INVILUPPO: SLE RA</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | 614   | 393  |
| Nvert Max                    | RA1   | 263     | 573            | 32.943 | 8.019    | - 4.623  | 0     | 3.832 | 3.660 | 70   |
| Vtrasv Max                   | RA3   | 227     | 430            | 30.099 | 6.014    | - 2.933  | - 0   | 3.453 | 3.344 | 54   |
| Vtrasv Min                   | RA3   | 397     | 573            | 31.085 | 8.019    | - 7.667  | 0     | 3.738 | 3.454 | 77   |
| Vtrasv Max                   | RA4   | 137     | 573            | 31.115 | 8.019    | - 373    | 0     | 3.471 | 3.457 | 65   |
| Mtrasv Max                   | RA12  | 227     | 573            | 31.378 | 8.019    | 1.004    | - 0   | 3.524 | 3.486 | 68   |
| Mtrasv Min                   | RA6   | 311     | 573            | 31.473 | 8.019    | - 9.436  | - 0   | 3.846 | 3.497 | 72   |
| Vlong Max                    | RA4   | 137     | 573            | 31.115 | 8.019    | - 373    | 0     | 3.471 | 3.457 | 65   |
| Vlong Min                    | RA8   | 341     | 430            | 30.104 | 6.014    | - 5.948  | - 0   | 3.565 | 3.345 | 61   |
| Mong Max                     | RA4   | 137     | 573            | 31.115 | 8.019    | - 373    | 0     | 3.471 | 3.457 | 65   |
| Mong Min                     | RA8   | 341     | 430            | 30.104 | 6.014    | - 5.948  | - 0   | 3.565 | 3.345 | 61   |
| Mtorc Max                    | RA1   | 263     | 573            | 32.943 | 8.019    | - 4.623  | 0     | 3.832 | 3.660 | 70   |
| Mtorc Min                    | RA12  | 227     | 573            | 31.378 | 8.019    | 1.004    | - 0   | 3.524 | 3.486 | 68   |
|                              |       |         | Max Palificata | 32.943 |          |          | Max   | 3.846 |       | 77   |
| <b>INVILUPPO: SLE QP</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | 3.344 | 54   |
| Nvert Max                    | QP1   | 16      | 573            | 29.417 | 8.019    | - 87     | - 0   | 3.569 | 3.566 | 64   |
| Nvert Min                    | QP12  | 3       | - 0            | 29.367 | - 0      | 130      | - 0   | 3.268 | 3.263 | 0    |
| Vtrasv Max                   | QP1   | 16      | 573            | 29.417 | 8.019    | - 87     | - 0   | 3.569 | 3.566 | 64   |
| Vtrasv Min                   | QP12  | 3       | - 0            | 29.367 | - 0      | 130      | - 0   | 3.268 | 3.263 | 0    |
| Mtrasv Max                   | QP5   | 3       | 573            | 29.367 | 8.019    | 130      | - 0   | 3.565 | 3.560 | 64   |
| Mtrasv Min                   | QP6   | 16      | - 0            | 29.417 | - 0      | - 87     | - 0   | 3.272 | 3.269 | 2    |
| Vlong Max                    | QP5   | 3       | 573            | 29.367 | 8.019    | 130      | - 0   | 3.565 | 3.560 | 64   |
| Vlong Min                    | QP6   | 16      | - 0            | 29.417 | - 0      | - 87     | - 0   | 3.272 | 3.269 | 2    |
| Mong Max                     | QP5   | 3       | 573            | 29.367 | 8.019    | 130      | - 0   | 3.565 | 3.560 | 64   |
| Mong Min                     | QP6   | 16      | - 0            | 29.417 | - 0      | - 87     | - 0   | 3.272 | 3.269 | 2    |
| Mtorc Max                    | QP1   | 16      | 573            | 29.417 | 8.019    | - 87     | - 0   | 3.569 | 3.566 | 64   |
| Mtorc Min                    | QP12  | 3       | - 0            | 29.367 | - 0      | 130      | - 0   | 3.268 | 3.263 | 0    |
|                              |       |         | Max Palificata | 29.417 |          |          | Max   | 3.569 |       | 64   |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | 3.263 | 0    |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>18</b> |

**RIEPILOGO SOLLECITAZIONI**

**PILA P2 H=14.5m**

| Inviluppo reazioni vincolari |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|------------------------------|-------|---------|----------------|--------|----------|----------|-------|-------|-------|------|
| Tipolog.                     | Nome  | Rx      | Ry             | Rz     | Mx       | My       | Mz    | N.max | N.min | Tmax |
| Combo                        | Combo | (KN)    | (KN)           | (KN)   | (KNm)    | (KNm)    | (KNm) | (KN)  | (KN)  | (KN) |
| <b>INVILUPPO: SLU</b>        |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
| Nvert Max                    | SLU4  | 351     | 790            | 42.862 | 13.433   | - 11.299 | - 0   | 5.678 | 3.846 | 96   |
| Nvert Min                    | SLU14 | 416     | 790            | 33.550 | 13.433   | - 8.490  | 0     | 4.540 | 2.916 | 99   |
| Vtrasv Max                   | SLU3  | 437     | 593            | 39.979 | 10.074   | - 7.383  | - 0   | 5.089 | 3.796 | 82   |
| Vtrasv Min                   | SLU4  | 351     | 790            | 42.862 | 13.433   | - 11.299 | - 0   | 5.678 | 3.846 | 96   |
| Mtrasv Max                   | SLU5  | 417     | 790            | 40.606 | 13.433   | - 981    | 0     | 5.046 | 3.978 | 99   |
| Mtrasv Min                   | SLU6  | 375     | 790            | 40.540 | 13.433   | - 15.508 | 0     | 5.576 | 3.433 | 97   |
| Vlong Max                    | SLU7  | 436     | 790            | 40.584 | 13.433   | - 6.847  | - 0   | 5.260 | 3.758 | 100  |
| Vlong Min                    | SLU8  | 379     | 593            | 39.970 | 10.074   | - 9.309  | - 0   | 5.159 | 3.723 | 78   |
| Mlong Max                    | SLU7  | 436     | 790            | 40.584 | 13.433   | - 6.847  | - 0   | 5.260 | 3.758 | 100  |
| Mlong Min                    | SLU8  | 379     | 593            | 39.970 | 10.074   | - 9.309  | - 0   | 5.159 | 3.723 | 78   |
| Mtorc Max                    | SLU6  | 375     | 790            | 40.540 | 13.433   | - 15.508 | 0     | 5.576 | 3.433 | 97   |
| Mtorc Mn                     | SLU24 | 384     | 790            | 38.269 | 13.433   | - 8.677  | - 0   | 5.071 | 3.433 | 98   |
|                              |       |         | Max Palificata | 42.862 |          |          | Max   | 5.678 |       | 100  |
| <b>INVILUPPO: SLV GR</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | 2.916 | 78   |
| Nvert Max                    | SLV1  | 2.711   | 1.849          | 31.622 | 13.495   | - 35.588 | 51    | 5.331 | 1.696 | 365  |
| Nvert Min                    | SLV2  | 2.304   | 67             | 24.784 | 10.260   | - 28.009 | 45    | 4.171 | 1.336 | 256  |
| Vtrasv Max                   | SLV3  | 8.078   | 1.967          | 29.433 | 15.037   | - 99.906 | 150   | 7.527 | - 987 | 924  |
| Vtrasv Min                   | SLV4  | - 7.664 | 1.630          | 28.850 | 10.601   | 91.440   | - 140 | 6.985 | - 574 | 871  |
| Mtrasv Max                   | SLV4  | - 7.664 | 1.630          | 28.850 | 10.601   | 91.440   | - 140 | 6.985 | - 574 | 871  |
| Mtrasv Min                   | SLV3  | 8.078   | 1.967          | 29.433 | 15.037   | - 99.906 | 150   | 7.527 | - 987 | 924  |
| Vlong Max                    | SLV7  | 2.873   | 6.044          | 30.183 | 43.385   | - 38.666 | 59    | 6.393 | 315   | 744  |
| Vlong Min                    | SLV8  | 2.004   | - 5.942        | 27.457 | - 42.045 | - 22.292 | 29    | 5.434 | 668   | 697  |
| Mlong Max                    | SLV7  | 2.873   | 6.044          | 30.183 | 43.385   | - 38.666 | 59    | 6.393 | 315   | 744  |
| Mlong Min                    | SLV8  | 2.004   | - 5.942        | 27.457 | - 42.045 | - 22.292 | 29    | 5.434 | 668   | 697  |
| Mtorc Max                    | SLV11 | 5.845   | 1.967          | 30.549 | 15.037   | - 96.168 | 150   | 7.513 | - 724 | 685  |
| Mtorc Mn                     | SLV12 | - 5.431 | 1.630          | 29.967 | 10.601   | 87.702   | - 140 | 6.970 | - 311 | 630  |
|                              |       |         | Max Palificata | 31.622 |          |          | Max   | 7.527 |       | 924  |
| <b>INVILUPPO: SLE RA</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | - 987 | 256  |
| Nvert Max                    | RA1   | 230     | 585            | 31.205 | 9.950    | - 7.814  | - 0   | 3.757 | 3.467 | 70   |
| Vtrasv Max                   | RA3   | 259     | 439            | 27.972 | 7.463    | - 6.643  | 0     | 3.354 | 3.108 | 57   |
| Vtrasv Min                   | RA3   | 295     | 439            | 29.070 | 7.463    | - 4.914  | - 0   | 3.412 | 3.230 | 59   |
| Vtrasv Min                   | RA4   | 230     | 585            | 31.205 | 9.950    | - 7.814  | - 0   | 3.757 | 3.467 | 70   |
| Mtrasv Max                   | RA12  | 280     | 585            | 29.534 | 9.950    | - 171    | 0     | 3.288 | 3.282 | 72   |
| Mtrasv Min                   | RA6   | 248     | 585            | 29.485 | 9.950    | - 10.932 | 0     | 3.681 | 3.276 | 71   |
| Vlong Max                    | RA4   | 293     | 585            | 29.524 | 9.950    | - 4.505  | - 0   | 3.447 | 3.280 | 73   |
| Vlong Min                    | RA8   | 251     | 439            | 29.063 | 7.463    | - 6.340  | - 0   | 3.464 | 3.229 | 56   |
| Mlong Max                    | RA4   | 293     | 585            | 29.524 | 9.950    | - 4.505  | - 0   | 3.447 | 3.280 | 73   |
| Mlong Min                    | RA8   | 251     | 439            | 29.063 | 7.463    | - 6.340  | - 0   | 3.464 | 3.229 | 56   |
| Mtorc Max                    | RA1   | 248     | 585            | 29.485 | 9.950    | - 10.932 | 0     | 3.681 | 3.276 | 71   |
| Mtorc Mn                     | RA12  | 255     | 585            | 31.204 | 9.950    | - 5.872  | - 0   | 3.685 | 3.467 | 71   |
|                              |       |         | Max Palificata | 31.205 |          |          | Max   | 3.757 |       | 73   |
| <b>INVILUPPO: SLE QP</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | 3.108 | 56   |
| Nvert Max                    | QP1   | 14      | 585            | 27.707 | 9.950    | - 582    | 0     | 3.469 | 3.447 | 65   |
| Nvert Min                    | QP12  | - 16    | 0              | 27.698 | - 0      | 36       | - 0   | 3.079 | 3.078 | 2    |
| Vtrasv Max                   | QP1   | 14      | 585            | 27.707 | 9.950    | - 582    | 0     | 3.469 | 3.447 | 65   |
| Vtrasv Min                   | QP12  | - 16    | 0              | 27.698 | - 0      | 36       | - 0   | 3.079 | 3.078 | 2    |
| Mtrasv Max                   | QP5   | - 16    | 585            | 27.698 | 9.950    | 36       | - 0   | 3.447 | 3.446 | 65   |
| Mtrasv Min                   | QP6   | 14      | 0              | 27.707 | 0        | - 582    | 0     | 3.100 | 3.079 | 2    |
| Vlong Max                    | QP5   | 14      | 585            | 27.707 | 9.950    | - 582    | 0     | 3.469 | 3.447 | 65   |
| Vlong Min                    | QP6   | - 16    | 0              | 27.698 | - 0      | 36       | - 0   | 3.079 | 3.078 | 2    |
| Mlong Max                    | QP5   | 14      | 585            | 27.707 | 9.950    | - 582    | 0     | 3.469 | 3.447 | 65   |
| Mlong Min                    | QP6   | - 16    | 0              | 27.698 | - 0      | 36       | - 0   | 3.079 | 3.078 | 2    |
| Mtorc Max                    | QP1   | 14      | 585            | 27.707 | 9.950    | - 582    | 0     | 3.469 | 3.447 | 65   |
| Mtorc Mn                     | QP12  | - 16    | 0              | 27.698 | - 0      | 36       | - 0   | 3.079 | 3.078 | 2    |
|                              |       |         | Max Palificata | 27.707 |          |          | Max   | 3.469 |       | 65   |
|                              |       |         |                |        |          |          | Min   |       | 3.078 | 2    |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>19</b> |

**RIEPILOGO SOLLECITAZIONI**

**PILA P3 H=16m**

| Inviluppo reazioni vincolari |       |          |                |        |          |           |       |       |         |       |
|------------------------------|-------|----------|----------------|--------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| Tipolog.                     | Nome  | Rx       | Ry             | Rz     | Mx       | My        | Mz    | N,max | N,min   | Tmax  |
| Combo                        | Combo | (KN)     | (KN)           | (KN)   | (KNm)    | (KNm)     | (KNm) | (KN)  | (KN)    | (KN)  |
| <b>INVILUPPO: SLU</b>        |       |          |                |        |          |           |       |       |         |       |
| Nvert Max                    | SLU4  | 338      | 844            | 49.246 | 15.605   | - 11.196  | 0     | 6.464 | 4.479   | 101   |
| Nvert Min                    | SLU14 | 408      | 844            | 38.440 | 15.605   | - 8.356   | 0     | 5.159 | 3.384   | 104   |
| Vtrasv Max                   | SLU3  | 432      | 844            | 49.107 | 15.605   | - 4.780   | 0     | 6.211 | 4.701   | 105   |
| Vtrasv Min                   | SLU4  | 338      | 844            | 49.246 | 15.605   | - 11.196  | 0     | 6.464 | 4.479   | 101   |
| Mtrasv Max                   | SLU5  | 395      | 844            | 46.979 | 15.605   | - 987     | 0     | 5.834 | 4.605   | 103   |
| Mtrasv Min                   | SLU6  | 393      | 844            | 46.934 | 15.605   | - 15.328  | 0     | 6.361 | 4.069   | 103   |
| Vlong Max                    | SLU3  | 432      | 844            | 49.107 | 15.605   | - 4.780   | 0     | 6.211 | 4.701   | 105   |
| Vlong Min                    | SLU8  | 363      | 633            | 46.329 | 11.704   | - 9.005   | 0     | 5.915 | 4.381   | 81    |
| Mong Max                     | SLU3  | 432      | 844            | 49.107 | 15.605   | - 4.780   | 0     | 6.211 | 4.701   | 105   |
| Mong Min                     | SLU8  | 363      | 633            | 46.329 | 11.704   | - 9.005   | 0     | 5.915 | 4.381   | 81    |
| Mtorc Max                    | SLU5  | 395      | 844            | 46.979 | 15.605   | - 987     | 0     | 5.834 | 4.605   | 103   |
| Mtorc Min                    | SLU24 | 377      | 844            | 43.208 | 15.605   | - 8.625   | - 0   | 5.698 | 3.903   | 103   |
|                              |       |          | Max Palificata | 49.246 |          |           | Max   | 6.464 |         | 105   |
| <b>INVILUPPO: SLV GR</b>     |       |          |                |        |          |           |       |       |         |       |
|                              |       |          |                |        |          |           | Min   |       | 3.384   | 81    |
| Nvert Max                    | SLV1  | 3.338    | 2.220          | 36.458 | 17.434   | - 45.034  | 55    | 6.364 | 1.737   | 445   |
| Nvert Min                    | SLV2  | 3.011    | - 161          | 28.493 | 12.323   | - 39.760  | 51    | 5.095 | 1.237   | 335   |
| Vtrasv Max                   | SLV3  | 10.390   | 2.365          | 33.936 | 19.517   | - 138.012 | 167   | 9.605 | - 2.064 | 1.184 |
| Vtrasv Min                   | SLV4  | - 10.087 | 1.947          | 33.176 | 13.516   | 132.913   | - 158 | 9.110 | - 1.737 | 1.141 |
| Mtrasv Max                   | SLV4  | - 10.087 | 1.947          | 33.176 | 13.516   | 132.913   | - 158 | 9.110 | - 1.737 | 1.141 |
| Mtrasv Min                   | SLV3  | 10.390   | 2.365          | 33.936 | 19.517   | - 138.012 | 167   | 9.605 | - 2.064 | 1.184 |
| Vlong Max                    | SLV7  | 3.447    | 7.249          | 34.300 | 55.937   | - 47.377  | 62    | 7.638 | - 15    | 892   |
| Vlong Min                    | SLV8  | 2.808    | - 7.122        | 32.499 | - 54.121 | - 35.408  | 36    | 6.927 | 295     | 851   |
| Mong Max                     | SLV7  | 3.447    | 7.249          | 34.300 | 55.937   | - 47.377  | 62    | 7.638 | - 15    | 892   |
| Mong Min                     | SLV8  | 2.808    | - 7.122        | 32.499 | - 54.121 | - 35.408  | 36    | 6.927 | 295     | 851   |
| Mtorc Max                    | SLV11 | 7.616    | 2.365          | 35.323 | 19.517   | - 132.108 | 167   | 9.541 | - 1.691 | 886   |
| Mtorc Min                    | SLV12 | - 7.312  | 1.947          | 34.563 | 13.516   | 127.009   | - 158 | 9.045 | - 1.364 | 841   |
|                              |       |          | Max Palificata | 36.458 |          |           | Max   | 9.605 |         | 1.184 |
| <b>INVILUPPO: SLE RA</b>     |       |          |                |        |          |           |       |       |         |       |
|                              |       |          |                |        |          |           | Min   |       | - 2.064 | 335   |
| Nvert Max                    | RA1   | 213      | 625            | 35.630 | 11.559   | - 7.484   | 0     | 4.236 | 3.959   | 73    |
| Vtrasv Max                   | RA3   | 272      | 469            | 32.677 | 8.669    | - 6.512   | 0     | 3.872 | 3.631   | 60    |
| Vtrasv Min                   | RA3   | 283      | 625            | 35.526 | 11.559   | - 2.732   | 0     | 4.049 | 3.947   | 76    |
| Vtrasv Min                   | RA1   | 213      | 625            | 35.630 | 11.559   | - 7.484   | 0     | 4.236 | 3.959   | 73    |
| Mtrasv Max                   | RA5   | 255      | 625            | 33.950 | 11.559   | 78        | 0     | 3.775 | 3.772   | 75    |
| Mtrasv Min                   | RA6   | 254      | 625            | 33.917 | 11.559   | - 10.545  | 0     | 4.159 | 3.769   | 75    |
| Vlong Max                    | RA3   | 283      | 625            | 35.526 | 11.559   | - 2.732   | 0     | 4.049 | 3.947   | 76    |
| Vlong Min                    | RA8   | 232      | 469            | 33.468 | 8.669    | - 5.861   | 0     | 3.936 | 3.719   | 58    |
| Mong Max                     | RA3   | 283      | 625            | 35.526 | 11.559   | - 2.732   | 0     | 4.049 | 3.947   | 76    |
| Mong Min                     | RA8   | 232      | 469            | 33.468 | 8.669    | - 5.861   | 0     | 3.936 | 3.719   | 58    |
| Mtorc Max                    | RA5   | 255      | 625            | 33.950 | 11.559   | 78        | 0     | 3.775 | 3.772   | 75    |
| Mtorc Min                    | RA12  | 242      | 625            | 35.623 | 11.559   | - 5.580   | - 0   | 4.165 | 3.958   | 74    |
|                              |       |          | Max Palificata | 35.630 |          |           | Max   | 4.236 |         | 76    |
| <b>INVILUPPO: SLE QP</b>     |       |          |                |        |          |           |       |       |         |       |
|                              |       |          |                |        |          |           | Min   |       | 3.631   | 58    |
| Nvert Max                    | QP1   | 6        | 625            | 32.091 | 11.559   | 34        | 0     | 3.995 | 3.994   | 69    |
| Nvert Min                    | QP12  | - 80     | 0              | 32.089 | - 0      | 1.909     | 0     | 3.636 | 3.565   | 9     |
| Vtrasv Max                   | QP1   | 6        | 625            | 32.091 | 11.559   | 34        | 0     | 3.995 | 3.994   | 69    |
| Vtrasv Min                   | QP12  | - 80     | 0              | 32.089 | - 0      | 1.909     | 0     | 3.636 | 3.565   | 9     |
| Mtrasv Max                   | QP2   | - 80     | 625            | 32.089 | 11.559   | 1.909     | 0     | 4.064 | 3.994   | 70    |
| Mtrasv Min                   | QP6   | 6        | 0              | 32.091 | 0        | 34        | 0     | 3.567 | 3.566   | 1     |
| Vlong Max                    | QP1   | 6        | 625            | 32.091 | 11.559   | 34        | 0     | 3.995 | 3.994   | 69    |
| Vlong Min                    | QP12  | - 80     | 0              | 32.089 | - 0      | 1.909     | 0     | 3.636 | 3.565   | 9     |
| Mong Max                     | QP1   | 6        | 625            | 32.091 | 11.559   | 34        | 0     | 3.995 | 3.994   | 69    |
| Mong Min                     | QP12  | - 80     | 0              | 32.089 | - 0      | 1.909     | 0     | 3.636 | 3.565   | 9     |
| Mtorc Max                    | QP1   | 6        | 625            | 32.091 | 11.559   | 34        | 0     | 3.995 | 3.994   | 69    |
| Mtorc Min                    | QP12  | - 80     | 0              | 32.089 | - 0      | 1.909     | 0     | 3.636 | 3.565   | 9     |
|                              |       |          | Max Palificata | 32.091 |          |           | Max   | 4.064 |         | 70    |
|                              |       |          |                |        |          |           | Min   |       | 3.565   | 1     |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>20</b> |

