

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

Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96

Relazione di calcolo Spalla S2

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 Dicembre 2022

firma

Data Dicembre 2022

firma

|          |       |      |      |          |                    |       |     |       |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|-------|-----|-------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA / DISCIPLINA | PROGR | REV | SCALA |
| L I O B  | 0 2   | E    | Z Z  | C L      | V I 1 0 0 4        | 0 0 2 | B   | ---   |

| Rev. | Descrizione           | Redatto | Data          | Verificato | Data          | Approvato | Data          | Autorizzato/Data |
|------|-----------------------|---------|---------------|------------|---------------|-----------|---------------|------------------|
| A    | Prima emissione       | Marino  | Dicembre 2022 | Martignoni | Dicembre 2022 | Rinaldi   | Dicembre 2022 |                  |
| B    | Aggiornamento per RdV | Marino  | 14/06/2023    | Martignoni | 15/06/2023    | Rinaldi   | 16/06/2023    |                  |
|      |                       |         |               |            |               |           |               |                  |
|      |                       |         |               |            |               |           |               | n. Elab.         |

|  |   |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.. PREMESSA .....</b>                                      | <b>3</b>  |
| <b>2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>                        | <b>4</b>  |
| 2.1 Descrizione della spalla in esame .....                    | 6         |
| <b>3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>                 | <b>8</b>  |
| 3.1 Normativa di riferimento .....                             | 8         |
| 3.2 Normativa tecnica nazionale .....                          | 8         |
| 3.3 Manuali ITF .....  | 9         |
| 3.4 Bibliografia e altri riferimenti .....                     | 9         |
| <b>4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>                 | <b>10</b> |
| 4.1 Calcestruzzo .....   | 10        |
| 4.2 Acciaio .....  | 11        |
| 4.3 Durabilità .....   | 12        |
| <b>5.. APPROCCIO DI CALCOLO.....</b>                           | <b>16</b> |
| 5.1 Caratteristiche delle opere.....                           | 16        |
| 5.2 Criteri generali di verifica .....                         | 16        |
| 5.3 Software di calcolo .....                                  | 23        |
| 5.4 Validazione programmi di calcolo .....                     | 25        |
| <b>6.. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>                  | <b>26</b> |
| 6.1 Categoria di sottosuolo.....                               | 26        |
| 6.2 Capacità portante dei pali e stratigrafia di progetto..... | 26        |
| <b>7.. ANALISI DEI CARICHI .....</b>                           | <b>27</b> |
| 7.1 Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ ).....               | 27        |
| 7.2 Azioni permanenti non strutturali ( $G_2$ ).....           | 27        |
| 7.3 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ ) .....             | 29        |
| 7.4 Spinta del terreno ( $G_3$ ).....                          | 30        |
| 7.5 Azioni variabili verticali (Q) .....                       | 33        |
| 7.6 Azioni Eccezionali (A).....                                | 43        |
| 7.7 Azioni variabili orizzontali (Q) .....                     | 48        |
| 7.8 Azione del vento ( $Q_6$ ) .....                           | 58        |
| 7.9 Azione sismica (e).....                                    | 63        |
| 7.10 Variazioni termiche ( $Q_7$ ) .....                       | 77        |
| 7.11 Attrito ( $Q_8$ ) .....                                   | 77        |
| 7.12 Scarichi agli appoggi .....                               | 78        |

|  |   |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>8..</b> | <b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>              | <b>80</b>  |
| 8.1        | Combinazioni di carico adottate.....             | 81         |
| <b>9.</b>  | <b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b> | <b>83</b>  |
| 9.1        | Elementi in cemento armato.....                  | 83         |
| <b>10.</b> | <b>MODELLO DI CALCOLO .....</b>                  | <b>89</b>  |
| <b>11.</b> | <b>ANALISI SPALLA MOBILE S2.....</b>             | <b>90</b>  |
| 11.1       | Azione impalcati.....                            | 90         |
| 11.2       | Sollecitazioni elevazione .....                  | 96         |
| 11.3       | Sollecitazioni in fondazione .....               | 104        |
| 11.4       | Sollecitazioni muro paraghiaia.....              | 113        |
| 11.5       | Sollecitazioni muro d'ala.....                   | 117        |
| 11.6       | Verifiche Muro Frontale .....                    | 125        |
| 11.7       | Verifiche plinto fondazione .....                | 137        |
| 11.8       | Verifiche Muro Paraghiaia .....                  | 147        |
| 11.9       | Verifiche muro d'ala.....                        | 153        |
| <b>12.</b> | <b>VERIFICHE LOCALI.....</b>                     | <b>167</b> |
| 12.1       | Baggioli .....                                   | 167        |
| 12.2       | Deformabilita' spalla .....                      | 169        |
| 12.3       | Ritegni.....                                     | 172        |
| <b>13.</b> | <b>RIEPILOGO INCIDENZE C.A. ....</b>             | <b>175</b> |
| <b>14.</b> | <b>APPOGGI E GIUNTI.....</b>                     | <b>176</b> |
| 14.1       | Appoggi.....                                     | 176        |
| 14.2       | Escursione dei giunti .....                      | 176        |