**RIEPILOGO SOLLECITAZIONI**

**PILA P4 H=14m**

| Inviluppo reazioni vincolari |       |         |                |        |          |           |       |       |       |       |
|------------------------------|-------|---------|----------------|--------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Tipolog.                     | Nome  | Rx      | Ry             | Rz     | Mx       | My        | Mz    | N,max | N,min | Tmax  |
| Combo                        | Combo | (KN)    | (KN)           | (KN)   | (KNm)    | (KNm)     | (KNm) | (KN)  | (KN)  | (KN)  |
| <b>INVILUPPO: SLU</b>        |       |         |                |        |          |           |       |       |       |       |
| Nvert Max                    | SLU12 | 310     | 804            | 47.896 | 13.272   | - 5.755   | - 0   | 6.026 | 4.617 | 96    |
| Nvert Min                    | SLU14 | 344     | 804            | 37.148 | 13.272   | - 5.339   | 0     | 4.817 | 3.438 | 97    |
| Vtrasv Max                   | SLU3  | 368     | 603            | 43.592 | 9.954    | - 4.204   | 0     | 5.368 | 4.319 | 79    |
| Vtrasv Min                   | SLU4  | 273     | 603            | 44.480 | 9.954    | - 7.665   | 0     | 5.595 | 4.290 | 74    |
| Mtrasv Max                   | SLU5  | 350     | 804            | 46.416 | 13.272   | 3.394     | - 0   | 5.775 | 4.540 | 97    |
| Mtrasv Min                   | SLU6  | 283     | 804            | 46.467 | 13.272   | - 13.860  | 0     | 6.168 | 4.158 | 95    |
| Vlong Max                    | SLU7  | 367     | 804            | 43.730 | 13.272   | - 3.647   | 0     | 5.486 | 4.232 | 98    |
| Vlong Min                    | SLU4  | 273     | 603            | 44.480 | 9.954    | - 7.665   | 0     | 5.595 | 4.290 | 74    |
| Mong Max                     | SLU7  | 367     | 804            | 43.730 | 13.272   | - 3.647   | 0     | 5.486 | 4.232 | 98    |
| Mong Min                     | SLU4  | 273     | 603            | 44.480 | 9.954    | - 7.665   | 0     | 5.595 | 4.290 | 74    |
| Mtorc Max                    | SLU6  | 283     | 804            | 46.467 | 13.272   | - 13.860  | 0     | 6.168 | 4.158 | 95    |
| Mtorc Min                    | SLU24 | 310     | 804            | 41.866 | 13.272   | - 5.755   | - 0   | 5.356 | 3.947 | 96    |
|                              |       |         | Max Palificata | 47.896 |          |           | Max   | 6.168 |       | 98    |
| <b>INVILUPPO: SLV GR</b>     |       |         |                |        |          |           |       |       |       |       |
|                              |       |         |                |        |          |           | Min   |       | 3.438 | 74    |
| Nvert Max                    | SLV1  | 3.212   | 2.030          | 35.248 | 13.421   | - 38.925  | 36    | 5.855 | 1.978 | 422   |
| Nvert Min                    | SLV2  | 2.447   | 350            | 27.686 | 8.329    | - 25.508  | 29    | 4.329 | 1.823 | 275   |
| Vtrasv Max                   | SLV3  | 8.996   | 2.113          | 32.832 | 14.490   | - 101.750 | 104   | 7.953 | - 657 | 1.027 |
| Vtrasv Min                   | SLV4  | - 8.296 | 1.872          | 32.172 | 11.404   | 91.166    | - 96  | 7.374 | - 224 | 945   |
| Mtrasv Max                   | SLV4  | - 8.296 | 1.872          | 32.172 | 11.404   | 91.166    | - 96  | 7.374 | - 224 | 945   |
| Mtrasv Min                   | SLV3  | 8.996   | 2.113          | 32.832 | 14.490   | - 101.750 | 104   | 7.953 | - 657 | 1.027 |
| Vlong Max                    | SLV7  | 3.531   | 6.678          | 33.164 | 43.608   | - 45.262  | 39    | 6.976 | 393   | 839   |
| Vlong Min                    | SLV8  | 1.854   | 6.605          | 31.556 | - 42.673 | - 13.738  | 23    | 5.596 | 1.417 | 762   |
| Mong Max                     | SLV7  | 3.531   | 6.678          | 33.164 | 43.608   | - 45.262  | 39    | 6.976 | 393   | 839   |
| Mong Min                     | SLV8  | 1.854   | 6.605          | 31.556 | - 42.673 | - 13.738  | 23    | 5.596 | 1.417 | 762   |
| Mtorc Max                    | SLV11 | 6.222   | 2.113          | 34.219 | 14.490   | - 95.846  | 104   | 7.889 | - 284 | 730   |
| Mtorc Min                    | SLV12 | - 5.522 | 1.872          | 33.559 | 11.404   | 85.263    | - 96  | 7.309 | 149   | 648   |
|                              |       |         | Max Palificata | 35.248 |          |           | Max   | 7.953 |       | 1.027 |
| <b>INVILUPPO: SLE RA</b>     |       |         |                |        |          |           |       |       |       |       |
|                              |       |         |                |        |          |           | Min   |       | - 657 | 275   |
| Nvert Max                    | RA1   | 182     | 596            | 34.636 | 9.831    | - 7.121   | 0     | 4.112 | 3.848 | 69    |
| Vtrasv Max                   | RA3   | 195     | 447            | 31.400 | 7.373    | - 3.581   | 0     | 3.622 | 3.489 | 54    |
| Vtrasv Min                   | RA3   | 252     | 447            | 31.435 | 7.373    | - 2.578   | 0     | 3.588 | 3.493 | 57    |
| Vtrasv Min                   | RA4   | 182     | 447            | 32.093 | 7.373    | - 5.142   | 0     | 3.756 | 3.566 | 54    |
| Mtrasv Max                   | RA5   | 239     | 596            | 33.526 | 9.831    | 3.050     | - 0   | 3.838 | 3.725 | 71    |
| Mtrasv Min                   | RA6   | 189     | 596            | 33.564 | 9.831    | - 9.731   | 0     | 4.090 | 3.729 | 69    |
| Vlong Max                    | RA7   | 251     | 596            | 31.537 | 9.831    | - 2.166   | 0     | 3.584 | 3.504 | 72    |
| Vlong Min                    | RA4   | 182     | 447            | 32.093 | 7.373    | - 5.142   | 0     | 3.756 | 3.566 | 54    |
| Mong Max                     | RA7   | 251     | 596            | 31.537 | 9.831    | - 2.166   | 0     | 3.584 | 3.504 | 72    |
| Mong Min                     | RA4   | 182     | 447            | 32.093 | 7.373    | - 5.142   | 0     | 3.756 | 3.566 | 54    |
| Mtorc Max                    | RA6   | 189     | 596            | 33.564 | 9.831    | - 9.731   | 0     | 4.090 | 3.729 | 69    |
| Mtorc Min                    | RA12  | 209     | 596            | 34.623 | 9.831    | - 3.727   | - 0   | 3.985 | 3.847 | 70    |
|                              |       |         | Max Palificata | 34.636 |          |           | Max   | 4.112 |       | 72    |
| <b>INVILUPPO: SLE QP</b>     |       |         |                |        |          |           |       |       |       |       |
|                              |       |         |                |        |          |           | Min   |       | 3.489 | 54    |
| Nvert Max                    | QP1   | - 15    | 596            | 31.127 | 9.831    | 1.318     | 0     | 3.871 | 3.823 | 66    |
| Nvert Min                    | QP12  | 44      | 0              | 31.120 | 0        | 311       | 0     | 3.469 | 3.458 | 5     |
| Vtrasv Max                   | QP2   | 44      | 596            | 31.120 | 9.831    | 311       | 0     | 3.833 | 3.822 | 66    |
| Vtrasv Min                   | QP4   | - 15    | 0              | 31.127 | - 0      | 1.318     | 0     | 3.507 | 3.459 | 2     |
| Mtrasv Max                   | QP1   | - 15    | 596            | 31.127 | 9.831    | 1.318     | 0     | 3.871 | 3.823 | 66    |
| Mtrasv Min                   | QP12  | 44      | 0              | 31.120 | 0        | 311       | 0     | 3.469 | 3.458 | 5     |
| Vlong Max                    | QP2   | 44      | 596            | 31.120 | 9.831    | 311       | 0     | 3.833 | 3.822 | 66    |
| Vlong Min                    | QP4   | - 15    | 0              | 31.127 | - 0      | 1.318     | 0     | 3.507 | 3.459 | 2     |
| Mong Max                     | QP2   | 44      | 596            | 31.120 | 9.831    | 311       | 0     | 3.833 | 3.822 | 66    |
| Mong Min                     | QP4   | - 15    | 0              | 31.127 | - 0      | 1.318     | 0     | 3.507 | 3.459 | 2     |
| Mtorc Max                    | QP1   | - 15    | 596            | 31.127 | 9.831    | 1.318     | 0     | 3.871 | 3.823 | 66    |
| Mtorc Min                    | QP12  | 44      | 0              | 31.120 | 0        | 311       | 0     | 3.469 | 3.458 | 5     |
|                              |       |         | Max Palificata | 31.127 |          |           | Max   | 3.871 |       | 66    |
|                              |       |         |                |        |          |           | Min   |       | 3.458 | 2     |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>21</b> |

**RIEPILOGO SOLLECITAZIONI**

**PILA P5 H=9m**

| Inviluppo reazioni vincolari |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
|------------------------------|-------|---------|----------------|--------|----------|----------|-------|-------|-------|------|
| Tipolog.                     | Nome  | Rx      | Ry             | Rz     | Mx       | My       | Mz    | N,max | N,min | Tmax |
| Combo                        | Combo | (KN)    | (KN)           | (KN)   | (KNm)    | (KNm)    | (KNm) | (KN)  | (KN)  | (KN) |
| <b>INVILUPPO: SLU</b>        |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
| Nvert Max                    | SLU11 | 290     | 790            | 47.841 | 9.091    | - 5.213  | 0     | 5.845 | 4.786 | 94   |
| Nvert Min                    | SLU14 | 328     | 790            | 36.728 | 9.091    | - 4.020  | - 0   | 4.567 | 3.595 | 95   |
| Vtrasv Max                   | SLU3  | 343     | 593            | 44.201 | 6.818    | 207      | - 0   | 5.171 | 4.651 | 76   |
| Vtrasv Min                   | SLU4  | 246     | 593            | 44.725 | 6.818    | - 6.463  | - 0   | 5.461 | 4.478 | 71   |
| Mtrasv Max                   | SLU5  | 323     | 790            | 46.329 | 9.091    | 7.282    | - 0   | 5.754 | 4.541 | 95   |
| Mtrasv Min                   | SLU6  | 281     | 790            | 46.376 | 9.091    | - 16.381 | - 0   | 6.096 | 4.209 | 93   |
| Vlong Max                    | SLU7  | 252     | 790            | 45.380 | 9.091    | - 7.741  | - 0   | 5.666 | 4.419 | 92   |
| Vlong Min                    | SLU3  | 343     | 593            | 44.201 | 6.818    | 207      | - 0   | 5.171 | 4.651 | 76   |
| Mong Max                     | SLU7  | 252     | 790            | 45.380 | 9.091    | - 7.741  | - 0   | 5.666 | 4.419 | 92   |
| Mong Min                     | SLU3  | 343     | 593            | 44.201 | 6.818    | 207      | - 0   | 5.171 | 4.651 | 76   |
| Mtorc Max                    | SLU11 | 290     | 790            | 47.841 | 9.091    | - 5.213  | 0     | 5.845 | 4.786 | 94   |
| Mtorc Min                    | SLU24 | 308     | 790            | 38.005 | 9.091    | 529      | - 0   | 4.579 | 3.867 | 94   |
|                              |       |         | Max Palificata | 47.841 |          |          |       | Max   | 6.096 | 95   |
|                              |       |         |                |        |          |          |       | Min   | 3.595 | 71   |
| <b>INVILUPPO: SLV GR</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
| Nvert Max                    | SLV1  | 2.905   | 1.727          | 34.419 | 7.528    | - 26.963 | 63    | 5.102 | 2.547 | 376  |
| Nvert Min                    | SLV2  | 2.346   | 653            | 28.036 | 2.450    | - 17.115 | 54    | 3.840 | 2.390 | 271  |
| Vtrasv Max                   | SLV3  | 7.923   | 1.847          | 32.570 | 8.646    | - 63.968 | 181   | 6.308 | 929   | 904  |
| Vtrasv Min                   | SLV4  | - 6.972 | 1.502          | 31.471 | 5.434    | 51.608   | - 164 | 5.609 | 1.384 | 792  |
| Mtrasv Max                   | SLV4  | - 6.972 | 1.502          | 31.471 | 5.434    | 51.608   | - 164 | 5.609 | 1.384 | 792  |
| Mtrasv Min                   | SLV3  | 7.923   | 1.847          | 32.570 | 8.646    | - 63.968 | 181   | 6.308 | 929   | 904  |
| Vlong Max                    | SLV7  | 3.675   | 5.632          | 32.748 | 23.943   | - 37.245 | 76    | 5.905 | 1.372 | 747  |
| Vlong Min                    | SLV8  | 915     | - 5.528        | 31.139 | - 22.974 | 1.980    | 30    | 4.384 | 2.536 | 623  |
| Mong Max                     | SLV7  | 3.675   | 5.632          | 32.748 | 23.943   | - 37.245 | 76    | 5.905 | 1.372 | 747  |
| Mong Min                     | SLV8  | 915     | - 5.528        | 31.139 | - 22.974 | 1.980    | 30    | 4.384 | 2.536 | 623  |
| Mtorc Max                    | SLV11 | 5.148   | 1.847          | 33.957 | 8.646    | - 58.064 | 181   | 6.244 | 1.302 | 608  |
| Mtorc Min                    | SLV12 | - 4.198 | 1.502          | 32.858 | 5.434    | 45.704   | - 164 | 5.545 | 1.757 | 495  |
|                              |       |         | Max Palificata | 34.419 |          |          |       | Max   | 6.308 | 904  |
|                              |       |         |                |        |          |          |       | Min   | 929   | 271  |
| <b>INVILUPPO: SLE RA</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
| Nvert Max                    | RA1   | 195     | 586            | 34.618 | 6.734    | - 8.639  | - 0   | 4.166 | 3.846 | 69   |
| Vtrasv Max                   | RA3   | 244     | 439            | 31.111 | 5.050    | - 3.826  | - 0   | 3.598 | 3.457 | 56   |
| Vtrasv Min                   | RA3   | 251     | 439            | 31.885 | 5.050    | 545      | - 0   | 3.563 | 3.543 | 56   |
| Vtrasv Max                   | RA4   | 179     | 439            | 32.274 | 5.050    | - 4.396  | - 0   | 3.749 | 3.586 | 53   |
| Mtrasv Max                   | RA5   | 236     | 586            | 33.462 | 6.734    | 5.785    | - 0   | 3.932 | 3.718 | 70   |
| Mtrasv Min                   | RA6   | 205     | 586            | 33.496 | 6.734    | - 11.743 | - 0   | 4.157 | 3.722 | 69   |
| Vlong Max                    | RA7   | 183     | 586            | 32.759 | 6.734    | - 5.343  | - 0   | 3.838 | 3.640 | 68   |
| Vlong Min                    | RA3   | 251     | 439            | 31.885 | 5.050    | 545      | - 0   | 3.563 | 3.543 | 56   |
| Mong Max                     | RA7   | 183     | 586            | 32.759 | 6.734    | - 5.343  | - 0   | 3.838 | 3.640 | 68   |
| Mong Min                     | RA3   | 251     | 439            | 31.885 | 5.050    | 545      | - 0   | 3.563 | 3.543 | 56   |
| Mtorc Max                    | RA11  | 212     | 586            | 34.581 | 6.734    | - 3.470  | 0     | 3.971 | 3.842 | 69   |
| Mtorc Min                    | RA12  | 225     | 586            | 31.762 | 6.734    | 783      | - 0   | 3.558 | 3.529 | 70   |
|                              |       |         | Max Palificata | 34.618 |          |          |       | Max   | 4.166 | 70   |
|                              |       |         |                |        |          |          |       | Min   | 3.457 | 53   |
| <b>INVILUPPO: SLE QP</b>     |       |         |                |        |          |          |       |       |       |      |
| Nvert Max                    | QP1   | 199     | 586            | 30.885 | 6.734    | - 1.800  | - 0   | 3.748 | 3.681 | 69   |
| Nvert Min                    | QP12  | - 20    | 0              | 30.821 | 0        | 1.074    | - 0   | 3.464 | 3.425 | 2    |
| Vtrasv Max                   | QP1   | 199     | 586            | 30.885 | 6.734    | - 1.800  | - 0   | 3.748 | 3.681 | 69   |
| Vtrasv Min                   | QP12  | - 20    | 0              | 30.821 | 0        | 1.074    | - 0   | 3.464 | 3.425 | 2    |
| Mtrasv Max                   | QP5   | - 20    | 586            | 30.821 | 6.734    | 1.074    | - 0   | 3.714 | 3.674 | 65   |
| Mtrasv Min                   | QP6   | 199     | 0              | 30.885 | - 0      | - 1.800  | - 0   | 3.498 | 3.432 | 22   |
| Vlong Max                    | QP5   | - 20    | 586            | 30.821 | 6.734    | 1.074    | - 0   | 3.714 | 3.674 | 65   |
| Vlong Min                    | QP6   | 199     | 0              | 30.885 | - 0      | - 1.800  | - 0   | 3.498 | 3.432 | 22   |
| Mong Max                     | QP5   | - 20    | 586            | 30.821 | 6.734    | 1.074    | - 0   | 3.714 | 3.674 | 65   |
| Mong Min                     | QP6   | 199     | 0              | 30.885 | - 0      | - 1.800  | - 0   | 3.498 | 3.432 | 22   |
| Mtorc Max                    | QP1   | 199     | 586            | 30.885 | 6.734    | - 1.800  | - 0   | 3.748 | 3.681 | 69   |
| Mtorc Min                    | QP12  | - 20    | 0              | 30.821 | 0        | 1.074    | - 0   | 3.464 | 3.425 | 2    |
|                              |       |         | Max Palificata | 30.885 |          |          |       | Max   | 3.748 | 69   |
|                              |       |         |                |        |          |          |       | Min   | 3.425 | 2    |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>22</b> |

Nella tabella che segue si riportano le lunghezze dei pali, adottati per ogni pila, e le relative caratteristiche di resistenza, così come calcolate in precedenza.