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |          |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>3</b> |

## 1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

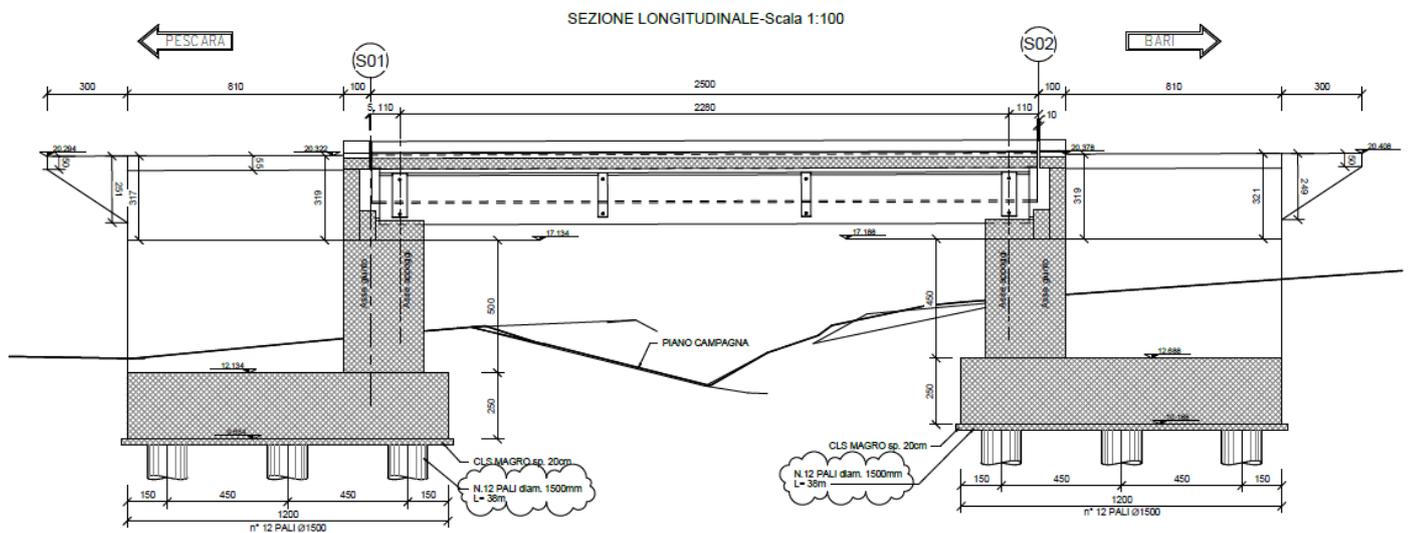
**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>4</b> |

## 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica della Spalla S01 che sostiene la campata in c.a.p. da 25 m del viadotto ferroviario denominato VI10, previsto tra le progressive chilometriche 20+236,96 a km 20+261,96.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a circa 25m è a doppio binario composto da 1 campata in C.A.P da 25 m costituite da quattro travi a cassoncino in c.a.p. preteso. La piattaforma ha una larghezza totale di 13.70 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m.

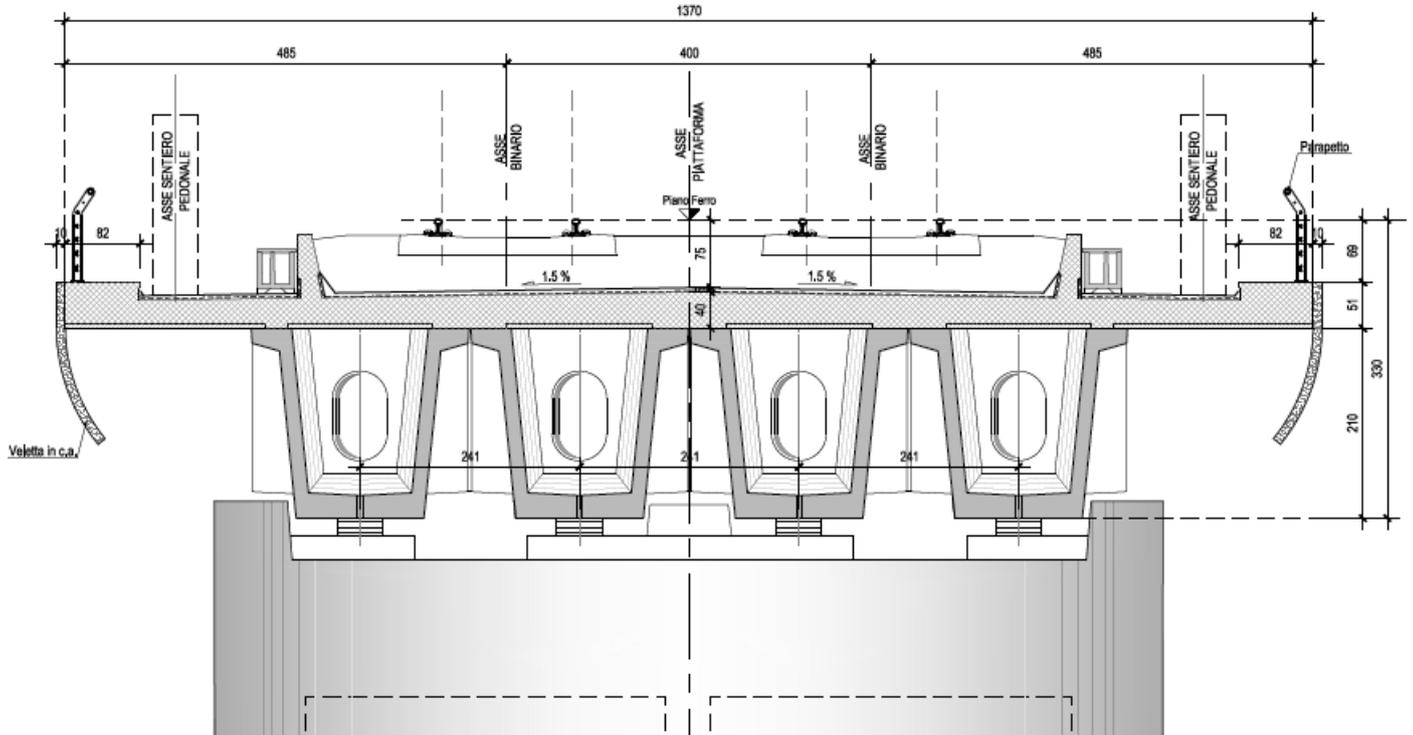


*Figura 1 – Profilo longitudinale VI10*

Gli impalcati in c.a.p. sono costituiti da quattro cassoncini in c.a.p. preteso hanno altezza pari a 2.10 m ed interasse pari a 2.41 m. Al di sopra dei cassoncini viene realizzata una soletta in calcestruzzo gettata in opera avente spessore variabile da un minimo di 0.30 m ad un massimo di 0.40 in asse impalcato.

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |          |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>5</b> |



*Figura 2 – Sezione trasversale impalcato*

Nel presente documento si analizzano alcune delle sottostrutture del viadotto in esame.

| WBS  | SPALLE | H <sub>calcolo</sub> | IMPALCATI        |        |     |        |        |     |       | SISMA        |                      | FONDAZIONE        |                   |          |           |         |
|------|--------|----------------------|------------------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------------|----------------------|-------------------|-------------------|----------|-----------|---------|
|      |        |                      | R <sub>min</sub> | Lato   | L   | App.   | Lato   | L   | App.  | Zona Sismica | Categoria Sottosuolo | D <sub>pali</sub> | n <sub>pali</sub> | Stratig. | Liquefaz. | Scalam. |
|      |        |                      | [m]              | sx     | [m] |        | dx     | [m] |       |              |                      |                   |                   |          |           |         |
| VI10 | S01    | 5.50                 | ∞                | -      | -   | -      | C.a.p. | 25  | Fisso | S4           | B                    | 1.5               | 12                | 1        | NO        | -       |
|      | S02    | 5.50                 | ∞                | C.a.p. | 25  | Mobile | -      | -   | -     | S4           | B                    | 1.5               | 12                | 2        | NO        | -       |

*Tabella 1 – Sintesi delle spalle VI10*

Oggetto del presente documento sono quindi le analisi e le verifiche delle spalle, in particolare della spalla S02, relativa all'impalcato in c.a.p.

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>6</b> |

## 2.1 DESCRIZIONE DELLA SPALLA IN ESAME

Le sottostrutture consistono in due spalle con fondazioni di tipo profondo su pali. La spalla indicata con “S01” è la spalla fissa mentre quella indicata con “S02” è la spalla mobile. Il presente documento contiene le verifiche strutturali e geotecniche della spalla S02.

Di seguito si riportano alcune immagini esplicative delle sottostrutture in esame. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