**LUNGHEZZE E CAPACITA' DEI PALI**

| Pila  | Lp  | N.d [SLU] | N.st [SLU] | N.ii [SLE] |
|-------|-----|-----------|------------|------------|
|       | [m] | [kPa]     | [kPa]      | [kPa]      |
| 1 e 5 | 22  | 8.834     | - 4.819    | 6.677      |
| 3     | 36  | 16.169    | - 10.409   | 14.585     |
| 2 e 4 | 28  | 12.143    | - 7.211    | 10.061     |

Di seguito si riportano le caratteristiche delle sollecitazioni utilizzate per le verifiche a rottura in SLU e SLV e per le verifiche agli SLE, per ogni singola pila, nonché la stima dei coefficienti di sicurezza.

| RIEPILOGO SOLLECITAZIONI |        |       |       |      |      |
|--------------------------|--------|-------|-------|------|------|
| PILA P1 H=11.5m          |        |       |       |      |      |
| Inviluppo                | Rz.tot | N.max | N.min | Tmin | Tmax |
|                          | (kN)   | (KN)  | (KN)  | (KN) | (KN) |
| SLU                      | 45.345 | 5.715 | 3.270 | 85   | 107  |
| SLV GR                   | 34.123 | 6.373 | 614   | 393  | 843  |
| SLE RA                   | 32.943 | 3.846 | 3.344 | 54   | 77   |
| SLE QP                   | 29.417 | 3.569 | 3.263 | 0    | 64   |

| COEFFICIENTI DI SICUREZZA |      |           |      |            |      |
|---------------------------|------|-----------|------|------------|------|
| PILA P1 H=11.5m           |      |           |      |            |      |
| Nc,max                    | FS   | Nt,max    | FS   | N,max      | FS   |
| (SLU-SLV)                 |      | (SLU-SLV) |      | (SLE RARA) |      |
| (kN)                      |      | (kN)      |      | (kN)       |      |
| 6.373                     | 1,39 | 614       | N.A. | 3.846      | 1,77 |

| RIEPILOGO SOLLECITAZIONI |        |       |       |      |      |
|--------------------------|--------|-------|-------|------|------|
| PILA P2 H=14.5m          |        |       |       |      |      |
| Inviluppo                | Rz.tot | N.max | N.min | Tmin | Tmax |
|                          | (kN)   | (KN)  | (KN)  | (KN) | (KN) |
| SLU                      | 42.862 | 5.678 | 2.916 | 78   | 100  |
| SLV GR                   | 31.622 | 7.527 | - 987 | 256  | 924  |
| SLE RA                   | 31.205 | 3.757 | 3.108 | 56   | 73   |
| SLE QP                   | 27.707 | 3.469 | 3.078 | 2    | 65   |

| COEFFICIENTI DI SICUREZZA |      |           |      |            |      |
|---------------------------|------|-----------|------|------------|------|
| PILA P2 H=14.5m           |      |           |      |            |      |
| Nc,max                    | FS   | Nt,max    | FS   | N,max      | FS   |
| (SLU-SLV)                 |      | (SLU-SLV) |      | (SLE RARA) |      |
| (kN)                      |      | (kN)      |      | (kN)       |      |
| 7.527                     | 1,62 | - 987     | 7,41 | 3.757      | 2,72 |

| RIEPILOGO SOLLECITAZIONI |        |       |         |      |       |
|--------------------------|--------|-------|---------|------|-------|
| PILA P3 H=16m            |        |       |         |      |       |
| Inviluppo                | Rz.tot | N.max | N.min   | Tmin | Tmax  |
|                          | (kN)   | (KN)  | (KN)    | (KN) | (KN)  |
| SLU                      | 49.246 | 6.464 | 3.384   | 81   | 105   |
| SLV GR                   | 36.458 | 9.605 | - 2.064 | 335  | 1.184 |
| SLE RA                   | 35.630 | 4.236 | 3.631   | 58   | 76    |
| SLE QP                   | 32.091 | 4.064 | 3.565   | 1    | 70    |

| COEFFICIENTI DI SICUREZZA |      |           |      |            |      |
|---------------------------|------|-----------|------|------------|------|
| PILA P3 H=16m             |      |           |      |            |      |
| Nc,max                    | FS   | Nt,max    | FS   | N,max      | FS   |
| (SLU-SLV)                 |      | (SLU-SLV) |      | (SLE RARA) |      |
| (kN)                      |      | (kN)      |      | (kN)       |      |
| 9.605                     | 1,69 | - 2.064   | 5,09 | 4.236      | 3,48 |

| RIEPILOGO SOLLECITAZIONI |        |       |       |      |       |
|--------------------------|--------|-------|-------|------|-------|
| PILA P4 H=14m            |        |       |       |      |       |
| Inviluppo                | Rz.tot | N.max | N.min | Tmin | Tmax  |
|                          | (kN)   | (KN)  | (KN)  | (KN) | (KN)  |
| SLU                      | 47.896 | 6.168 | 3.438 | 74   | 98    |
| SLV GR                   | 35.248 | 7.953 | - 657 | 275  | 1.027 |
| SLE RA                   | 34.636 | 4.112 | 3.489 | 54   | 72    |
| SLE QP                   | 31.127 | 3.871 | 3.458 | 2    | 66    |

| COEFFICIENTI DI SICUREZZA |      |           |       |            |      |
|---------------------------|------|-----------|-------|------------|------|
| PILA P4 H=14m             |      |           |       |            |      |
| Nc,max                    | FS   | Nt,max    | FS    | N,max      | FS   |
| (SLU-SLV)                 |      | (SLU-SLV) |       | (SLE RARA) |      |
| (kN)                      |      | (kN)      |       | (kN)       |      |
| 7.953                     | 1,53 | - 657     | 11,12 | 4.112      | 2,48 |

|  |  |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                 |           |           |                     |
|--|--|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------|-----------|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HY</b> pro<br><small>S.p.A.</small> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                 |           |           |                     |
|  |  | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV</b> | <b>01</b> | <b>03</b> | PROGR<br><b>001</b> |

| RIEPILOGO SOLLECITAZIONI    |                |                             |               |                             |              |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|
| PILA P5 H=9m                |                |                             |               |                             |              |
| Inviluppo                   | Rz.tot<br>(kN) | N.max<br>(kN)               | N.min<br>(kN) | Tmin<br>(kN)                | Tmax<br>(kN) |
| SLU                         | 47.841         | 6.096                       | 3.595         | 71                          | 95           |
| SLV GR                      | 34.419         | 6.308                       | 929           | 271                         | 904          |
| SLE RA                      | 34.618         | 4.166                       | 3.457         | 53                          | 70           |
| SLE QP                      | 30.885         | 3.748                       | 3.425         | 2                           | 69           |
|                             |                |                             |               |                             |              |
| COEFFICIENTI DI SICUREZZA   |                |                             |               |                             |              |
| PILA P5 H=9m                |                |                             |               |                             |              |
| Nc,max<br>(SLU-SLV)<br>(kN) | FS             | Nt,max<br>(SLU-SLV)<br>(kN) | FS            | N,max<br>(SLE RARA)<br>(kN) | FS           |
| 6.308                       | 1,41           | 929                         | N.A.          | 4.166                       | 1,64         |

Considerando la natura principalmente incoerente dei terreni di fondazione si omette la verifica globale della palificata.



|  |                          |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |
|--|--------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |
|  |                          | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> | PROGR<br><b>001</b> |

## 5.2 PALI DI FONDAZIONE DELLE PILE: CAPACITA' PORTANTE TRASVERSALE

|  |              |           |  |                    |                      |
|--|--------------|-----------|--|--------------------|----------------------|
| <b>VIADOTTO IV01 - PILE P1 e P5</b><br><b>Verifica palo D= 1500mm - L = 22 m</b>       |              |           | rif.: "FONDAZIONI" - Carlo Viggiani<br>rif.: "PROVE GEOTECNICHE IN SITU" - Alberto Bruschi |                    |                      |
| <b>Dati del palo</b>   |              |           | <b>Terreni</b>   |                    |                      |
| diametro   | 1500         | mm        | fusto  | $\gamma_t$         | 19,5 kPa             |
| L  | 22           | m         |  | $\phi'$            | 35 (°)               |
| Ecls =   | 3,00E+07     | kPa       |  | Es.(z=0)           | 50.000 kPa           |
|  |              |           |  | Es.(z=L)           | 150.000 kPa          |
|  |              |           |  | v                  | 0,2                  |
| <b>Dati della palificata</b>   |              |           | base   | $\gamma_t$         | 19,5 kN/mc           |
| n° di file   | 3            |           |  | $\phi'$            | 35 (°)               |
| n° pali per fila   | 3            |           |  | Eb                 | 800.000 kPa          |
| i/D  | 3            |           |  | v                  | 0,2                  |
|  |              |           |  | Go/G =             | 2,00                 |
|  |              |           |  | E0 (basse deform.) | 800.000 kPa          |
| <b>Calcolo Carico Limite Orizzontale - Terreni Incoerenti - Palo bloccato in testa</b> |              |           |  |                    |                      |
| My =   | 5.425        | kNm       | (vedi calcolo riportato di lato)   |                    |                      |
| <b>Palo CORTO</b>  |              |           | <b>Palo INTERMEDIO</b>   |                    | <b>Palo LUNGO</b>    |
| kp <sub>fusto,med</sub> =  | 3,69         |           | H/(kp <sub>y</sub> d <sup>3</sup> )  | 109                |                      |
| H =  | 78.363       | kN        | H =  | 26.367             | kN                   |
| H/(kp <sub>y</sub> d <sup>3</sup> )  | 323          |           | f =  | 12,76              | m                    |
| Mmax =   | 1.149.319    | kNm       | Mmax =   | 224.326            | kNm                  |
| <b>NO PALO CORTO</b>   |              |           | <b>NO PALO INERMEDIO</b>   |                    | <b>OK PALO LUNGO</b> |
| <b>Hlim =</b>  | <b>3.501</b> | <b>kN</b> |  |                    |                      |
| $\xi$  | 1,45         |           | Hk =   | 2.414,75           |                      |
| $\gamma_t$   | 1,30         |           | Hd =   | 1.857,50           |                      |
|  |              |           |  | coeffic.. Gruppo   | 0,80                 |
|  |              |           |  | H'd = Hd * 0,80 =  | <b>1.486</b> kN      |

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018

Titolo: \_\_\_\_\_

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]  
 Raggio interno: \_\_\_\_\_ [cm]  
 N° barre uguali: 36  
 Diametro barre: 3 [cm]  
 Copriferro (baric.): 10 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17 ‰  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

M<sub>xRd</sub>: 5,425 kNm

$\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3,5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 9,067 ‰  
 d: 140 cm  
 x: 38,99 x/d: 0,2785  
 $\delta$ : 0,7881

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.  
 DXF

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>25</b> |

**VIADOTTO IV01 - PILA 2 e P4**

rif.: "FONDAZIONI" - Carlo Viggiani

**Verifica palo D= 1500mm - L = 28 m**

rif.: "PROVE GEOTECNICHE IN SITU" - Alberto Bruschi

| Dati del palo         |          |     | Terreni |                    |             |
|-----------------------|----------|-----|---------|--------------------|-------------|
| diametro              | 1500     | mm  | fusto   | $\gamma_t$         | 19,5 kPa    |
| L                     | 28       | m   |         | $\phi'$            | 35 (°)      |
| Ecls =                | 3,00E+07 | kPa |         | Es.(z=0)           | 50.000 kPa  |
|                       |          |     |         | Es.(z=L)           | 150.000 kPa |
|                       |          |     |         | v                  | 0,2         |
| Dati della palificata |          |     | base    | $\gamma_t$         | 19,5 kN/mc  |
| n° di file            | 3        |     |         | $\phi'$            | 35 (°)      |
| n° pali per fila      | 3        |     |         | Eb                 | 800.000 kPa |
| i/D                   | 3        |     |         | v                  | 0,2         |
|                       |          |     |         | Go/G =             | 2,00        |
|                       |          |     |         | E0 (basse deform.) | 800.000 kPa |

**Calcolo Carico Limite Orizzontale - Terreni Incoerenti - Palo bloccato in testa**

|   |                 |                                  |   |             |   |
|---|-----------------|----------------------------------|---|-------------|---|
| My =  | 7.739 kNm       | (vedi calcolo riportato di lato) |   |             |   |
| <b>Palo CORTO</b>                           |                 |                                  | <b>Palo INTERMEDIO</b>                      |             | <b>Palo LUNGO</b>                                 |
| k <sub>f</sub> fusto,med =                  | 3,69            |                                  | H/(k <sub>p</sub> $\gamma$ d <sup>3</sup> ) | 175         |   |
| H =   | 126.935 kN      |                                  | H =   | 42.588 kN   | Hu/(k <sub>p</sub> $\gamma$ d <sup>3</sup> ) = 18 |
| H/(k <sub>p</sub> $\gamma$ d <sup>3</sup> ) | 523             |                                  | f =   | 16,22 m     | H = <b>4.437</b> kN                               |
| Mmax =                                      | 2.369.445 kNm   |                                  | Mmax =                                      | 460.475 kNm | f = 5,23 m  |
| <b>NO PALO CORTO</b>                        |                 |                                  | <b>NO PALO INERMEDIO</b>                    |             | <b>OK PALO LUNGO</b>                              |
| <b>Hlim =</b>                               | <b>4.437 kN</b> |                                  |   |             |   |
| $\xi$                                       | 1,45            |                                  | Hk =  | 3.060,06    |   |
| $\gamma_t$                                  | 1,30            |                                  | Hd =  | 2.353,89    | coeffic.. Gruppo = 0,80                           |
|   |                 |                                  |   |             | H'd = Hd * 0,80 = <b>1.883</b> kN                 |

**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 75 [cm]
- Raggio interno: [ ] [cm]
- N° barre uguali: 54
- Diametro barre: 3 [cm]
- Copriferro [baric.]: 10 [cm]

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**P.to applicazione N**

Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Materiali**

B450C C25/30

$E_{su}$ : 67,5 %  $E_{c2}$ : 2 %  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $E_{cu}$ : 3,5 %  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17 %  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8 ?  
 $E_{syd}$ : 1.957 %  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 %  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

**Calcolo**

M<sub>xRd</sub>: 7.739 kNm  
 $\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3,5 %  
 $\epsilon_s$ : 7,368 %  
d: 140 cm  
x: 45,09 x/d: 0,322  
 $\delta$ : 0,8426

**Metodo di calcolo**

S.L.U. S.L.U. Metodo n

**Tipo flessione**

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>26</b> |

**VIADOTTO IV01 - PILA 3**

Verifica palo **D= 1500mm - L = 36 m**

rif.: "FONDAZIONI" - Carlo Viggiani

rif.: "PROVE GEOTECNICHE IN SITU" - Alberto Bruschi

| Dati del palo         |          |     | Terreni |                    |             |
|-----------------------|----------|-----|---------|--------------------|-------------|
| diametro              | 1500     | mm  | fusto   | $\gamma_t$         | 19,5 kPa    |
| L                     | 36       | m   |         | $\phi'$            | 35 (°)      |
| Ecls =                | 3,00E+07 | kPa |         | Es.(z=0)           | 50.000 kPa  |
|                       |          |     |         | Es.(z=L)           | 150.000 kPa |
|                       |          |     |         | v                  | 0,2         |
| Dati della palificata |          |     | base    | $\gamma_t$         | 19,5 kN/mc  |
| n° di file            | 3        |     |         | $\phi'$            | 35 (°)      |
| n° pali per fila      | 3        |     |         | Eb                 | 800.000 kPa |
| i/D                   | 3        |     |         | v                  | 0,2         |
|                       |          |     |         | Go/G =             | 2,00        |
|                       |          |     |         | E0 (basse deform.) | 800.000 kPa |

**Calcolo Carico Limite Orizzontale - Terreni Incoerenti - Palo bloccato in testa**

|                                  |                 |                                  |             |                                   |                 |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------|
| My =                             | 9.828 kNm       | (vedi calcolo riportato di lato) |             |                                   |                 |
| <b>Palo CORTO</b>                |                 | <b>Palo INTERMEDIO</b>           |             | <b>Palo LUNGO</b>                 |                 |
| kP <sub>fusto,med</sub> =        | 3,69            | H/(k <sub>p</sub> $\gamma_d^3$ ) | 289         |                                   |                 |
| H =                              | 209.831 kN      | H =                              | 70.217 kN   | Hu/(k <sub>p</sub> $\gamma_d^3$ ) | 21              |
| H/(k <sub>p</sub> $\gamma_d^3$ ) | 864             | f =                              | 20,83 m     | H =                               | <b>5.203</b> kN |
| Mmax =                           | 5.035.934 kNm   | Mmax =                           | 974.846 kNm | f =                               | 5,67 m          |
| <b>NO PALO CORTO</b>             |                 | <b>NO PALO INTERMEDIO</b>        |             | <b>OK PALO LUNGO</b>              |                 |
| <b>Hlim =</b>                    | <b>5.203 kN</b> |                                  |             |                                   |                 |
| $\xi$                            | 1,45            | Hk =                             | 3.588,53    | coeffic.. Gruppo                  | 0,80            |
| $\gamma_t$                       | 1,30            | Hd =                             | 2.760,41    | H'd = Hd * 0,80 =                 | <b>2.208</b> kN |

**Verifica C.A. S.L.U. - File**

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2018

**Titolo:** [ ]

**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 75 [cm]
- Raggio interno: [ ] [cm]
- N° barre uguali: 71
- Diametro barre: 3 [cm]
- Copriferro [baric.]: 10 [cm]

**Sollecitazioni**

S.L.U. | Metodo n

N<sub>Ed</sub>: [ ] kN  
M<sub>xEd</sub>: [ ] kNm  
M<sub>yEd</sub>: [ ] kNm

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm]

xN: [0]  
yN: [0]