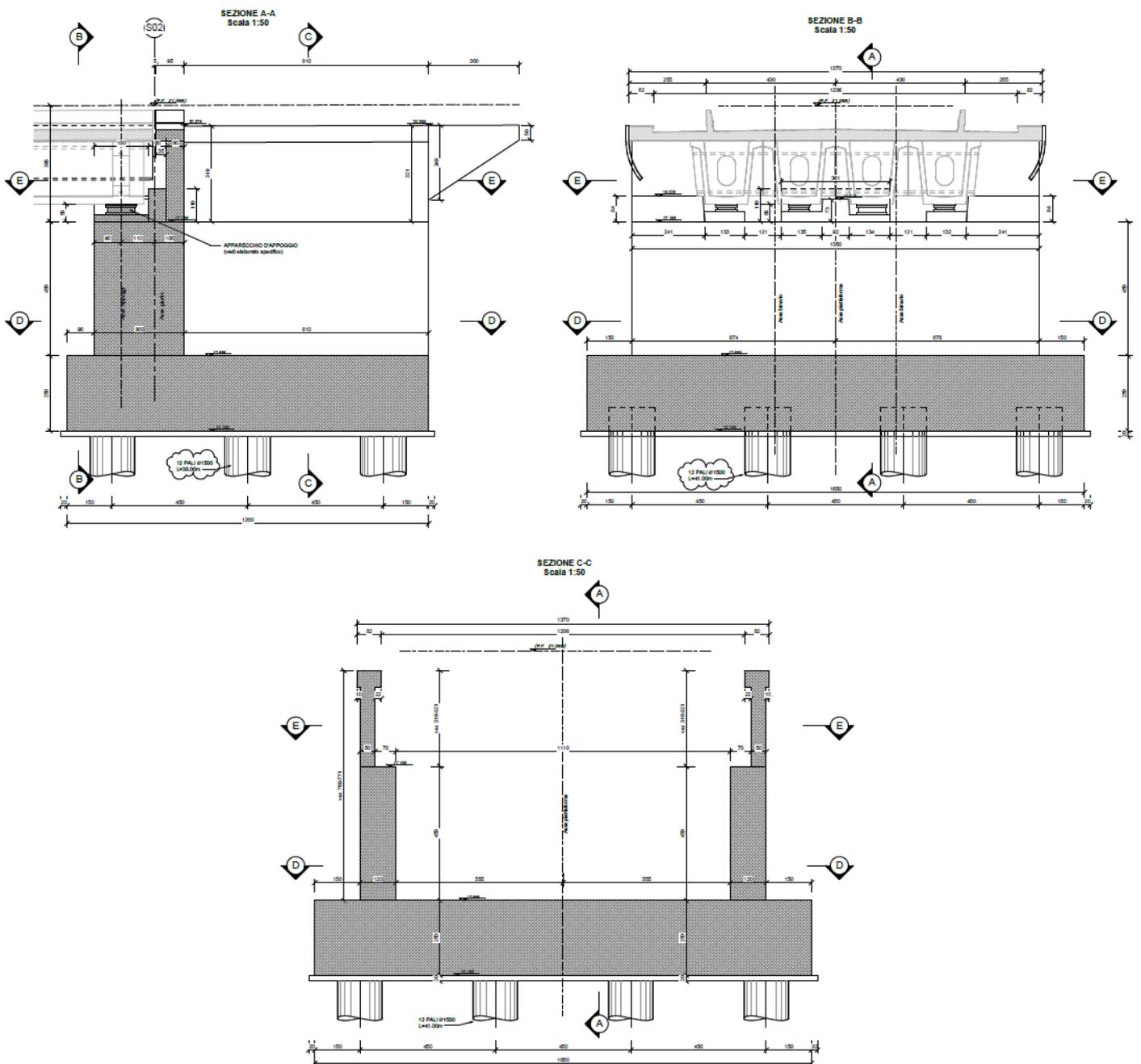
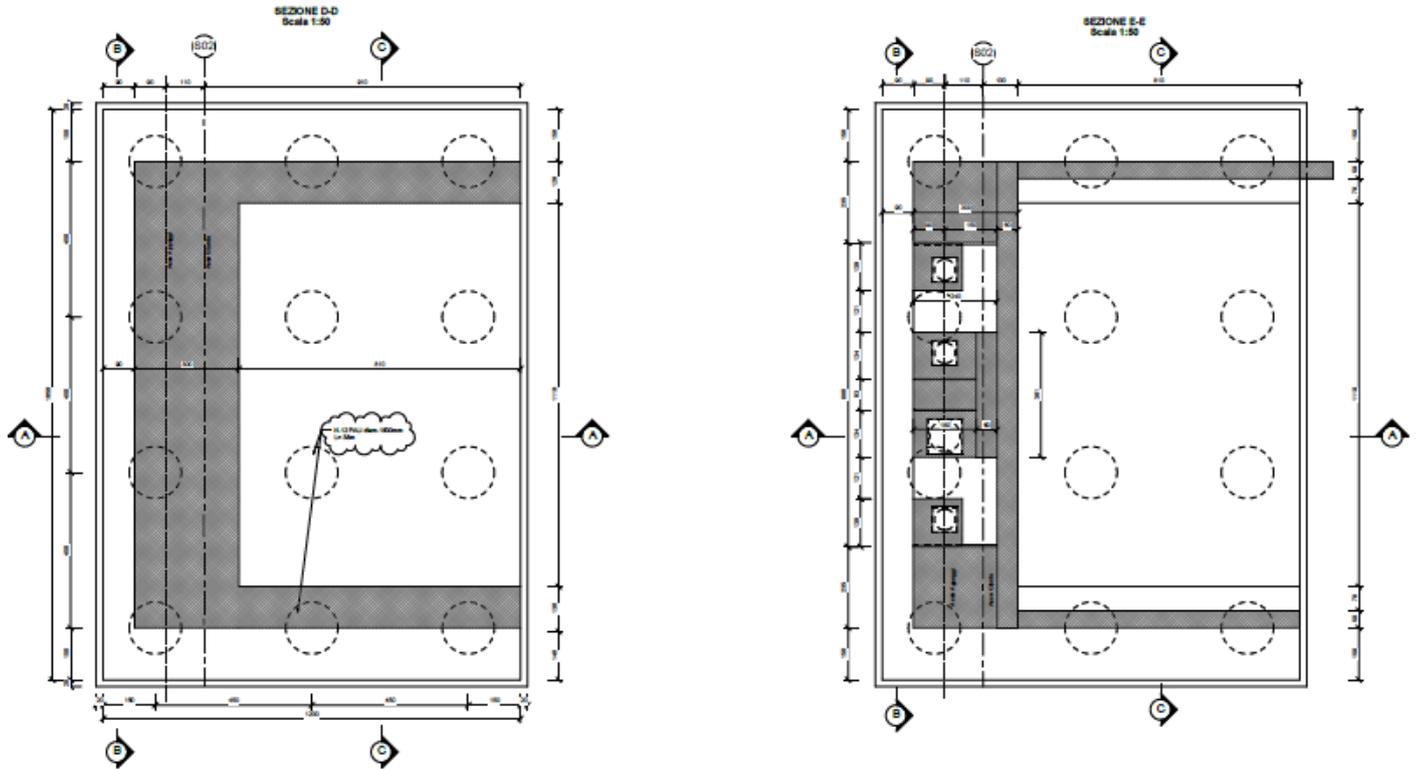