**Materiali**

B450C | C25/30

$E_{su}$ : 67,5 %  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15  
 $E_{syd}$ : 1.957 %  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>

$E_{c2}$ : 2 %  
 $E_{cu}$ : 3,5 %  
 $f_{cd}$ : 14,17  
 $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $T_{co}$ : 0,6  
 $T_{c1}$ : 1,829

**Calcolo**

M<sub>xRd</sub>: 9.828 kNm

$\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3,5 %  
 $\epsilon_s$ : 6,466 %  
d: 139,9 cm  
x: 49,15 x/d: 0,3512  
 $\delta$ : 0,879

**Tipo Sezione**

Rettang.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.  
 DXF

**Metodo di calcolo**

S.L.U. +  S.L.U. -  
 Metodo n

**Tipo flessione**

Betta  Deviato

Vertici: 52 | N° rett.: 100

Calcola MRd | Dominio M-N

L<sub>0</sub>: [0] cm | Col. modello

M-curvatura

Precompresso

|  |                          |   |           |          |           |           |           |           |                    |            |          |           |
|--|--------------------------|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |           |          |           |           |           |           |                    |            |          |           |
|  |                          | <b>Relazione di calcolo</b>   |           | COMMESSA | LOTTO     | FASE      | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |            |          | PROGR     |
| <b>fondazioni</b>  |                          | <b>LI0B</b>   | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b> | <b>01</b> | <b>03</b>          | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>27</b> |

Di seguito si riepilogano, per ogni pila, i carichi orizzontali resistenti dei pali, le massime azioni agenti e i coefficienti di sicurezza:

| H.d   | T.max |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    |
| [kPa] | [kPa] | [kPa] | [kPa] | [kPa] | [kPa] |
| 1.486 | 843   |       |       |       | 904   |
| 1.883 |       |       | 1.184 |       |       |
| 2.208 |       | 924   |       | 1.027 |       |
| FS    | 1,76  | 2,39  | 1,59  | 2,15  | 1,64  |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>28</b> |

**5.3 VERIFICA STRUTTURALE DEL SINGOLO PALO**

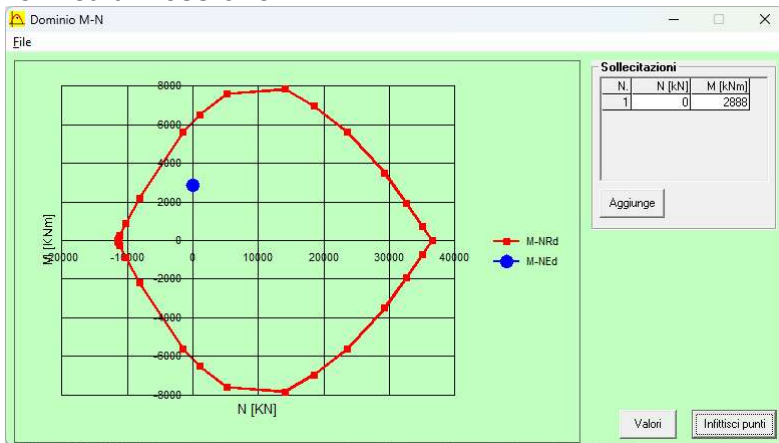
**PALO PILA**

Di seguito si riporta la verifica strutturale del palo per le sollecitazioni massime in esercizio:

T.max = 1169 kN      M.max = 2888 kNm

L'armatura longitudinale è costituita da 39Φ30 mentre l'armatura a taglio è costituita da una spirale Φ10/15 cm.

**Verifica a Flessione.**



**Verifica a taglio.**

**4.1.2.1.3.2 Elementi CON armature trasversali resistenti al taglio**

|  |  |                 |                             |                     |
|--|--|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| V.Ed =   |  | <b>1169</b>     | <i>kN</i>                   |                     |
| deve risultare   | V.Rd > V.Ed  |                 | <i>(4.1.2.1.3.2 NTC)</i>    |                     |
| dove:  |  |                 |                             |                     |
| V.Rd = min (V.Rsd; V.Rcd)  |  |                 |                             |                     |
| V.Rsd = 0,9*d*A <sub>sw</sub> /s * f <sub>yd</sub> ((ctg(alfa)+ctg(teta))*sen(alfa))   |  |                 |                             | <i>[4.1.18 NTC]</i> |
| V.Rcd = 0,9*d * b <sub>w</sub> * alfa.c * F'cd ((ctg(alfa)+ctg(teta))/(1+ctg(teta))^2) |  |                 |                             | <i>[4.1.19 NTC]</i> |
| <b>d (mm)</b>  | <b>alfa (°)</b>                                    | <b>teta (°)</b> | <b>alfa.c (cautelativo)</b> | <b>fcd=50%*fcd</b>  |
| 1.279  | 45   | <b>21,81</b>    | 1                           | 8,30                |
| 1 ≤ ctg teta ≤ 2,5   | 2,50   | ok              |                             |                     |
| V.Rsd  | 1.681  | <i>kN</i>       |                             |                     |
| V.Rcd  | 6.136  | <i>kN</i>       |                             |                     |
| V.rd=min(V.Rsd;V.R.cd)   | <b>1.681</b>                                       | <i>kN</i>       |                             | <i>[4.1.20 NTC]</i> |
| V.Rd > V.Ed  | ok   |                 |                             |                     |
| <b>Calcolo armature trasversali</b>  | si utilizzano staffe / sagomati - d = <b>12</b> mm |                 |                             |                     |
|  |  | bracci / n.     | <b>2</b>                    |                     |
|  |  | passo (s)       | <b>150</b>                  | mm                  |
| Asw  | 226,19   | mmq             |                             |                     |
| Asw.min (50%di V.Ed)>Asw   | 78,65  | ok              |                             |                     |
| V per le arm. longit.appoggio  | 1.687  | ok              |                             |                     |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>29</b> |

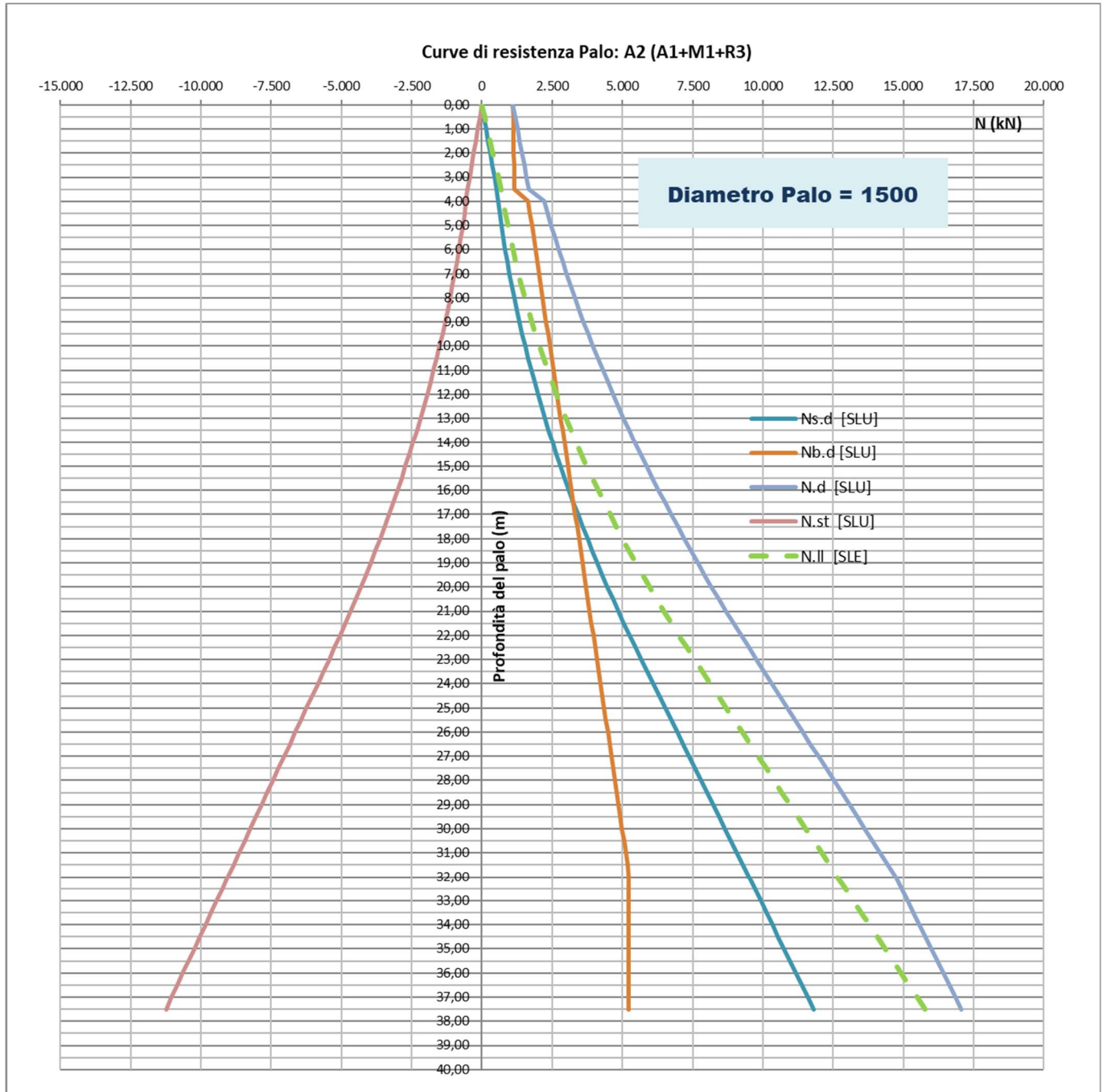
**5.4 PALI DI FONDAZIONE DELLE SPALLE: CAPACITA' PORTANTE VERTICALE**

Nelle immagini che seguono, si riportano le caratteristiche di portanza verticale per la tipologia strutturale del palo di progetto, del modello geotecnico adottato e dei criteri di calcolo, il tutto come specificato nei paragrafi che precedono.

| z dal p.c. |       | z testa palo     |            | altezza terreno p.c. - testa palo 2,5 m<br>altezza falda da p.c. 6 m |                |            |         |                | [*] Gwizdala (1984)        |       |         |        |            |        |            |            |           |            |            |       |
|------------|-------|------------------|------------|--|----------------|------------|---------|----------------|----------------------------|-------|---------|--------|------------|--------|------------|------------|-----------|------------|------------|-------|
| z          | z     | Unità geotecnica | $\gamma t$ | $\phi'$  | $\sigma'_{vz}$ | $\gamma_w$ | u       | $\sigma'_{vz}$ | $\phi_{punta} = \phi' - 4$ | Nq    | Cu      | Ns.lim | Nb.lim [*] | N.lim  | Ns.d [SLU] | Nb.d [SLU] | N.d [SLU] | N.st [SLU] | N.ii [SLE] |       |
| (m)        | (m)   | (kN/mc)          | (°)        | (kN/mq)  | (kN/mc)        | (kN/mq)    | (kN/mq) | (kN/mq)        |                            |       | (kN/mq) | (kN)   | (kN)       | (kN)   | (kN)       | (kN)       | (kN)      | (kN)       | (kN)       |       |
| 2,50       | -     | CGC2             | 19,50      | 35   | 48,75          | -          | -       | 48,75          | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | -      | 2.154      | 2.154  | -          | 1.100      | 1.100     | -          | -          |       |
| 3,00       | 0,50  | CGC2             | 19,50      | 35   | 58,50          | -          | -       | 58,50          | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | 123    | 2.171      | 2.293  | 73         | 1.109      | 1.183     | -          | 72         | 98    |
| 3,50       | 1,00  | CGC2             | 19,50      | 35   | 68,25          | -          | -       | 68,25          | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | 245    | 2.188      | 2.433  | 147        | 1.118      | 1.265     | -          | 145        | 196   |
| 4,00       | 1,50  | CGC2             | 19,50      | 35   | 78,00          | -          | -       | 78,00          | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | 368    | 2.205      | 2.573  | 220        | 1.127      | 1.347     | -          | 217        | 294   |
| 4,50       | 2,00  | CGC2             | 19,50      | 35   | 87,75          | -          | -       | 87,75          | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | 490    | 2.223      | 2.713  | 294        | 1.135      | 1.429     | -          | 290        | 392   |
| 5,00       | 2,50  | CGC2             | 19,50      | 35   | 97,50          | -          | -       | 97,50          | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | 613    | 2.240      | 2.852  | 367        | 1.144      | 1.512     | -          | 362        | 490   |
| 5,50       | 3,00  | CGC2             | 19,50      | 35   | 107,25         | -          | -       | 107,25         | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | 735    | 2.257      | 2.992  | 441        | 1.153      | 1.594     | -          | 435        | 588   |
| 6,00       | 3,50  | CGC2             | 19,50      | 35   | 117,00         | -          | -       | 117,00         | 31,00                      | 20,63 | 130,00  | 858    | 2.274      | 3.132  | 514        | 1.162      | 1.676     | -          | 507        | 686   |
| 6,50       | 4,00  | SSR              | 19,50      | 35   | 126,75         | 10,00      | 5,00    | 121,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 947    | 3.227      | 4.174  | 568        | 1.649      | 2.217     | -          | 561        | 758   |
| 7,00       | 4,50  | SSR              | 19,50      | 35   | 136,50         | 10,00      | 10,00   | 126,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.044  | 3.353      | 4.397  | 626        | 1.713      | 2.339     | -          | 620        | 835   |
| 7,50       | 5,00  | SSR              | 19,50      | 35   | 146,25         | 10,00      | 15,00   | 131,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.147  | 3.479      | 4.626  | 688        | 1.777      | 2.465     | -          | 681        | 918   |
| 8,00       | 5,50  | SSR              | 19,50      | 35   | 156,00         | 10,00      | 20,00   | 136,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.257  | 3.605      | 4.862  | 754        | 1.842      | 2.596     | -          | 747        | 1.006 |
| 8,50       | 6,00  | SSR              | 19,50      | 35   | 165,75         | 10,00      | 25,00   | 140,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.375  | 3.731      | 5.105  | 824        | 1.906      | 2.730     | -          | 817        | 1.100 |
| 9,00       | 6,50  | SSR              | 19,50      | 35   | 175,50         | 10,00      | 30,00   | 145,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.499  | 3.857      | 5.355  | 899        | 1.970      | 2.869     | -          | 890        | 1.199 |
| 9,50       | 7,00  | SSR              | 19,50      | 35   | 185,25         | 10,00      | 35,00   | 150,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.630  | 3.983      | 5.612  | 977        | 2.035      | 3.012     | -          | 967        | 1.304 |
| 10,00      | 7,50  | SSR              | 19,50      | 35   | 195,00         | 10,00      | 40,00   | 155,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.767  | 4.109      | 5.876  | 1.060      | 2.099      | 3.159     | -          | 1.048      | 1.414 |
| 10,50      | 8,00  | SSR              | 19,50      | 35   | 204,75         | 10,00      | 45,00   | 159,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 1.912  | 4.235      | 6.147  | 1.147      | 2.163      | 3.310     | -          | 1.133      | 1.530 |
| 11,00      | 8,50  | SSR              | 19,50      | 35   | 214,50         | 10,00      | 50,00   | 164,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 2.064  | 4.360      | 6.424  | 1.238      | 2.228      | 3.465     | -          | 1.221      | 1.651 |
| 11,50      | 9,00  | SSR              | 19,50      | 35   | 224,25         | 10,00      | 55,00   | 169,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 2.222  | 4.486      | 6.709  | 1.333      | 2.292      | 3.625     | -          | 1.314      | 1.778 |
| 12,00      | 9,50  | SSR              | 19,50      | 35   | 234,00         | 10,00      | 60,00   | 174,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 2.388  | 4.612      | 7.000  | 1.432      | 2.356      | 3.788     | -          | 1.410      | 1.910 |
| 12,50      | 10,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 243,75         | 10,00      | 65,00   | 178,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 2.560  | 4.738      | 7.298  | 1.535      | 2.421      | 3.956     | -          | 1.510      | 2.048 |
| 13,00      | 10,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 253,50         | 10,00      | 70,00   | 183,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 2.739  | 4.864      | 7.603  | 1.643      | 2.485      | 4.127     | -          | 1.613      | 2.191 |
| 13,50      | 11,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 263,25         | 10,00      | 75,00   | 188,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 2.925  | 4.990      | 7.915  | 1.754      | 2.549      | 4.303     | -          | 1.721      | 2.340 |
| 14,00      | 11,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 273,00         | 10,00      | 80,00   | 193,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 3.118  | 5.116      | 8.234  | 1.870      | 2.613      | 4.483     | -          | 1.832      | 2.495 |
| 14,50      | 12,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 282,75         | 10,00      | 85,00   | 197,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 3.318  | 5.242      | 8.560  | 1.990      | 2.678      | 4.668     | -          | 1.947      | 2.654 |
| 15,00      | 12,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 292,50         | 10,00      | 90,00   | 202,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 3.525  | 5.368      | 8.893  | 2.114      | 2.742      | 4.856     | -          | 2.066      | 2.820 |
| 15,50      | 13,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 302,25         | 10,00      | 95,00   | 207,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 3.738  | 5.494      | 9.232  | 2.242      | 2.806      | 5.048     | -          | 2.189      | 2.991 |
| 16,00      | 13,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 312,00         | 10,00      | 100,00  | 212,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 3.959  | 5.620      | 9.579  | 2.374      | 2.871      | 5.245     | -          | 2.315      | 3.167 |
| 16,50      | 14,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 321,75         | 10,00      | 105,00  | 216,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 4.186  | 5.745      | 9.932  | 2.511      | 2.935      | 5.446     | -          | 2.446      | 3.349 |
| 17,00      | 14,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 331,50         | 10,00      | 110,00  | 221,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 4.421  | 5.871      | 10.292 | 2.651      | 2.999      | 5.651     | -          | 2.580      | 3.537 |
| 17,50      | 15,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 341,25         | 10,00      | 115,00  | 226,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 4.662  | 5.997      | 10.659 | 2.796      | 3.064      | 5.860     | -          | 2.718      | 3.730 |
| 18,00      | 15,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 351,00         | 10,00      | 120,00  | 231,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 4.910  | 6.123      | 11.033 | 2.945      | 3.128      | 6.073     | -          | 2.860      | 3.928 |
| 18,50      | 16,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 360,75         | 10,00      | 125,00  | 235,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 5.165  | 6.249      | 11.414 | 3.097      | 3.192      | 6.290     | -          | 3.005      | 4.132 |
| 19,00      | 16,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 370,50         | 10,00      | 130,00  | 240,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 5.427  | 6.375      | 11.802 | 3.255      | 3.257      | 6.511     | -          | 3.155      | 4.342 |
| 19,50      | 17,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 380,25         | 10,00      | 135,00  | 245,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 5.696  | 6.501      | 12.197 | 3.416      | 3.321      | 6.737     | -          | 3.308      | 4.557 |
| 20,00      | 17,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 390,00         | 10,00      | 140,00  | 250,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 5.971  | 6.627      | 12.598 | 3.581      | 3.385      | 6.966     | -          | 3.465      | 4.777 |
| 20,50      | 18,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 399,75         | 10,00      | 145,00  | 254,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 6.254  | 6.753      | 13.007 | 3.751      | 3.450      | 7.200     | -          | 3.625      | 5.003 |
| 21,00      | 18,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 409,50         | 10,00      | 150,00  | 259,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 6.543  | 6.879      | 13.422 | 3.924      | 3.514      | 7.438     | -          | 3.790      | 5.235 |
| 21,50      | 19,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 419,25         | 10,00      | 155,00  | 264,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 6.840  | 7.005      | 13.844 | 4.102      | 3.578      | 7.680     | -          | 3.958      | 5.472 |
| 22,00      | 19,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 429,00         | 10,00      | 160,00  | 269,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 7.143  | 7.130      | 14.273 | 4.284      | 3.643      | 7.926     | -          | 4.131      | 5.714 |
| 22,50      | 20,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 438,75         | 10,00      | 165,00  | 273,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 7.453  | 7.256      | 14.710 | 4.470      | 3.707      | 8.177     | -          | 4.306      | 5.963 |
| 23,00      | 20,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 448,50         | 10,00      | 170,00  | 278,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 7.770  | 7.382      | 15.152 | 4.660      | 3.771      | 8.431     | -          | 4.486      | 6.216 |
| 23,50      | 21,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 458,25         | 10,00      | 175,00  | 283,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 8.094  | 7.508      | 15.602 | 4.854      | 3.836      | 8.690     | -          | 4.670      | 6.475 |
| 24,00      | 21,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 468,00         | 10,00      | 180,00  | 288,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 8.425  | 7.634      | 16.059 | 5.052      | 3.900      | 8.952     | -          | 4.857      | 6.740 |
| 24,50      | 22,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 477,75         | 10,00      | 185,00  | 292,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 8.763  | 7.760      | 16.523 | 5.255      | 3.964      | 9.219     | -          | 5.048      | 7.010 |
| 25,00      | 22,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 487,50         | 10,00      | 190,00  | 297,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 9.107  | 7.886      | 16.993 | 5.462      | 4.029      | 9.490     | -          | 5.243      | 7.286 |
| 25,50      | 23,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 497,25         | 10,00      | 195,00  | 302,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 9.459  | 8.012      | 17.471 | 5.672      | 4.093      | 9.765     | -          | 5.442      | 7.567 |
| 26,00      | 23,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 507,00         | 10,00      | 200,00  | 307,00         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 9.812  | 8.138      | 17.950 | 5.884      | 4.157      | 10.042    | -          | 5.642      | 7.850 |
| 26,50      | 24,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 516,75         | 10,00      | 205,00  | 311,75         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 10.166 | 8.264      | 18.429 | 6.096      | 4.222      | 10.318    | -          | 5.842      | 8.132 |
| 27,00      | 24,50 | SSR              | 19,50      | 35   | 526,50         | 10,00      | 210,00  | 316,50         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 10.519 | 8.390      | 18.909 | 6.308      | 4.286      | 10.594    | -          | 6.042      | 8.415 |
| 27,50      | 25,00 | SSR              | 19,50      | 35   | 536,25         | 10,00      | 215,00  | 321,25         | 31,00                      | 20,63 | 0,00    | 10.872 | 8.515      | 19.388 | 6.520      | 4.350      | 10.870    | -          | 6.242      | 8.698 |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