Figura 3 – Sezioni in direzione longitudinale e trasversale

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>7</b> |



*Figura 4 – Vista in pianta*

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |          |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>8</b> |

### 3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

#### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

##### 3.1.1 Specifiche tecniche interoperabilità ferroviarie

[1] 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.

##### 3.1.2 Materiali

[2] UNI 11104: 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206”;

[3] UNI EN 206: 2014 – “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

##### 3.1.3 Costruzioni in c.a. e acciaio

*Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”*

[4] UNI EN 1991-1-4:2010 – “Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento”;

[5] UNI EN 1991-1-5:2004 – “Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;

[6] UNI EN 1991-1-7:2014 – “Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali”;

[7] UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

*Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”*

[8] UNI EN 1992-1-1:2015 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

[9] UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;

*Eurocodice 3 - “Progettazione delle strutture in acciaio”*

[10] UNI EN 1993-1-1:2014 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

[11] UNI EN 1993-1-3:2007 – “Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l’impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo”;

#### 3.2 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE

[12] Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;

[13] Legge 2 Febbraio 1974 n°64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

[14] D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”;

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 9      |

[15] Circolare LL.PP. n°617 02/02/2009 - "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

### 3.3 MANUALI ITF

- [16] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di progettazione delle opere Civili;
- [17] RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili;
- [18] RFI DINIC MA PO 00 001 B - Manuale di progettazione Ponti
- [19] RFI DTC ICI PO SP INF 001 A - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari del 12/10/2009
- [20] RFI DINIC MA PO 00 001 C - Prescrizioni tecniche per la progettazione esecutiva ponti Vol.1 e vol.2
- [21] RFI DTC INC PO SP IFS 003 A - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- [22] RFI DTC INC PO SP IFS 005 A - Specifica per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e cavalcavia.

### 3.4 BIBLIOGRAFIA E ALTRI RIFERIMENTI

- [23] Lancellotta R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [24] Migliacci – F. Mola – "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a." - Masson Italia Editori 1985
- [25] C. Cestelli Guidi - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni" - Ulrico Hoepli Editore 1987
- [26] R. Lancellotta – "Geotecnica" - Edizioni Zanichelli 1987
- [27] Bowles J.E.: "Foundations Analysis and Design" 4th edition - McGraw-Hill – New York, 1988
- [28] Bustamante M., Gianceselli L. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.

|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |     |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----|
| MANDATARIA<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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 10  |

## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

#### 4.1.1 Calcestruzzo per magrone sottofondi

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Classe minima                    | C12/15 |
| Classe di esposizione ambientale | XC0    |

#### 4.1.2 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione

|   |  |
|---|--|
| Classe minima   | C25/30   |
| Classe di esposizione ambientale                        | XC2  |
| Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg | $R_{ck} \geq 30$ MPa                                   |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica     | $f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 24.90$ MPa                   |
| Resistenza media a compressione cilindrica              | $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$ MPa                      |
| Modulo elastico   | $E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$ MPa          |
| Valore medio di resistenza a trazione semplice          | $f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 2.56$ MPa            |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice               | $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 1.79$ MPa                   |
| <u>Stato limite ultimo</u>                              |  |
| Coefficiente parziale di sicurezza                      | $\gamma_C = 1.5$                                       |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata   | $\alpha_{CC} = 0.85$                                   |
| Resistenza di calcolo a compressione                    | $f_{cd} = \alpha_{CC} * f_{ck} / \gamma_C = 14.11$ MPa |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice               | $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.19$ MPa              |
| Valore ultimo della deformazione a compressione         | $\epsilon_{cu} = 3.5 \%$                               |
| <u>Stato limite di esercizio</u>                        |  |
| Tensione max di compressione – Comb. Rara               | $\sigma_c = 0.55 * f_{ck} = 13.70$ MPa                 |
| Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.        | $\sigma_c = 0.40 * f_{ck} = 9.96$ MPa                  |