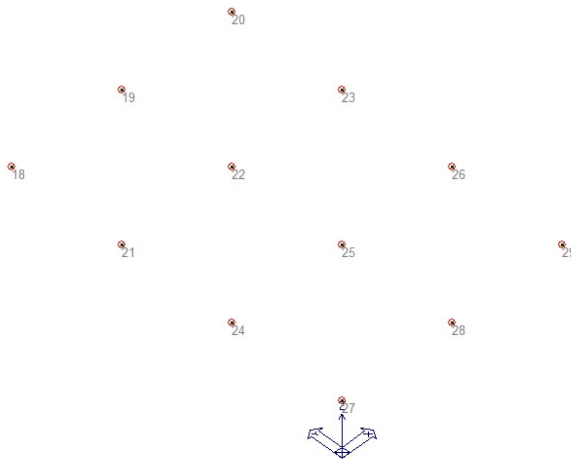
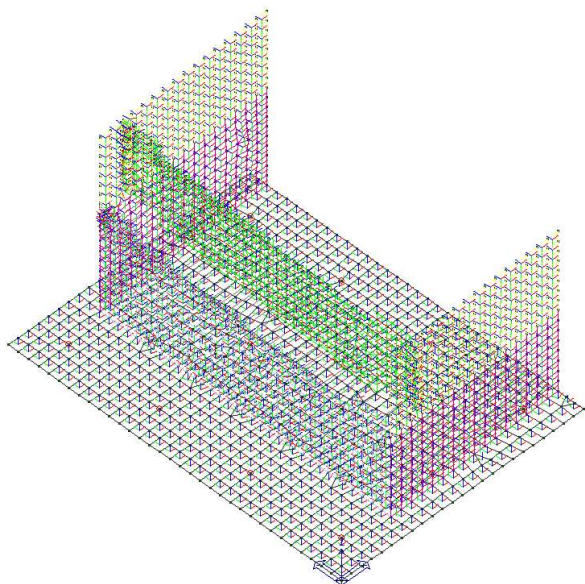
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>30</b> |



Di seguito invece le sollecitazioni di calcolo all'estradosso fondazione e sul singolo palo, desunte dalle analisi strutturali:

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>31</b> |



| Combinazione  | Palo | Fx [kN] | Fy [kN] | Fz [kN]  | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|---|------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| <b>SLU Fx (Max);<br/>SLU My (Min)<br/>(combo SLU18)</b>                   |      |         |         |          |          |          |          |
|   | 18   | -884,33 | 27,37   | -5892,12 | 120,98   | 1730,66  | 0        |
|   | 19   | -786,54 | 37,82   | -6101,35 | 94,97    | 1407,56  | 0        |
|   | 20   | -728,06 | 43,89   | -5627,08 | 44,94    | 1221,34  | 0        |
|   | 21   | -827,75 | -4,90   | -6174,70 | 21,70    | 1602,97  | 0        |
|   | 22   | -741,52 | 26,08   | -6302,31 | 73,13    | 1316,22  | 0        |
|   | 23   | -680,47 | 57,93   | -5753,93 | 127,73   | 1117,29  | 0        |
|   | 24   | -794,32 | -59,90  | -6166,77 | -146,68  | 1540,22  | 0        |
|   | 25   | -706,31 | -32,58  | -6281,65 | -96,80   | 1246,57  | 0        |
|   | 26   | -648,23 | -3,18   | -5721,05 | -42,41   | 1057,26  | 0        |
|   | 27   | -784,02 | -92,06  | -5859,06 | -245,06  | 1538,42  | 0        |
|   | 28   | -679,79 | -46,14  | -6010,61 | -123,02  | 1196,89  | 0        |
|   | 29   | -626,25 | 8,09    | -5502,43 | 30,39    | 1029,53  | 0        |
| <b>SLU Fx (Min);<br/>SLU Fy (Min);<br/>SLU Mx (Min)<br/>(combo SLU14)</b> |      |         |         |          |          |          |          |
|   | 18   | -889,11 | 26,19   | -6404,26 | 76,90    | 1728,18  | 0        |
|   | 19   | -774,00 | 39,97   | -6501,31 | 58,03    | 1348,80  | 0        |
|   | 20   | -715,46 | 52,16   | -5847,02 | 27,41    | 1162,74  | 0        |
|   | 21   | -829,92 | -17,86  | -6460,94 | -58,75   | 1597,88  | 0        |
|   | 22   | -734,39 | 23,30   | -6500,88 | 22,04    | 1277,88  | 0        |
|   | 23   | -674,76 | 69,21   | -5832,05 | 119,83   | 1083,89  | 0        |
|   | 24   | -796,17 | -76,50  | -6147,45 | -237,94  | 1536,32  | 0        |
|   | 25   | -710,44 | -37,77  | -6242,03 | -154,91  | 1251,60  | 0        |
|   | 26   | -651,82 | 7,76    | -5668,67 | -51,54   | 1060,13  | 0        |
|   | 27   | -784,09 | -99,83  | -5582,00 | -308,38  | 1534,45  | 0        |
|   | 28   | -690,62 | -47,61  | -5752,40 | -170,11  | 1228,06  | 0        |
|   | 29   | -636,81 | 16,10   | -5304,83 | 11,78    | 1059,65  | 0        |
| <b>SLU Fy (Max);<br/>SLU Fz (Max)<br/>(combo SLU88)</b>                   |      |         |         |          |          |          |          |
|   | 18   | -869,28 | 74,30   | -6375,98 | 148,07   | 1699,51  | 0        |
|   | 19   | -754,42 | 77,90   | -6511,43 | 112,73   | 1321,24  | 0        |
|   | 20   | -696,33 | 80,31   | -5899,60 | 67,34    | 1136,68  | 0        |



**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>32</b> |

|   |    |          |         |           |            |         |   |
|---|----|----------|---------|-----------|------------|---------|---|
|   | 21 | -821,80  | 32,53   | -6350,14  | 19,15      | 1590,78 | 0 |
|   | 22 | -729,17  | 63,29   | -6440,08  | 83,07      | 1281,09 | 0 |
|   | 23 | -669,30  | 99,58   | -5834,19  | 167,00     | 1086,41 | 0 |
|   | 24 | -799,46  | -21,24  | -5975,78  | -145,33    | 1550,16 | 0 |
|   | 25 | -719,03  | 5,87    | -6128,98  | -82,88     | 1283,69 | 0 |
|   | 26 | -660,00  | 39,41   | -5634,89  | -8,786e-02 | 1090,99 | 0 |
|   | 27 | -798,46  | -43,39  | -5370,89  | -212,43    | 1568,56 | 0 |
|   | 28 | -711,93  | -3,88   | -5599,07  | -98,27     | 1284,29 | 0 |
|   | 29 | -658,40  | 46,86   | -5235,57  | 60,48      | 1116,62 | 0 |
| <b>SLU Fz (Min)<br/>(combo SLU80)</b>   |    |          |         |           |            |         |   |
|   | 18 | -872,44  | 76,13   | -6433,52  | 162,51     | 1698,47 | 0 |
|   | 19 | -756,21  | 78,52   | -6532,67  | 123,09     | 1315,78 | 0 |
|   | 20 | -697,74  | 78,98   | -5877,87  | 71,49      | 1130,02 | 0 |
|   | 21 | -824,33  | 33,85   | -6462,41  | 32,31      | 1588,19 | 0 |
|   | 22 | -728,61  | 63,26   | -6505,62  | 91,53      | 1267,85 | 0 |
|   | 23 | -668,97  | 97,16   | -5840,09  | 167,52     | 1073,79 | 0 |
|   | 24 | -801,42  | -24,66  | -6128,99  | -146,53    | 1546,31 | 0 |
|   | 25 | -716,36  | 2,35    | -6226,83  | -85,01     | 1263,63 | 0 |
|   | 26 | -657,79  | 35,74   | -5659,01  | -3,74      | 1072,35 | 0 |
|   | 27 | -800,38  | -49,62  | -5536,61  | -22,07     | 1564,40 | 0 |
|   | 28 | -708,59  | -8,92   | -5711,13  | -104,71    | 1263,11 | 0 |
|   | 29 | -654,74  | 42,99   | -5272,63  | 56,08      | 1094,53 | 0 |
| <b>SLU Mx (Max)<br/>(combo SLU90)</b>   |    |          |         |           |            |         |   |
|   | 18 | -866,52  | 80,71   | -5920,41  | 212,68     | 1698,94 | 0 |
|   | 19 | -767,61  | 78,97   | -6132,50  | 164,69     | 1372,64 | 0 |
|   | 20 | -709,23  | 72,49   | -5658,68  | 92,13      | 1186,74 | 0 |
|   | 21 | -821,78  | 50,40   | -61,74,76 | 119,44     | 1592,65 | 0 |
|   | 22 | -735,39  | 68,77   | -6306,30  | 147,65     | 1305,71 | 0 |
|   | 23 | -674,31  | 87,70   | -5762,06  | 178,71     | 1106,68 | 0 |
|   | 24 | -799,92  | -4,44   | -6147,41  | -48,52     | 1550,91 | 0 |
|   | 25 | -712,60  | 10,28   | 6265,82   | -21,80     | 1259,36 | 0 |
|   | 26 | -654,58  | 26,63   | -5711,09  | 8,68       | 1070,26 | 0 |
|   | 27 | -801,42  | -38,41  | -5812,50  | -152,52    | 1570,43 | 0 |
|   | 28 | -698,91  | -4,82   | -5968,25  | -52,91     | 1234,09 | 0 |
|   | 29 | -645,33  | 36,74   | -5469,27  | 77,79      | 1066,56 | 0 |
| <b>SLU My (Max)<br/>(combo SLU13)</b>   |    |          |         |           |            |         |   |
|   | 18 | -878,82  | 11,65   | -5754,67  | 57,80      | 1739,63 | 0 |
|   | 19 | -784,04  | 28,21   | -6061,80  | 48,49      | 1426,07 | 0 |
|   | 20 | -726,64  | 42,87   | -5700,59  | 22,42      | 1243,33 | 0 |
|   | 21 | -821,64  | -20,35  | -5865,80  | -41,54     | 1612,20 | 0 |
|   | 22 | -743,83  | 17,74   | -6123,48  | 30,29      | 1354,34 | 0 |
|   | 23 | -682,20  | 60,11   | -5740,67  | 115,80     | 1153,97 | 0 |
|   | 24 | -787,63  | -61,75  | -5719,46  | -168,62    | 1549,19 | 0 |
|   | 25 | -713,23  | -30,87  | -5994,68  | -109,18    | 1303,36 | 0 |
|   | 26 | -653,77  | 2,63    | -5648,39  | --42,18    | 1109,65 | 0 |
|   | 27 | -775,02  | -84,67  | -5361,73  | -239,12    | 1544,17 | 0 |
|   | 28 | -686,70  | -39,42  | -5671,30  | -121,00    | 1254,15 | 0 |
|   | 29 | -634,06  | 14,50   | -5385,84  | 32,85      | 1089,41 | 0 |
| <b>SLV Fx (Max);<br/>SLV Fy (Min);<br/>SLV Mx (Min);<br/>SLV My (Min)<br/>(combo SLV-Y08)</b> |    |          |         |           |            |         |   |
|   | 18 | -1244,12 | -487,37 | -4681,53  | -809,20    | 2159,93 | 0 |
|   | 19 | -1200,29 | -382,09 | -3862,02  | -664,04    | 2005,76 | 0 |
|   | 20 | -1155,65 | -256,42 | -2628,42  | -484,48    | 1861,83 | 0 |
|   | 21 | -1089,00 | -520,92 | -5087,08  | -915,55    | 1850,73 | 0 |
|   | 22 | -1046,01 | -387,73 | -4172,79  | -668,36    | 1712,21 | 0 |
|   | 23 | -1004,85 | -240,29 | -2960,61  | -386,21    | 1583,72 | 0 |
|   | 24 | -966,92  | -543,31 | -5268,61  | -988,25    | 1639,41 | 0 |
|   | 25 | -910,33  | -406,14 | -4388,97  | -720,73    | 1459,03 | 0 |
|   | 26 | -870,90  | -286,31 | -3187,75  | -495,78    | 1334,66 | 0 |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>33</b> |

|   |    |          |         |          |         |         |   |
|---|----|----------|---------|----------|---------|---------|---|
|   | 27 | -875,87  | -536,82 | -5379,05 | -969,55 | 1511,17 | 0 |
|   | 28 | -803,52  | -372,35 | -4659,65 | -595,27 | 1271,59 | 0 |
|   | 29 | -762,12  | -216,62 | -3509,36 | -216,66 | 1141,05 | 0 |
| <b>SLV Fx (Min);<br/>SLV Fz (Min);<br/>SLV My (Max)<br/>(combo SLV-X08)</b> |    |          |         |          |         |         |   |
|   | 18 | -1440,27 | -265,98 | -5556,13 | -459,69 | 2446,42 | 0 |
|   | 19 | -1381,00 | -154,56 | -4276,21 | -301,58 | 2241,28 | 0 |
|   | 20 | -1333,08 | -9,65   | -2557,79 | -72,71  | 2087,49 | 0 |
|   | 21 | -1283,14 | -296,76 | -5665,22 | -558,34 | 2129,99 | 0 |
|   | 22 | -1238,21 | -150,31 | -4300,74 | -273,82 | 1987,23 | 0 |
|   | 23 | -1196,62 | 19,57   | -2731,47 | 71,63   | 1859,82 | 0 |
|   | 24 | -1165,30 | -320,29 | -5550,12 | -635,42 | 1926,93 | 0 |
|   | 25 | -1120,26 | -157,63 | -4273,01 | -309,41 | 1785,71 | 0 |
|   | 26 | -1081,77 | -37,95  | -2804,24 | -74,77  | 1666,84 | 0 |
|   | 27 | -1081,28 | -320,70 | -5338,81 | -638,49 | 1814,39 | 0 |
|   | 28 | -1025,79 | -137,37 | -4260,03 | -228,01 | 1627,42 | 0 |
|   | 29 | -985,45  | 8,11    | -2831,09 | 125,49  | 1499,90 | 0 |
| <b>SLV Fy (Max)<br/>(combo SLV-X09)</b>                                     |    |          |         |          |         |         |   |
|   | 18 | -1309,74 | 9,11    | -5374,45 | 23,30   | 2227,44 | 0 |
|   | 19 | -1255,45 | 19,49   | -4225,33 | -4,16   | 2040,77 | 0 |
|   | 20 | -1209,48 | 61,07   | -2668,30 | 33,05   | 1893,14 | 0 |
|   | 21 | -1241,47 | -6,38   | -5386,42 | -28,58  | 2070,09 | 0 |
|   | 22 | -1204,81 | 31,91   | -4142,14 | 48,63   | 1957,57 | 0 |
|   | 23 | -1162,62 | 93,31   | -2731,37 | 186,62  | 1828,05 | 0 |
|   | 24 | -1205,94 | -20,59  | -5269,00 | -77,58  | 2014,15 | 0 |
|   | 25 | -1168,49 | 22,88   | -4071,99 | 17,63   | 1898,03 | 0 |
|   | 26 | -1129,32 | 38,41   | -2719,87 | 49,00   | 1777,47 | 0 |
|   | 27 | -1203,50 | -28,74  | -5041,38 | -105,41 | 2046,63 | 0 |
|   | 28 | -1157,06 | 38,62   | -4010,77 | 83,92   | 1886,20 | 0 |
|   | 29 | -1116,07 | 47,46   | -2660,91 | 176,92  | 1756,25 | 0 |
| <b>SLV Fz (Max)<br/>(combo SLV-X04)</b>                                     |    |          |         |          |         |         |   |
|   | 18 | -1438,36 | -263,03 | -5525,15 | -455,07 | 2444,78 | 0 |
|   | 19 | -1380,02 | -152,26 | -4257,23 | -297,81 | 2242,67 | 0 |
|   | 20 | -1332,18 | -7,99   | -2554,81 | -69,91  | 2089,13 | 0 |
|   | 21 | -1282,18 | -293,09 | -5631,19 | -551,59 | 2130,08 | 0 |
|   | 22 | -1238,24 | -147,57 | -4279,81 | -268,79 | 1990,79 | 0 |
|   | 23 | -1196,54 | 21,40   | -2727,54 | 74,98   | 1863,05 | 0 |
|   | 24 | -1165,18 | -315,53 | -5519,62 | -625,37 | 1928,50 | 0 |
|   | 25 | -1121,00 | -154,10 | -4254,46 | -301,98 | 1790,22 | 0 |
|   | 26 | -1082,45 | -35,86  | -2801,08 | -70,54  | 1671,18 | 0 |
|   | 27 | -1081,96 | -315,87 | -5314,95 | -628,29 | 1817,33 | 0 |
|   | 28 | -1027,17 | -133,79 | -4246,19 | -220,49 | 1632,56 | 0 |
|   | 29 | -986,89  | 10,29   | -2830,03 | 130,04  | 1505,25 | 0 |
| <b>SLV Mx (Max)<br/>(combo SLV-X11)</b>                                     |    |          |         |          |         |         |   |
|   | 18 | -1402,28 | -143,19 | -5559,44 | -247,51 | 2382,02 | 0 |
|   | 19 | -1343,14 | -64,04  | -4306,80 | -147,64 | 2178,54 | 0 |
|   | 20 | -1295,56 | 46,56   | -2617,78 | 19,35   | 2026,06 | 0 |
|   | 21 | -1269,75 | -168,32 | -5609,40 | -328,85 | 2109,29 | 0 |
|   | 22 | -1226,73 | -55,97  | -4274,20 | -108,00 | 1973,97 | 0 |
|   | 23 | -1184,91 | 77,92   | -2740,58 | 170,49  | 1845,77 | 0 |
|   | 24 | -1174,33 | -189,70 | -5466,94 | -399,61 | 1947,98 | 0 |
|   | 25 | -1130,35 | -61,61  | 4212,02  | -138,54 | 1809,81 | 0 |
|   | 26 | -1091,87 | 20,91   | -2776,13 | 26,00   | 1691,04 | 0 |
|   | 27 | -1114,43 | -194,03 | -5214,59 | -415,09 | 1878,24 | 0 |
|   | 28 | -1061,61 | -44,13  | -4155,36 | -65,95  | 1698,44 | 0 |
|   | 29 | -1021,23 | 65,95   | -2760,39 | 223,69  | 1570,51 | 0 |
| <b>SLE-R Fx (Max);<br/>SLE R My (Min)<br/>(combo SLE-R6)</b>                |    |          |         |          |         |         |   |
|   | 18 | -595,38  | 19,99   | -4224,50 | 87,97   | 1162,38 | 0 |
|   | 19 | -524,52  | 24,46   | -4338,17 | 62,14   | 928,48  | 0 |

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>34</b> |

|  |    |         |        |          |         |         |   |
|--|----|---------|--------|----------|---------|---------|---|
|  | 20 | -483,82 | 25,55  | -3965,92 | 19,23   | 799,02  | 0 |
|  | 21 | -556,18 | -2,74  | -4431,29 | 18,09   | 1072,96 | 0 |
|  | 22 | -492,08 | 16,90  | -4474,51 | 48,69   | 859,47  | 0 |
|  | 23 | -450,24 | 36,53  | -4033,90 | 79,76   | 722,96  | 0 |
|  | 24 | -533,49 | -42,01 | -4431,74 | -102,13 | 1030,12 | 0 |
|  | 25 | -467,99 | -22,95 | -4464,21 | -66,40  | 811,27  | 0 |
|  | 26 | -428,22 | -1,97  | -4012,67 | -26,28  | 681,48  | 0 |
|  | 27 | -527,39 | -65,07 | -4217,10 | -172,64 | 1031,36 | 0 |
|  | 28 | -451,48 | -32,12 | -4285,42 | -83,98  | 782,75  | 0 |
|  | 29 | -414,26 | 6,51   | -3882,78 | 25,37   | 666,55  | 0 |
| <b>SLE-R Fx (Min);<br/>SLE R Fy (Min);<br/>SLE R Mx (Min)<br/>(combo SLE-R2)</b> |    |         |        |          |         |         |   |
|  | 18 | -598,91 | 19,12  | -4603,87 | 55,32   | 1160,54 | 0 |
|  | 19 | -515,23 | 26,06  | -4634,44 | 3478    | 884,96  | 0 |
|  | 20 | -474,48 | 31,68  | -4128,85 | 6,24    | 755,61  | 0 |
|  | 21 | -557,79 | -12,34 | -4643,31 | -41,51  | 1069,18 | 0 |
|  | 22 | -486,80 | 14,84  | -4621,60 | 10,84   | 831,07  | 0 |
|  | 23 | -446,02 | 44,88  | -4091,77 | 73,91   | 698,22  | 0 |
|  | 24 | -534,86 | -54,31 | -4417,43 | -169,74 | 1027,23 | 0 |
|  | 25 | -471,06 | -26,79 | -4434,85 | -109,44 | 814,99  | 0 |
|  | 26 | -430,89 | 6,13   | -3973,87 | -33,04  | 683,61  | 0 |
|  | 27 | -527,45 | -70,82 | -4011,87 | -219,54 | 1028,42 | 0 |
|  | 28 | -459,50 | -33,21 | -4094,15 | -118,86 | 805,85  | 0 |
|  | 29 | -422,08 | 12,45  | -3736,40 | 11,59   | 688,86  | 0 |
| <b>SLE-R Fy (Max);<br/>SLE R Fz (Max)<br/>(combo SLE-R40)</b>                    |    |         |        |          |         |         |   |
|  | 18 | -582,90 | 58,56  | -4582,23 | 114,65  | 1137,05 | 0 |
|  | 19 | -499,41 | 57,09  | -4642,27 | 80,35   | 862,35  | 0 |
|  | 20 | -459,01 | 54,55  | -4169,34 | 39,23   | 734,14  | 0 |
|  | 21 | -551,31 | 28,99  | -4558,94 | 23,41   | 1063,24 | 0 |
|  | 22 | -482,53 | 47,53  | -4575,37 | 61,52   | 832,99  | 0 |
|  | 23 | -441,56 | 69,49  | -4093,55 | 112,53  | 699,59  | 0 |
|  | 24 | -537,66 | -9,30  | -4287,45 | -93,70  | 1038,31 | 0 |
|  | 25 | -477,88 | 8,66   | -4349,19 | -50,45  | 839,86  | 0 |
|  | 26 | -437,41 | 31,70  | -3948,12 | 8,80    | 707,57  | 0 |
|  | 27 | -539,32 | -25,07 | -3851,70 | -141,48 | 1056,04 | 0 |
|  | 28 | -476,64 | 2,20   | -3977,53 | -60,35  | 850,24  | 0 |
|  | 29 | -439,43 | 37,28  | -3683,19 | 51,18   | 733,80  | 0 |
| <b>SLE-R Fz (Min)<br/>(combo SLE-R38)</b>  |    |         |        |          |         |         |   |
|  | 18 | -584,39 | 62,44  | -4624,14 | 129,86  | 1134,79 | 0 |
|  | 19 | -499,89 | 59,48  | -4657,86 | 91,47   | 856,90  | 0 |
|  | 20 | -459,22 | 54,88  | -4153,81 | 44,61   | 727,82  | 0 |
|  | 21 | -552,90 | 32,63  | -4641,06 | 38,11   | 1060,85 | 0 |
|  | 22 | -481,86 | 49,53  | -4623,37 | 71,51   | 822,83  | 0 |
|  | 23 | -441,05 | 69,05  | -4097,99 | 115,35  | 689,87  | 0 |
|  | 24 | -539,37 | -9,15  | -4400,28 | -89,60  | 1035,97 | 0 |
|  | 25 | -476,18 | 8,08   | -4421,20 | -48,26  | 825,55  | 0 |
|  | 26 | -436,05 | 30,34  | -3965,77 | 8,53    | 694,34  | 0 |
|  | 27 | -541,56 | -27,14 | -3977,58 | -144,01 | 1054,48 | 0 |
|  | 28 | -475,02 | 0,41   | -4059,73 | -61,64  | 836,15  | 0 |
|  | 29 | -437,57 | 35,73  | -3709,93 | 50,22   | 719,03  | 0 |
| <b>SLE-R Mx (Max)<br/>(combo SLE-R42)</b>  |    |         |        |          |         |         |   |
|  | 18 | -580,85 | 63,31  | -4244,77 | 162,51  | 1136,63 | 0 |
|  | 19 | -509,18 | 57,88  | -4361,59 | 118,83  | 900,42  | 0 |
|  | 20 | -468,56 | 48,76  | -3990,89 | 57,59   | 771,23  | 0 |
|  | 21 | -551,29 | 42,22  | -4429,03 | 97,70   | 1064,62 | 0 |
|  | 22 | -487,14 | 51,60  | -4476,28 | 109,36  | 851,23  | 0 |
|  | 23 | -445,27 | 60,70  | -4040,12 | 121,21  | 714,61  | 0 |
|  | 24 | -538,00 | 3,15   | -4414,59 | -22,00  | 1038,86 | 0 |
|  | 25 | -473,11 | 11,92  | -4450,55 | -5,21   | 821,83  | 0 |

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>35</b> |

|   |    |         |        |          |         |         |   |
|---|----|---------|--------|----------|---------|---------|---|
|   | 26 | -433,39 | 22,23  | -4004,56 | 15,30   | 692,22  | 0 |
|   | 27 | -541,51 | 21,38  | -4178,81 | -97,10  | 1057,42 | 0 |
|   | 28 | -467,00 | 1,51   | -4251,00 | -26,76  | 813,05  | 0 |
|   | 29 | -429,75 | 29,79  | -3856,30 | 64,00   | 696,73  | 0 |
| <b>SLE-R My (Max)<br/>(combo SLE-R1)</b>  |    |         |        |          |         |         |   |
|   | 18 | -591,30 | 8,35   | -4122,69 | 41,17   | 1169,02 | 0 |
|   | 19 | -522,67 | 17,35  | -4308,87 | 27,71   | 942,20  | 0 |
|   | 20 | -482,77 | 24,80  | -4020,38 | 2,54    | 815,31  | 0 |
|   | 21 | -551,65 | -14,19 | -4202,47 | -28,76  | 1079,79 | 0 |
|   | 22 | -493,79 | 10,72  | -4342,05 | 16,95   | 887,71  | 0 |
|   | 23 | -451,53 | 38,15  | -4024,08 | 71,93   | 750,14  | 0 |
|   | 24 | -528,53 | -43,38 | -4100,40 | -118,38 | 1036,76 | 0 |
|   | 25 | -473,12 | -21,68 | -4251,63 | -75,57  | 853,33  | 0 |
|   | 26 | -432,33 | 2,33   | -3958,85 | -26,11  | 720,29  | 0 |
|   | 27 | -520,73 | -59,58 | -3848,71 | -168,24 | 1035,62 | 0 |
|   | 28 | -456,60 | -27,14 | -4034,07 | -82,48  | 825,17  | 0 |
|   | 29 | -420,04 | 11,26  | -3796,41 | 27,20   | 710,91  | 0 |
| <b>SLE-F Fx (Max);<br/>SLE F Fx (Min);<br/>SLE F Fy (Max);<br/>SLE F Fy (Min);<br/>SLE F Fz (Max);<br/>SLE F Fz (Min);<br/>SLE F Mx (Max);<br/>SLE F Mx (Min);<br/>SLE F My (Max);<br/>SLE F My (Min)<br/>(combo SLE-F01)</b> |    |         |        |          |         |         |   |
|   | 18 | -584,27 | 31,81  | -4173,59 | 80,68   | 1154,89 | 0 |
|   | 19 | -513,94 | 35,51  | -4349,11 | 57,45   | 922,72  | 0 |
|   | 20 | -474,02 | 37,56  | -4043,93 | 22,69   | 795,80  | 0 |
|   | 21 | -549,54 | 9,36   | -4235,76 | 11,06   | 1074,61 | 0 |
|   | 22 | -490,62 | 29,18  | -4365,06 | 47,68   | 878,94  | 0 |
|   | 23 | -448,46 | 51,44  | -4033,09 | 92,77   | 741,70  | 0 |
|   | 24 | -531,36 | -20,67 | -4113,22 | -81,12  | 1040,63 | 0 |
|   | 25 | -475,72 | -3,81  | -4256,70 | -46,59  | 856,27  | 0 |
|   | 26 | -434,99 | 15,44  | -3954,95 | -4,90   | 723,41  | 0 |
|   | 27 | -528,60 | -37,55 | -3836,32 | -133,03 | 1048,74 | 0 |
|   | 28 | -465,08 | -9,95  | -4013,79 | -55,62  | 840,13  | 0 |
|   | 29 | -428,45 | 23,66  | -3775,73 | 46,13   | 725,60  | 0 |
| <b>SLE-QP</b>   |    |         |        |          |         |         |   |
|   | 18 | -588,20 | 25,11  | -4228,88 | 70,08   | 1158,66 | 0 |
|   | 19 | -516,23 | 30,29  | -4382,49 | 48,92   | 921,11  | 0 |
|   | 20 | -476,15 | 33,80  | -4048,25 | 16,44   | 793,72  | 0 |
|   | 21 | -551,43 | 1,32   | -4297,74 | -3,55   | 1074,70 | 0 |
|   | 22 | -490,72 | 23,13  | -4403,06 | 36,74   | 872,72  | 0 |
|   | 23 | -448,76 | 47,35  | -4039,96 | 85,42   | 736,08  | 0 |
|   | 24 | -531,45 | -30,71 | -4169,74 | -101,78 | 1037,49 | 0 |
|   | 25 | -474,21 | -11,32 | -4291,23 | -61,94  | 847,65  | 0 |
|   | 26 | -433,59 | 10,87  | -3961,10 | -13,87  | 715,12  | 0 |
|   | 27 | -526,93 | -47,71 | -3881,76 | -153,87 | 1042,57 | 0 |
|   | 19 | -462,08 | -17,51 | -4043,69 | -71,03  | 829,74  | 0 |
|   | 20 | -425,32 | 18,96  | -3778,84 | 36,68   | 714,82  | 0 |

Pertanto si ha sul palo più caricato:

|  |   |   |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|---|---|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|  |   | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

### RIEPILOGO SOLLECITAZIONI

#### IV01 - SPALLA S01

| Inviluppo | N.max<br>(KN) | N.min<br>(KN) | Tmin<br>(KN) | Tmax<br>(KN) |
|-----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| SLU       | 6.533         | 5.236         | 626          | 889          |
| SLV       | 5.665         | 2.555         | 762          | 1.440        |
| SLE RARA  | 4.658         | 3.683         | 414          | 599          |
| SLE QP    | 4.403         | 3.776         | 425          | 588          |

### LUNGHEZZE E CAPACITA' DEI PALI

#### IV01 - SPALLA S01

| Pila | Lp  | N.d [SLU] | N.st [SLU] | N.ii [SLE] |
|------|-----|-----------|------------|------------|
|      | [m] | [kPa]     | [kPa]      | [kPa]      |
| 1    | 20  | 8.177     | - 4.306    | 5.963      |

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

#### IV01 - SPALLA S01

| Nc,max<br>(SLU-SLV)<br>(kN) | FS   | Nt,max<br>(SLU-SLV)<br>(kN) | FS   | N,max<br>(SLE RARA)<br>(kN) | FS   |
|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|
| 6.533                       | 1,25 | 2.555                       | N.A. | 4.658                       | 1,28 |

Considerando la natura principalmente incoerente dei terreni di fondazione si omette la verifica globale della palificata.

|  |                          |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |
|--|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |
|  |                          | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> | PROGR<br><b>001</b> | REV<br><b>B</b> |

### 5.5 PALI DI FONDAZIONE DELLE SPALLE: CAPACITA' PORTANTE TRASVERSALE

**VIADOTTO IV01 - SPALLA S01** rif.: "FONDAZIONI" - Carlo Viggiani  
**Verifica palo D= 1500mm - L = 20 m** rif.: "PROVE GEOTECNICHE IN SITU" - Alberto Bruschi

|                              |          |     | Terreni |                    |             |
|------------------------------|----------|-----|---------|--------------------|-------------|
| <b>Dati del palo</b>         |          |     | fusto   | $\gamma_t$         | 19,5 kPa    |
| diametro                     | 1500     | mm  |         | $\phi'$            | 35 (°)      |
| L                            | 20       | m   |         | Es.(z=0)           | 50.000 kPa  |
| Ecls =                       | 3,00E+07 | kPa |         | Es.(z=L)           | 150.000 kPa |
|                              |          |     |         | v                  | 0,2         |
| <b>Dati della palificata</b> |          |     | base    | $\gamma_t$         | 19,5 kN/mc  |
| n° di file                   | 3        |     |         | $\phi'$            | 35 (°)      |
| n° pali per fila             | 3        |     |         | Eb                 | 800.000 kPa |
| i/D                          | 3        |     |         | v                  | 0,2         |
|                              |          |     |         | Go/G =             | 2,00        |
|                              |          |     |         | E0 (basse deform.) | 800.000 kPa |

#### Calcolo Carico Limite Orizzontale - Terreni Incoerenti - Palo bloccato in testa

|                           |                 |                                  |                      |
|---------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|
| My =                      | 5.425 kNm       | (vedi calcolo riportato di lato) |                      |
| <b>Palo CORTO</b>         |                 | <b>Palo INTERMEDIO</b>           | <b>Palo LUNGO</b>    |
| kp <sub>fusto,med</sub> = | 3,69            | H/(kpyd <sup>3</sup> )           | 90                   |
| H =                       | 64.763 kN       | H =                              | 21.859 kN            |
| H/(kpyd <sup>3</sup> )    | 267             | f =                              | 11,62 m              |
| Mmax =                    | 863.500 kNm     | Mmax =                           | 169.323 kNm          |
| <b>NO PALO CORTO</b>      |                 | <b>NO PALO INERMEDIO</b>         | <b>OK PALO LUNGO</b> |
| <b>Hlim =</b>             | <b>3.501 kN</b> |                                  |                      |
| $\xi_3$                   | 1,45            | Hk =                             | 2.414,75             |
| $\gamma_t$                | 1,30            | Hd =                             | 1.857,50             |
|                           |                 | coeffic.. Gruppo                 | 0,80                 |
|                           |                 | H'd = Hd * 0,80 =                | <b>1.486 kN</b>      |

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018

Titolo: [ ]

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 75 [cm]
- Raggio interno: [ ] [cm]
- N° barre uguali: 36
- Diametro barre: 3 [cm]
- Copriferro (baric.): 10 [cm]

N° barre: [0] Zoom

Tipo Sezione:

- Rettan.re
- Trapezi
- a T
- Circolare
- Rettangoli
- Coord.
- DXF

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N:

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm]

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 5.425 kNm

Materiali:

- B450C: E<sub>su</sub> 67,5%, f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup>, E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup>, E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15, E<sub>s</sub>yd 1.957%, σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup>
- C25/30: E<sub>c2</sub> 2%, E<sub>cu</sub> 3,5, f<sub>cd</sub> 14,17, f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8, σ<sub>c,adm</sub> 9,75, τ<sub>co</sub> 0,6, τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>s</sub>: 9,067%  
d: 140 cm  
x: 38,99 x/d: 0,2785  
δ: 0,7881

Metodo di calcolo:

- S.L.U. +
- S.L.U. -
- Metodo n

Tipo flessione:

- Retta
- Deviata

Vertici: 52 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub>: [0] cm Col. modello

Precompresso

#### H.lim

#### IV01 - SPALLA S01

| Pila | Hd    |
|------|-------|
| 1    | 1.486 |

#### IV01 - SPALLA S01

| T.max     | FS   |
|-----------|------|
| (SLU-SLV) |      |
| (kN)      |      |
| 1.440     | 1,03 |

|   |                          |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|   |                          | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

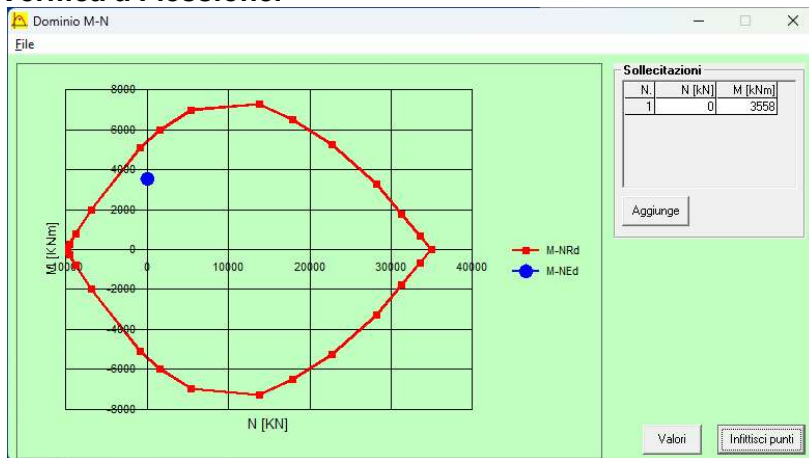
## 6. VERIFICA STRUTTURALE DEL SINGOLO PALO

### PALO SPALLA

Di seguito si riporta la verifica strutturale del palo per le sollecitazioni massime in esercizio:  
T.max = 1440 kN      M.max = 3558 kNm

L'armatura longitudinale è costituita da 39Φ30 mentre l'armatura a taglio è costituita da una spirale Φ10/15 cm.