#### 4.1.3 Calcestruzzo parti in elevazione pile, spalle e solettoni

|   |  |
|---|--|
| Classe minima   | C32/40   |
| Classe di esposizione ambientale                        | XC4 – XS1  |
| Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg | $R_{ck} \geq 40$ MPa                                   |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica     | $f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 33.20$ MPa                   |
| Resistenza media a compressione cilindrica              | $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$ MPa                      |
| Modulo elastico   | $E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$ MPa          |
| Valore medio di resistenza a trazione semplice          | $f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 3.10$ MPa            |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice               | $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.17$ MPa                   |
| <u>Stato limite ultimo</u>                              |  |
| Coefficiente parziale di sicurezza                      | $\gamma_C = 1.5$                                       |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata   | $\alpha_{CC} = 0.85$                                   |
| Resistenza di calcolo a compressione                    | $f_{cd} = \alpha_{CC} * f_{ck} / \gamma_C = 18.81$ MPa |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice               | $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.45$ MPa              |
| Valore ultimo della deformazione a compressione         | $\epsilon_{cu} = 3.5 \%$                               |
| <u>Stato limite di esercizio</u>                        |  |

|  |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |           |
|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><br>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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>11</b> |

Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$  MPa  
 Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$  MPa

#### 4.1.4 Calcestruzzo per baggioli e ritegni

Classe minima C32/40  
 Classe di esposizione ambientale XC4 – XS1  
 Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg  $R_{ck} \geq 40$  MPa  
 Resistenza caratteristica a compressione cilindrica  $f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 33.20$  MPa  
 Resistenza media a compressione cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$  MPa  
 Modulo elastico  $E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$  MPa  
 Valore medio di resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 3.10$  MPa  
 Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17$  MPa

Stato limite ultimo  
 Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$   
 Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{CC} = 0.85$   
 Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = \alpha_{CC} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18.81$  MPa  
 Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45$  MPa  
 Valore ultimo della deformazione a compressione  $\epsilon_{cu} = 3.5$  ‰

Stato limite di esercizio  
 Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$  MPa  
 Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$  MPa

## 4.2 ACCIAIO

### 4.2.1 Acciaio d'armatura in barre per calcestruzzo armato

Tensione caratteristica di rottura a trazione  $f_{tk} = \geq 540$  MPa  
 Tensione caratteristica di snervamento a trazione  $f_{yk} = \geq 450$  MPa  
 Modulo elastico  $E_s = 200000$  MPa

Stato limite ultimo  
 Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1.15$   
 Resistenza di calcolo  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$  MPa  
 Valore ultimo della deformazione a trazione  $\epsilon_{cu} = 10$  ‰

Stato limite di esercizio  
 Tensione max di trazione  $\sigma_s = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.50$  MPa

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>12</b> |

### 4.3 DURABILITÀ

#### 4.3.1 Conglomerati cementizi

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206: 2016 e UNI 11104: 2016, delle istruzioni contenute nella C.M. n°7 per l'applicazione delle NTC 2008, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

A seconda dell'esposizione ambientale, per opere con  $V_N = 50$  anni la circolare al punto §C4.1.6.1.3 impone il rispetto dei limiti di copriferro riportati nella tabella successiva.

Per classi di resistenza inferiori a  $C_{min}$  i valori sono da aumentare di  $\Delta c_{min} = +5$  mm.

Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di  $\Delta c_{min} = -5$  mm.

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa  $\Delta c_{dev}$ .

Nella norma UNI EN 1992-1-1 sono indicati al §4.4.1.3 i metodi per la valutazione rigorosa dei copriferri in base alla tipologia di armature e altre particolari specifiche di dettaglio previste in progetto.

Nelle tabelle seguenti si indicano i copriferri nominali  $c_{nom}$  e i parametri di mix design minimi richiesti dalle normative per ottenere le prestazioni di durabilità minime di progetto.

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

| UNI 11104:2016                                   | Classi di esposizione                      |  |     |     |        |  |               |  |      |                                    |  |  |        |        |        |   |        |        |        |        |     |
|--|--|--|-----|-----|--------|--|---------------|--|------|------------------------------------|--|--|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|-----|
|  | Nessun rischio di corrosione dell'armatura | Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione |     |     |        | Corrosione delle armature indotte da cloruri                                       |               |  |      |                                    |  | Attacchi da cicli di gelo/disgelo  |        |        |        | Ambiente aggressivo per attacco chimico   |        |        |        |        |     |
|  |  | X0   | XC1 | XC2 | XC3    | XC4  | Acqua di mare |  |      | Cloruri provenienti da altre fonti |  |  | XF1    | XF2    | XF3    | XF4   | XA1    | XA2    | XA3    |        |     |
| Massimo rapporto a/c                             | -  | 0,80   |     |     | 0,50   | 0,50   |               |  | 0,45 |                                    |  | 0,55   |        | 0,50   |        | 0,45  | 0,55   | 0,50   | 0,45   |        |     |
| Minima classe di resistenza                      | C12/15                                     | C25/30   |     |     | C30/37 | C32/40   | C32/40        |  |      | C35/45                             |  |  | C30/37 | C32/40 | C35/45 | C32/40  | C25/30 | C30/37 | C32/40 | C35/45 |     |
| Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> ) | -  | 300  |     |     | 320    | 340  | 340           |  |      | 360                                |  |  | 320    | 340    | 360    | 320   | 340    | 360    | 320    | 340    | 360 |
| Contenuto minimo in aria (%)                     |  |  |     |     |        |  |               |  |      |                                    |  |  |        | b)     | 4,0 a) |   |        |        |        |        |     |
| Altri requisiti                                  |  |  |     |     |        | E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9156 |               |  |      |                                    |  | E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo |        |        |        | In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati. c) |        |        |        |        |     |