### Verifica a Flessione.



### Verifica a taglio.

| 4.1.2.1.3.2 Elementi CON armature trasversali resistenti al taglio        |                                       |                 |                             |                      |
|---|---------------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
| V.Ed =  |                                       |                 | <b>1440</b>                 | kN                   |
| deve risultare  | V.Rd > V.Ed                           |                 |                             | (4.1.2.1.3.2 NTC)    |
| dove:   |                                       |                 |                             |                      |
| V.Rd = min (V.Rsd; V.Rcd)   |                                       |                 |                             |                      |
| V.Rsd = 0,9*d*A.sw/s * fyd ((ctg(alfa)+ctg(teta))*sen(alfa)               |                                       |                 |                             | [4.1.18 NTC]         |
| V.Rcd = 0,9*d * bw * alfa.c * F'cd ((ctg(alfa)+ctg(teta))/(1+ctg(teta))^2 |                                       |                 |                             | [4.1.19 NTC]         |
| <b>d (mm)</b>   | <b>alfa (°)</b>                       | <b>teta (°)</b> | <b>alfa'c (cautelativo)</b> | <b>f'cd=50%*f'cd</b> |
| 1.279   | 45                                    | <b>21,81</b>    | 1                           | 8,30                 |
| 1 ≤ ctg teta ≤ 2,5  | 2,50                                  | ok              |                             |                      |
| V.Rsd   | 1.681                                 | kN              |                             |                      |
| V.Rcd   | 6.136                                 | kN              |                             |                      |
| V.rd=min(V.Rsd;V.R.cd)  | <b>1.681</b>                          | kN              |                             | [4.1.20 NTC]         |
| V.Rd > V.Ed   | ok                                    |                 |                             |                      |
| <b>Calcolo armature trasversali</b>                                       | si utilizzano staffe / sagomati - d = | <b>12</b>       |                             | mm                   |
|   | bracci / n.                           | <b>2</b>        |                             |                      |
|   | passo (s)                             |                 | <b>150</b>                  | mm                   |
| Asw   | 226,19                                | mmq             |                             |                      |
| Asw.min (50%di V.Ed)>Asw  | 96,89                                 | ok              |                             |                      |
| V per le arm. longit.appoggio   | 2.489                                 | ok              |                             |                      |

|   |                           |   |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|---------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L. | MANDANTI<br><b>HY</b> pro | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |  |  |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|   |                           | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  |  |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

## 7. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI ASSIALI DEL SINGOLO PALO E DEL GRUPPO

Per quanto riguarda il calcolo dei cedimenti delle fondazioni, è stata prima di tutto analizzata la risposta del singolo palo considerando i metodi tradizionali proposti in letteratura.

Una descrizione sintetica dei metodi utilizzati e delle ipotesi cui fanno riferimento è riportata nei paragrafi seguenti. Quindi dal cedimento del generico palo è stato calcolato il cedimento del gruppo di pali.

### Metodo di Poulos & Davis (1980)

Nell'ambito del Metodo di Poulos & Davis (1980), il cedimento di un singolo palo isolato  $w_s$  sotto l'azione di un carico  $Q$  è espresso dalla:

$$w_s = \frac{I_w}{EL} Q$$

nella quale  $I_w$  è un coefficiente d'influenza adimensionale funzione dei parametri  $L/D$  (con  $L$ =lunghezza del palo;  $D$ =diametro del palo), del coefficiente di Poisson del mezzo elastico con cui si rappresenta il terreno e  $K$ . Il terreno è modellato come un mezzo elastico stratificato alla Gibson, di spessore finito  $H$  e modulo crescente con la profondità.  $K$  è il rapporto tra il modulo di rigidezza del palo,  $E_p$  e il Modulo di Young del terreno,  $E$ .

$I_w$  si ottiene come prodotto di quattro coefficienti  $I_0$ ,  $R_k$ ,  $R_v$  ed  $R_h$  ricavabili dai grafici nelle figure seguenti.

Si assume un modulo di rigidezza  $E$  crescente con la profondità con la seguente legge:

$$E = E_0 + E_0 * \left(\frac{\sigma'_v}{p_a}\right)^n$$

con  $p_a=100$  kPa e  $n=0.25$ .

### Metodo di Randolph & Wroth (1978)

Il metodo di Randolph & Wroth (1978) è un metodo analitico che considera il palo immerso in un mezzo elastico ed esamina separatamente l'interazione con tale mezzo della superficie laterale e della base del palo; le due soluzioni vengono poi sovrapposte.

Per il palo rigido il cedimento alla testa del palo è espresso dalla:

$$\frac{Q}{w r_0 G_L} = \frac{4 r_b G_b}{(1 - \nu) r_0 G_L} + \frac{2 \pi L G_m}{r_0 G_L}$$

dove  $Q$  è il carico totale agente alla testa del palo,  $G_L$  il Modulo di taglio  $G$  valutato alla profondità  $L$ ,  $r_0$  il raggio del palo,  $r_b$  il raggio della base del palo e  $G_b$  il Modulo di taglio al di sotto della base del palo.

Per tenere conto della deformabilità del palo gli Autori propongono :

$$\frac{Q}{w r_0 G_L} = \frac{\frac{4}{1 - \nu} \frac{\eta}{\xi} + \frac{2 \pi \rho}{\zeta} \frac{\text{tgh}(\mu L)}{\mu L} \frac{L}{r_0}}{1 + \frac{1}{\pi \lambda} \frac{4}{1 - \nu} \frac{\eta}{\xi} \frac{\text{tgh}(\mu L)}{\mu L} \frac{L}{r_0}}$$

con:  $\eta = r_b / r_0$ .



|  |                          |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|  |                          | <b>Relazione di calcolo</b><br><b>fondazioni</b>  | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>CL</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>IV 01 03</b> |  |  | PROGR<br><b>001</b> |

### Metodo di calcolo dei cedimenti del gruppo di pali

Il cedimento del singolo palo è stato esteso a quello del gruppo di pali, wpalificata. Il problema è stato studiato nell'ipotesi che ciascun palo si comporti come un elemento elastico indipendente dagli altri quindi il cedimento di una palificata può essere espresso come prodotto del cedimento del singolo palo per un coefficiente di amplificazione R, dipendente da fattori essenzialmente geometrici come il numero di pali della palificata n e il rapporto i/D ossia il rapporto tra l'interasse e il diametro dei pali. E' possibile stimare un cedimento della palificata massimo o medio.

$$W_{\text{palificata, max}} = n \cdot R_{G, \text{max}} \cdot w_{s, \text{max}} \quad ; \quad W_{\text{palificata, medio}} = n \cdot R_{G, \text{medio}} \cdot w_{s, \text{medio}}$$

con:

$$R_{G, \text{max}} = (0.5/R) + (0.13/R^2)$$

$$R_{G, \text{medio}} = 0.3 \cdot R^{-1.2}$$

Per R, Randolph & Clancy (1993) e Mandolini (1994a) hanno proposto la relazione:

$$R = n \cdot (i/L)^{0.5}$$

e con:

n= numero di pali facenti parte della palificata;

w<sub>s,max</sub>= cedimento massimo del singolo palo;

w<sub>s,medio</sub>= cedimento medio del singolo palo;

i= interasse;

L= lunghezza dei pali.

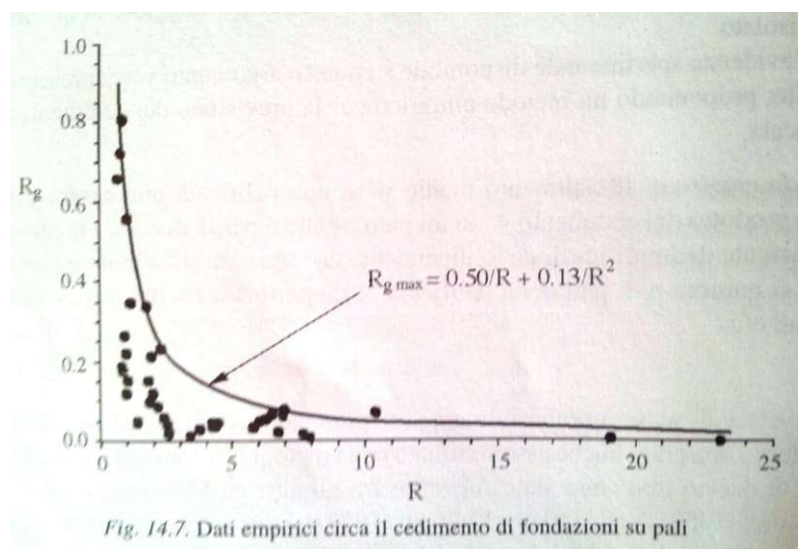


Fig. 14.7. Dati empirici circa il cedimento di fondazioni su pali

Figura 2 Dati empirici circa il cedimento di fondazioni su pali

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>41</b> |

**Spalla S01**

**Calcolo del cedimento verticale**

Randolph & Wroth, 1978 corretto da Berardi e Bovolenta [pag.420] (\*)

**Dati del palo**

|          |            |       |
|----------|------------|-------|
| diametro | 1500       | mm    |
| L        | 20         | m     |
| Epalo =  | 30.000.000 | kN/mq |

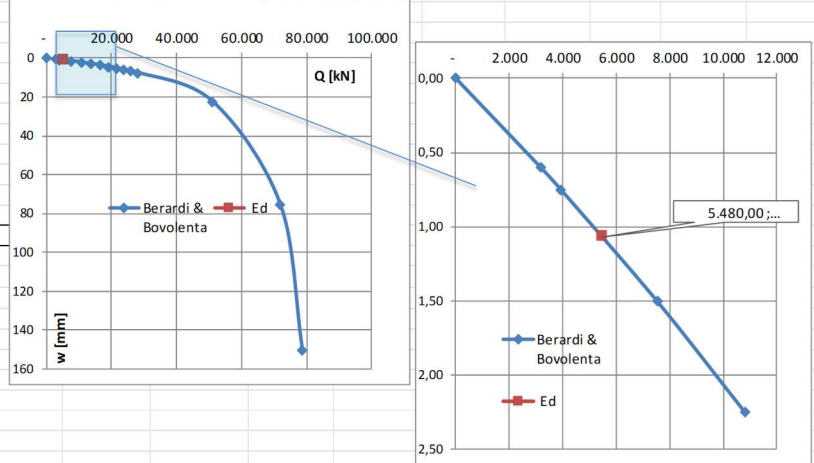
|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Q/w | 1.576.693 | kN/m |
| Ed  | 5.480,00  | kN   |
| w   | 1,0648    | mm   |

Ed<Rd: 'ok'

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| w/D     | 0,0710%                    |
| per w/D | 0,50% si verifica Q= 27937 |

|                          |         |        |       |
|--------------------------|---------|--------|-------|
|                          | E       | G      |       |
| Z = L/2                  | 50.000  | 20833  | kN/mq |
| Z = L                    | 150.000 | 62500  | kN/mq |
| sotto la base            | 800.000 | 333333 | kN/mq |
| iniziali (basse deform.) | 800.000 | 333333 | kN/mq |

**Curva carico / cedimento**



| Berardi & Bovolenta (pag. 427) |                | w/d     | w (m)   | G'/Go  | G'      | G'(-G'/ρ) | Lamda | Denom. | Q      | w (mm)  |
|--------------------------------|----------------|---------|---------|--------|---------|-----------|-------|--------|--------|---------|
| D                              | 1,5 m          | 0,000%  | -       | 1,2500 | 416.667 | 1.250.000 | 24    | 7,65   | -      | -       |
| rb                             | 0,75 m         | 0,040%  | 0,00060 | 0,9686 | 322.872 | 968.617   | 31    | 6,15   | 3.176  | 0,600   |
| ro                             | 0,75 m         | 0,050%  | 0,00075 | 0,9170 | 305.670 | 917.011   | 33    | 5,88   | 3.933  | 0,750   |
| L                              | 20 m           | 0,100%  | 0,00150 | 0,7241 | 241.371 | 724.113   | 41    | 4,85   | 7.526  | 1,500   |
| Ep                             | 3,00E+07 kN/mq | 0,150%  | 0,00225 | 0,5983 | 199.422 | 598.265   | 50    | 4,18   | 10.819 | 2,250   |
| modulo di poisson+ ni          | 0,2            | 0,200%  | 0,00300 | 0,5097 | 169.895 | 509.684   | 59    | 3,71   | 13.850 | 3,000   |
| a profondità L/2 G'            | 20833 kN/mq    | 0,250%  | 0,00375 | 0,4440 | 147.984 | 443.951   | 68    | 3,36   | 16.649 | 3,750   |
| a profondità L G               | 62500 kN/mq    | 0,300%  | 0,00450 | 0,3932 | 131.079 | 393.236   | 76    | 3,09   | 19.240 | 4,500   |
| sotto la base del palo Gb      | 333333 kN/mq   | 0,350%  | 0,00525 | 0,3529 | 117.640 | 352.920   | 85    | 2,88   | 21.647 | 5,250   |
| a profondità L/2 E's           | 50000 kN/mq    | 0,400%  | 0,00600 | 0,3201 | 106.701 | 320.102   | 94    | 2,70   | 23.888 | 6,000   |
| a profondità L Es              | 150000 kN/mq   | 0,450%  | 0,00675 | 0,2929 | 97.623  | 292.869   | 102   | 2,56   | 25.980 | 6,750   |
| sotto la base del palo Eb      | 800000 kN/mq   | 0,500%  | 0,00750 | 0,2699 | 89.969  | 269.906   | 111   | 2,44   | 27.937 | 7,500   |
| ita                            | 1              | 1,500%  | 0,02250 | 0,1051 | 35.032  | 105.097   | 285   | 1,56   | 50.985 | 22,500  |
| csi                            | 0,19           | 5,000%  | 0,07500 | 0,0335 | 11.167  | 33.501    | 896   | 1,18   | 71.682 | 75,000  |
| ρ                              | 0,33           | 10,000% | 0,15000 | 0,0170 | 5.659   | 16.978    | 1767  | 1,09   | 78.512 | 150,000 |
| lamda                          | 480            |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| zita                           | 2,17           | 0,0710% | 0,00106 | 0,8248 | 274.932 | 824.795   | 36    | 5,39   | 5480   | 1,065   |
| mu*L                           | 1,17           |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| tanh(muL)/muL                  | 0,705          |         |         |        |         |           |       |        |        |         |

**Stima sommaria dell'ordine di grandezza dei cedimenti della palificata**

(metodo empirico)

| Palificata | φ       | 1500 | mm | Dati della palificata |   |
|------------|---------|------|----|-----------------------|---|
|            | L       | 20   | m  | n° di file            | 4 |
|            | n° pali | 12   |    | n° pali per fila      | 3 |
|            | i       | 4,5  | m  | interasse/D           | 3 |

|                        |                  |       |    |
|------------------------|------------------|-------|----|
| Cedimento palo singolo | w <sub>s</sub> = | 1,065 | mm |
|------------------------|------------------|-------|----|

|                      |      |
|----------------------|------|
| R =                  | 1,64 |
| R <sub>g,max</sub> = | 0,35 |

coefficiente di riduzione max - involuppo

|                                   |            |              |           |                              |
|-----------------------------------|------------|--------------|-----------|------------------------------|
| <b>Cedimento medio palificata</b> | <b>w =</b> | <b>2,112</b> | <b>mm</b> | (stima valore più probabile) |
|-----------------------------------|------------|--------------|-----------|------------------------------|

|                  |      |                                |
|------------------|------|--------------------------------|
| R <sub>g</sub> = | 0,17 | coeff. di riduzione del gruppo |
|------------------|------|--------------------------------|

|                  |      |                          |
|------------------|------|--------------------------|
| R <sub>s</sub> = | 1,98 | coeff. di amplificazione |
|------------------|------|--------------------------|

|                       |      |
|-----------------------|------|
| R <sub>ds,max</sub> = | 0,42 |
|-----------------------|------|

|                                    |             |              |           |                             |
|------------------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------------------------|
| <b>Cedimento differenziale max</b> | <b>Δw =</b> | <b>0,891</b> | <b>mm</b> | (stima w.max differenziale) |
|------------------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------------------------|

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>42</b> |

**PILE P1 e P5**

**Calcolo del cedimento verticale**

Randolph & Wroth, 1978 corretto da Berardi e Bovolenta [pag.420] (\*)

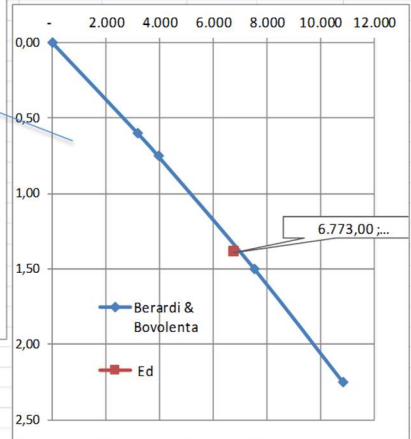
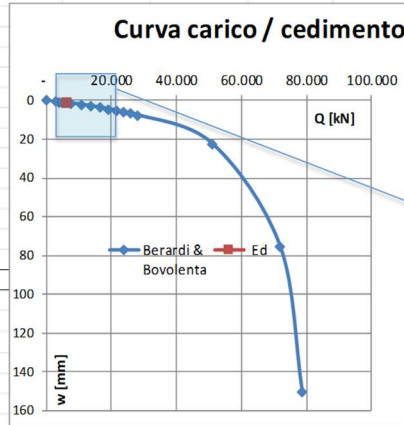
**Dati del palo**

|                     |            |       |
|---------------------|------------|-------|
| diametro            | 1500       | mm    |
| L                   | 20         | m     |
| E <sub>palo</sub> = | 30.000.000 | kN/mq |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Q/w | 1.576.693 | kN/m |
| Ed  | 6.773,00  | kN   |
| w   | 1,3946    | mm   |

|         |         |                      |
|---------|---------|----------------------|
| w/D     | 0,0930% |                      |
| per w/D | 0,50%   | si verifica Q= 27937 |

|                          |         |        |       |
|--------------------------|---------|--------|-------|
| Z = L/2                  | E       | G      |       |
|                          | 50.000  | 20833  | kN/mq |
| Z = L                    | 150.000 | 62500  | kN/mq |
| sotto la base            | 800.000 | 333333 | kN/mq |
| iniziali (basse deform.) | 800.000 | 333333 | kN/mq |



| Berardi & Bovolenta (pag. 427) |          |       | w/d     | w (m)   | G'/Go  | G'      | G'(-G'/p) | Lamda | Denom. | Q      | w (mm)  |
|--------------------------------|----------|-------|---------|---------|--------|---------|-----------|-------|--------|--------|---------|
| D                              | 1,5      | m     | 0,000%  | -       | 1,2500 | 416.667 | 1.250.000 | 24    | 7,65   | -      | -       |
| rb                             | 0,75     | m     | 0,040%  | 0,00060 | 0,9686 | 322.872 | 968.617   | 31    | 6,15   | 3.176  | 0,600   |
| ro                             | 0,75     | m     | 0,050%  | 0,00075 | 0,9170 | 305.670 | 917.011   | 33    | 5,88   | 3.933  | 0,750   |
| L                              | 20       | m     | 0,100%  | 0,00150 | 0,7241 | 241.371 | 724.113   | 41    | 4,85   | 7.526  | 1,500   |
| Ep                             | 3,00E+07 | kN/mq | 0,150%  | 0,00225 | 0,5983 | 199.422 | 598.265   | 50    | 4,18   | 10.819 | 2,250   |
| modulo di poisson+ ni          | 0,2      |       | 0,200%  | 0,00300 | 0,5097 | 169.895 | 509.684   | 59    | 3,71   | 13.850 | 3,000   |
| a profondità L/2 G'            | 20833    | kN/mq | 0,250%  | 0,00375 | 0,4440 | 147.984 | 443.951   | 68    | 3,36   | 16.649 | 3,750   |
| a profondità L G               | 62500    | kN/mq | 0,300%  | 0,00450 | 0,3932 | 131.079 | 393.236   | 76    | 3,09   | 19.240 | 4,500   |
| sotto la base del palo Gb      | 333333   | kN/mq | 0,350%  | 0,00525 | 0,3529 | 117.640 | 352.920   | 85    | 2,88   | 21.647 | 5,250   |
| a profondità L/2 E's           | 50000    | kN/mq | 0,400%  | 0,00600 | 0,3201 | 106.701 | 320.102   | 94    | 2,70   | 23.888 | 6,000   |
| a profondità L Es              | 150000   | kN/mq | 0,450%  | 0,00675 | 0,2929 | 97.623  | 292.869   | 102   | 2,56   | 25.980 | 6,750   |
| sotto la base del palo Eb      | 800000   | kN/mq | 0,500%  | 0,00750 | 0,2699 | 89.969  | 269.906   | 111   | 2,44   | 27.937 | 7,500   |
| ita                            | 1        |       | 1,500%  | 0,02250 | 0,1051 | 35.032  | 105.097   | 285   | 1,56   | 50.985 | 22,500  |
| csi                            | 0,19     |       | 5,000%  | 0,07500 | 0,0335 | 11.167  | 33.501    | 896   | 1,18   | 71.682 | 75,000  |
| p                              | 0,33     |       | 10,000% | 0,15000 | 0,0170 | 5.659   | 16.978    | 1767  | 1,09   | 78.512 | 150,000 |
| lamda                          | 480      |       |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| zita                           | 2,17     |       |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| mu*L                           | 1,17     |       |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| tanh(muL)/muL                  | 0,705    |       |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
|                                |          |       |         |         |        |         |           |       |        | 7040   | 1,395   |

**Stima sommaria dell'ordine di grandezza dei cedimenti della palificata**

(metodo empirico)

| Palificata | φ   | 1500 | mm | Dati della palificata |   |
|------------|-----|------|----|-----------------------|---|
| L          | 20  | m    |    | n° di file            | 3 |
| n° pali    | 9   |      |    | n° pali per fila      | 3 |
| i          | 4,5 | m    |    | interasse/D           | 3 |

|                        |                  |       |    |
|------------------------|------------------|-------|----|
| Cedimento palo singolo | w <sub>s</sub> = | 1,395 | mm |
|------------------------|------------------|-------|----|

|                      |      |
|----------------------|------|
| R =                  | 1,42 |
| R <sub>g,max</sub> = | 0,42 |

coefficiente di riduzione max - involuppo

|                            |     |       |    |                              |
|----------------------------|-----|-------|----|------------------------------|
| Cedimento medio palificata | w = | 2,466 | mm | (stima valore più probabile) |
|----------------------------|-----|-------|----|------------------------------|

|                  |      |                                |
|------------------|------|--------------------------------|
| R <sub>g</sub> = | 0,20 | coeff. di riduzione del gruppo |
|------------------|------|--------------------------------|

|                  |      |                          |
|------------------|------|--------------------------|
| R <sub>s</sub> = | 1,77 | coeff. di amplificazione |
|------------------|------|--------------------------|

|                       |      |
|-----------------------|------|
| R <sub>ds,max</sub> = | 0,40 |
|-----------------------|------|

|                             |      |       |    |                             |
|-----------------------------|------|-------|----|-----------------------------|
| Cedimento differenziale max | Δw = | 0,994 | mm | (stima w.max differenziale) |
|-----------------------------|------|-------|----|-----------------------------|

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>43</b> |

**PILE P2 e P4**

**Calcolo del cedimento verticale**

Randolph & Wroth, 1978 corretto da Berardi e Bovolenta [pag.420] (\*)

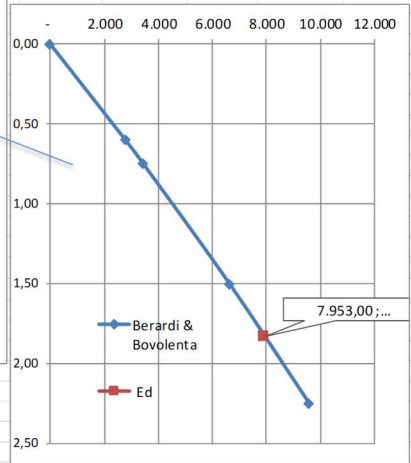
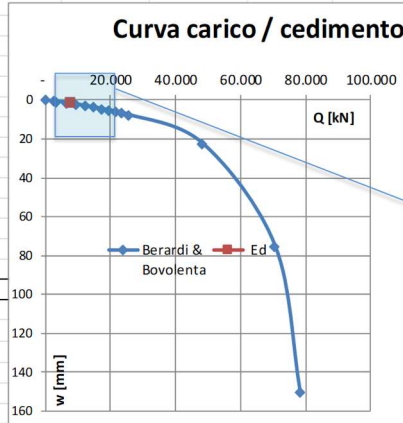
**Dati del palo**

|          |            |       |
|----------|------------|-------|
| diametro | 1500       | mm    |
| L        | 28         | m     |
| Epalo =  | 30.000.000 | kN/mq |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Q/w | 1.523.080 | kN/m |
| Ed  | 7.953,00  | kN   |
| w   | 1,8296    | mm   |

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| w/D     | 0,1220%                    |
| per w/D | 0,50% si verifica Q= 25450 |

|                          |         |        |       |
|--------------------------|---------|--------|-------|
|                          | E       | G      |       |
| Z = L/2                  | 50.000  | 20833  | kN/mq |
| Z = L                    | 150.000 | 62500  | kN/mq |
| sotto la base            | 800.000 | 333333 | kN/mq |
| iniziali (basse deform.) | 800.000 | 333333 | kN/mq |



**Berardi & Bovolenta (pag. 427)**

|                           |                | w/d     | w (m)   | G'/Go  | G'      | G(=G'/ρ)  | Lamda | Denom. | Q      | w (mm)  |
|---------------------------|----------------|---------|---------|--------|---------|-----------|-------|--------|--------|---------|
| D                         | 1,5 m          | 0,000%  | -       | 1,2500 | 416.667 | 1.250.000 | 24    | 8,88   | -      | -       |
| rb                        | 0,75 m         | 0,040%  | 0,00060 | 0,9686 | 322.872 | 968.617   | 31    | 7,11   | 2.777  | 0,600   |
| ro                        | 0,75 m         | 0,050%  | 0,00075 | 0,9170 | 305.670 | 917.011   | 33    | 6,78   | 3.444  | 0,750   |
| L                         | 28 m           | 0,100%  | 0,00150 | 0,7241 | 241.371 | 724.113   | 41    | 5,57   | 6.628  | 1,500   |
| Ep                        | 3,00E+07 kN/mq | 0,150%  | 0,00225 | 0,5983 | 199.422 | 598.265   | 50    | 4,77   | 9.581  | 2,250   |
| modulo di poisson+ ni     | 0,2            | 0,200%  | 0,00300 | 0,5097 | 169.895 | 509.684   | 59    | 4,21   | 12.326 | 3,000   |
| a profondità L/2 G'       | 20833 kN/mq    | 0,250%  | 0,00375 | 0,4440 | 147.984 | 443.951   | 68    | 3,80   | 14.884 | 3,750   |
| a profondità L G          | 62500 kN/mq    | 0,300%  | 0,00450 | 0,3932 | 131.079 | 393.236   | 76    | 3,48   | 17.275 | 4,500   |
| sotto la base del palo Gb | 333333 kN/mq   | 0,350%  | 0,00525 | 0,3529 | 117.640 | 352.920   | 85    | 3,23   | 19.513 | 5,250   |
| a profondità L/2 E's      | 50000 kN/mq    | 0,400%  | 0,00600 | 0,3201 | 106.701 | 320.102   | 94    | 3,02   | 21.614 | 6,000   |
| a profondità L Es         | 150000 kN/mq   | 0,450%  | 0,00675 | 0,2929 | 97.623  | 292.869   | 102   | 2,85   | 23.589 | 6,750   |
| sotto la base del palo Eb | 800000 kN/mq   | 0,500%  | 0,00750 | 0,2699 | 89.969  | 269.906   | 111   | 2,70   | 25.450 | 7,500   |
| ita                       | 1              | 1,500%  | 0,02250 | 0,1051 | 35.032  | 105.097   | 285   | 1,66   | 48.315 | 22,500  |
| csi                       | 0,19           | 5,000%  | 0,07500 | 0,0335 | 11.167  | 33.501    | 896   | 1,21   | 70.476 | 75,000  |
| ρ                         | 0,33           | 10,000% | 0,15000 | 0,0170 | 5.659   | 16.978    | 1767  | 1,11   | 78.158 | 150,000 |
| lamda                     | 480            |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| zita                      | 2,51           | 0,1220% | 0,00183 | 0,6628 | 220.945 | 662.834   | 45    | 5,18   | 7953   | 1,830   |
| mu*L                      | 1,52           |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| tanh(muL)/muL             | 0,597          |         |         |        |         |           |       |        |        |         |

**Stima sommaria dell'ordine di grandezza dei cedimenti della palificata**

(metodo empirico)

| Palificata | φ       | 1500 | mm | Dati della palificata |   |
|------------|---------|------|----|-----------------------|---|
|            | L       | 28   | m  | n° di file            | 3 |
|            | n° pali | 9    |    | n° pali per fila      | 3 |
|            | i       | 4,5  | m  | interasse/D           | 3 |

|                        |                  |       |    |
|------------------------|------------------|-------|----|
| Cedimento palo singolo | w <sub>s</sub> = | 1,830 | mm |
|------------------------|------------------|-------|----|

|                      |      |
|----------------------|------|
| R =                  | 1,20 |
| R <sub>g,max</sub> = | 0,51 |

coefficiente di riduzione max - involuppo

|                            |     |       |    |                              |
|----------------------------|-----|-------|----|------------------------------|
| Cedimento medio palificata | w = | 3,959 | mm | (stima valore più probabile) |
|----------------------------|-----|-------|----|------------------------------|

|                  |      |                                |
|------------------|------|--------------------------------|
| R <sub>g</sub> = | 0,24 | coeff. di riduzione del gruppo |
|------------------|------|--------------------------------|

|                  |      |                          |
|------------------|------|--------------------------|
| R <sub>s</sub> = | 2,16 | coeff. di amplificazione |
|------------------|------|--------------------------|

|                       |      |
|-----------------------|------|
| R <sub>ds,max</sub> = | 0,38 |
|-----------------------|------|

|                             |      |       |    |                             |
|-----------------------------|------|-------|----|-----------------------------|
| Cedimento differenziale max | Δw = | 1,512 | mm | (stima w.max differenziale) |
|-----------------------------|------|-------|----|-----------------------------|

**Relazione di calcolo  
fondazioni**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>IV</b>          | <b>01</b> | <b>03</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>44</b> |

**PILA P3**

**Calcolo del cedimento verticale**

Randolph & Wroth, 1978 corretto da Berardi e Bovolenta [pag.420] (\*)

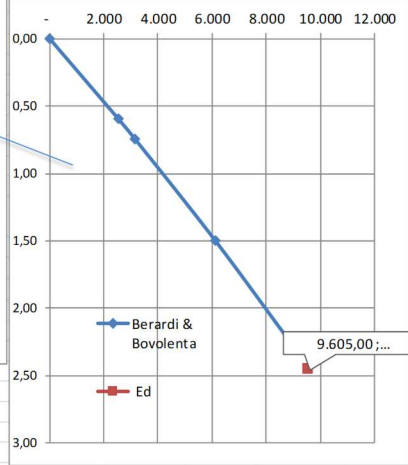
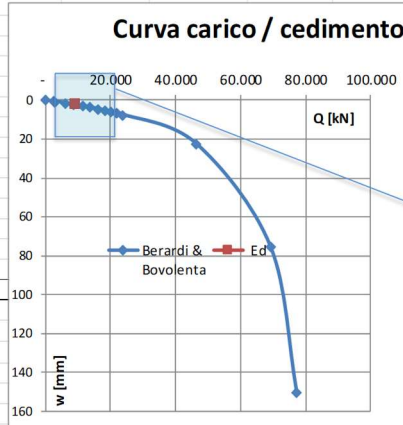
**Dati del palo**

|          |            |       |
|----------|------------|-------|
| diametro | 1500       | mm    |
| L        | 36         | m     |
| Epalo =  | 30.000.000 | kN/mq |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Q/w | 1.481.008 | kN/m |
| Ed  | 9.605,00  | kN   |
| w   | 2,4568    | mm   |

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| w/D     | 0,1638%                    |
| per w/D | 0,50% si verifica Q= 23940 |

|                          |         |        |       |
|--------------------------|---------|--------|-------|
|                          | E       | G      |       |
| Z = L/2                  | 50.000  | 20833  | kN/mq |
| Z = L                    | 150.000 | 62500  | kN/mq |
| sotto la base            | 800.000 | 333333 | kN/mq |
| iniziali (basse deform.) | 800.000 | 333333 | kN/mq |



**Berardi & Bovolenta (pag. 427)**

|                           |                | w/d     | w (m)   | G'/Go  | G'      | G'(-G'/p) | Lamda | Denom. | Q      | w (mm)  |
|---------------------------|----------------|---------|---------|--------|---------|-----------|-------|--------|--------|---------|
| D                         | 1,5 m          | 0,000%  | -       | 1,2500 | 416.667 | 1.250.000 | 24    | 9,67   | -      | -       |
| rb                        | 0,75 m         | 0,040%  | 0,00060 | 0,9686 | 322.872 | 968.617   | 31    | 7,72   | 2.557  | 0,600   |
| ro                        | 0,75 m         | 0,050%  | 0,00075 | 0,9170 | 305.670 | 917.011   | 33    | 7,36   | 3.174  | 0,750   |
| L                         | 36 m           | 0,100%  | 0,00150 | 0,7241 | 241.371 | 724.113   | 41    | 6,02   | 6.126  | 1,500   |
| Ep                        | 3,00E+07 kN/mq | 0,150%  | 0,00225 | 0,5983 | 199.422 | 598.265   | 50    | 5,15   | 8.878  | 2,250   |
| modulo di poisson+ ni     | 0,2            | 0,200%  | 0,00300 | 0,5097 | 169.895 | 509.684   | 59    | 4,54   | 11.451 | 3,000   |
| a profondità L/2 G'       | 20833 kN/mq    | 0,250%  | 0,00375 | 0,4440 | 147.984 | 443.951   | 68    | 4,08   | 13.862 | 3,750   |
| a profondità L G          | 62500 kN/mq    | 0,300%  | 0,00450 | 0,3932 | 131.079 | 393.236   | 76    | 3,73   | 16.124 | 4,500   |
| sotto la base del palo Gb | 333333 kN/mq   | 0,350%  | 0,00525 | 0,3529 | 117.640 | 352.920   | 85    | 3,45   | 18.252 | 5,250   |
| a profondità L/2 E's      | 50000 kN/mq    | 0,400%  | 0,00600 | 0,3201 | 106.701 | 320.102   | 94    | 3,22   | 20.258 | 6,000   |
| a profondità L Es         | 150000 kN/mq   | 0,450%  | 0,00675 | 0,2929 | 97.623  | 292.869   | 102   | 3,03   | 22.150 | 6,750   |
| sotto la base del palo Eb | 800000 kN/mq   | 0,500%  | 0,00750 | 0,2699 | 89.969  | 269.906   | 111   | 2,87   | 23.940 | 7,500   |
| ita                       | 1              | 1,500%  | 0,02250 | 0,1051 | 35.032  | 105.097   | 285   | 1,73   | 46.457 | 22,500  |
| csi                       | 0,19           | 5,000%  | 0,07500 | 0,0335 | 11.167  | 33.501    | 896   | 1,23   | 69.257 | 75,000  |
| p                         | 0,33           | 10,000% | 0,15000 | 0,0170 | 5.659   | 16.978    | 1767  | 1,12   | 77.397 | 150,000 |
| lamda                     | 480            |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| zita                      | 2,76           | 0,1638% | 0,00246 | 0,5709 | 190.301 | 570.904   | 53    | 4,96   | 9605   | 2,457   |
| mu*L                      | 1,87           |         |         |        |         |           |       |        |        |         |
| tanh(muL)/muL             | 0,511          |         |         |        |         |           |       |        |        |         |

**Stima sommaria dell'ordine di grandezza dei cedimenti della palificata**

(metodo empirico)

| Palificata | φ       | 1500 | mm | Dati della palificata |   |
|------------|---------|------|----|-----------------------|---|
|            | L       | 36   | m  | n° di file            | 3 |
|            | n° pali | 9    |    | n° pali per fila      | 3 |
|            | i       | 4,5  | m  | interasse/D           | 3 |

|                        |                  |       |    |
|------------------------|------------------|-------|----|
| Cedimento palo singolo | w <sub>s</sub> = | 2,457 | mm |
|------------------------|------------------|-------|----|

|                      |      |
|----------------------|------|
| R =                  | 1,06 |
| R <sub>g,max</sub> = | 0,59 |

coefficiente di riduzione max - involuppo

|                                   |            |              |           |                              |
|-----------------------------------|------------|--------------|-----------|------------------------------|
| <b>Cedimento medio palificata</b> | <b>w =</b> | <b>6,181</b> | <b>mm</b> | (stima valore più probabile) |
|-----------------------------------|------------|--------------|-----------|------------------------------|

|                  |      |                                |
|------------------|------|--------------------------------|
| R <sub>g</sub> = | 0,28 | coeff. di riduzione del gruppo |
|------------------|------|--------------------------------|

|                  |      |                          |
|------------------|------|--------------------------|
| R <sub>s</sub> = | 2,52 | coeff. di amplificazione |
|------------------|------|--------------------------|

|                       |      |
|-----------------------|------|
| R <sub>ds,max</sub> = | 0,37 |
|-----------------------|------|

|                                    |             |              |           |                             |
|------------------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------------------------|
| <b>Cedimento differenziale max</b> | <b>Δw =</b> | <b>2,267</b> | <b>mm</b> | (stima w.max differenziale) |
|------------------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------------------------|