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TS 15177 0 UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. 11 valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm, per Dupper inferiori limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).

b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

d) Quando si applica il concetto di valore  $k$  il rapporto massimo a/c e il contenuto minima di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Tabella 2 - Prospetto requisiti di mix-design (UNI 11104)

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

| $C_{min}$ | $C_o$  | ambiente   | barre da c.a. elementi a piastra |                     | barre da c.a. altri elementi |                     | cavi da c.a.p. elementi a piastra |                     | cavi da c.a.p. altri elementi |                     |
|-----------|--------|------------|----------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
|           |        |            | $C > C_o$                        | $C_{min} < C < C_o$ | $C > C_o$                    | $C_{min} < C < C_o$ | $C > C_o$                         | $C_{min} < C < C_o$ | $C > C_o$                     | $C_{min} < C < C_o$ |
| C25/30    | C35/45 | ordinario  | 15                               | 20                  | 20                           | 25                  | 25                                | 30                  | 30                            | 35                  |
| C30/37    | C40/50 | aggressivo | 25                               | 30                  | 30                           | 35                  | 35                                | 40                  | 40                            | 45                  |
| C35/45    | C45/55 | molto ag.  | 35                               | 40                  | 40                           | 45                  | 45                                | 50                  | 50                            | 50                  |

La classe di resistenza minima  $C_{min}$  indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

Tabella 3 - Copriferri minimi in mm (VN = 50 anni)

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>13</b> |

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Tabella 4 - Condizioni ambientali e classi di esposizione

| NOME: <b>FONDAZIONI</b>   | REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)          | Rev. 00.1  |
|---|---|--|
| <b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b><br>Corrosione da carbonatazione <b>XC2</b> Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco.<br>Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni. |   |  |
| - Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)  |   | Mix design di progetto:<br>XC2<br>0,6<br>C25/30<br>300<br>-<br>-<br>-<br>- |
| Rapporto max A/C  | XC2<br>0,60   |  |
| Classe di resistenza minima   | C25/30  |  |
| Contenuto minimo di cemento (kg/m³)   | 300   |  |
| Contenuto minimo di aria (%)  | -   |  |
| Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)   | -   |  |
| Cemento resistente ai solfati   | -   |  |
| Cemento resistente all'acqua di mare  | -   |  |
| <b>COPRIFERRO NOMINALE</b><br>$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,y} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm})$ (Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)<br>$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$ (Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)     |   |  |
| - Margine di scostamento $\Delta C_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)  |   | $\Delta C_{dev}$ (mm) <b>10</b>  |
| - Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)   |   | $C_{nom,min}$ (mm)   |
| - Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)  |   | $C_{min,b}$ (mm) <b>26</b>   |
| Tipo di acciaio <b>Ordinario</b>  |   |  |
| $\varnothing$ (mm) <b>26</b>  | diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9) |  |
| $D_{upper}$ (mm) <b>25</b>  | dimensione max aggregato  |  |
| - Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)   |   | $C_{min,dur}$ (mm) <b>30</b>   |
| Ambiente Ordinario  |   |  |
| Vita nominale <b>75</b>   | valori tabella +5 mm  | C <b>C25/30</b> Classe di resistenza utilizzata                            |
| Controllo qualità speciale cls <b>NO</b>  | valori tabella  | $C_0$ C35/45   |
| Elemento a piastra <b>NO</b>  |   | $C_{min}$ C25/30   |
| NTC 2008  | Condizioni ambientali Ordinarie   | Gruppo di esigenza A   |
|   |   | Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) <b>40</b>                               |

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>14</b> |

|  |  |   |   |                      |           |   |                                 |                  |  |
|--|--|---|---|----------------------|-----------|---|---------------------------------|------------------|--|
| <b>NOME: ELEVAZIONI</b>  |  | <b>REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)</b> |   |                      |           |   |                                 | <b>Rev. 00.1</b> |  |
| <b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>   |  |   |   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| Corrosione da carbonatazione   |  | <b>XC4</b>  | Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua.<br>Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2. |                      |           |   |                                 |                  |  |
| Corrosione da cloruri marini   |  | <b>XS1</b>  | Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare.<br>Cls di strutture in zone costiere.   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| - Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)   |  |   |   |                      |           |   |                                 |                  |  |
|  |  |   | XC4   |                      | XS1       |   |                                 |                  |  |
| Rapporto max A/C   |  |   | 0,50  |                      | 0,50      |   |                                 |                  |  |
| Classe di resistenza minima  |  |   | C32/40  |                      | C32/40    |   |                                 |                  |  |
| Contenuto minimo di cemento (kg/m³)  |  |   | 340   |                      | 340       |   |                                 |                  |  |
| Contenuto minimo di aria (%)   |  |   | -   |                      | -         |   |                                 |                  |  |
| Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)  |  |   | -   |                      | -         |   |                                 |                  |  |
| Cemento resistente ai solfati  |  |   | -   |                      | -         |   |                                 |                  |  |
| Cemento resistente all'acqua di mare   |  |   | -   |                      | SI        |   |                                 |                  |  |
|  |  |   |   |                      |           | Mix design di progetto:<br>XC4+XS1<br>0,5<br>C32/40<br>340<br>-<br>-<br>-<br>SI |                                 |                  |  |
| <b>COPRIFERRO NOMINALE</b>   |  |   |   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| $c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$ |  |   | (Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$   |  |   | (Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| - Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)                                     |  |   |   |                      |           |   | $\Delta c_{dev}$ (mm)           | <b>10</b>        |  |
| - Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)            |  |   |   |                      |           |   | $c_{nom,min}$ (mm)              |                  |  |
| - Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)   |  |   |   |                      |           |   | $c_{min,b}$ (mm)                | <b>26</b>        |  |
| Tipo di acciaio  |  | <b>Ordinario</b>  |   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| $\varnothing$ (mm)   |  | <b>26</b>   | diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| $D_{upper}$ (mm)   |  | <b>25</b>   | dimensione max aggregato  |                      |           |   |                                 |                  |  |
| - Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)  |  |   |   |                      |           |   | $c_{min,dur}$ (mm)              | <b>40</b>        |  |
| Ambiente Aggressivo  |  |   |   |                      |           |   |                                 |                  |  |
| Vita nominale  |  | <b>75</b>   | valori tabella +5 mm  |                      | C         | <b>C32/40</b>   | Classe di resistenza utilizzata |                  |  |
| Controllo qualità speciale cls   |  | <b>NO</b>   | valori tabella  |                      | $C_0$     | <b>C40/50</b>   |                                 |                  |  |
| Elemento a piastra   |  | <b>NO</b>   |   |                      | $C_{min}$ | <b>C30/37</b>   |                                 |                  |  |
| NTC 2008   |  | Condizioni ambientali Aggressive  |   | Gruppo di esigenza B |           | Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm)  |                                 | <b>50</b>        |  |

|  |  |                                 |  |   |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | COMMESSA  | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|  |  |                                 |  | LI0B  | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 15     |

|  |   |   |   |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
|--|---|---|---|-------------------------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------|
| <b>NOME: BAGGIOLI E RITEGNI</b>  |   | <b>REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)</b> |   |                               |           |                                    | <b>Rev. 00.1</b>                |                         |           |
| <b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>   |   |   |   |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| Corrosione da carbonatazione   |   | <b>XC4</b>  | Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua.<br>Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2. |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| Corrosione da cloruri marini   |   | <b>XS1</b>  | Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare.<br>Cls di strutture in zone costiere.   |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| - Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)   |   |   |   |                               |           |                                    |                                 | Mix design di progetto: |           |
|  |   | XC4   |   | XS1                           |           |                                    |                                 | XC4+XS1                 |           |
|  | Rapporto max A/C                                | 0,50  |   | 0,50                          |           |                                    |                                 | 0,5                     |           |
|  | Classe di resistenza minima                     | C32/40  |   | C32/40                        |           |                                    |                                 | C32/40                  |           |
|  | Contenuto minimo di cemento (kg/m³)             | 340   |   | 340                           |           |                                    |                                 | 340                     |           |
|  | Contenuto minimo di aria (%)                    | -   |   | -                             |           |                                    |                                 | -                       |           |
|  | Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620) | -   |   | -                             |           |                                    |                                 | -                       |           |
|  | Cemento resistente ai solfati                   | -   |   | -                             |           |                                    |                                 | -                       |           |
|  | Cemento resistente all'acqua di mare            | -   |   | SI                            |           |                                    |                                 | SI                      |           |
| <b>COPRIFERRO NOMINALE</b>   |   |   |   |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| $c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$ |   |   |   | (Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1) |           |                                    |                                 |                         |           |
| $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$   |   |   |   | (Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1) |           |                                    |                                 |                         |           |
| - Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)                                     |   |   |   |                               |           |                                    |                                 | $\Delta c_{dev}$ (mm)   | <b>10</b> |
| - Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)            |   |   |   |                               |           |                                    |                                 | $c_{nom,min}$ (mm)      |           |
| - Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)   |   |   |   |                               |           |                                    |                                 | $c_{min,b}$ (mm)        | <b>26</b> |
| Tipo di acciaio  |   | <b>Ordinario</b>  |   |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| $\varnothing$ (mm)   |   | <b>26</b>   | diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)   |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| $D_{upper}$ (mm)   |   | <b>25</b>   | dimensione max aggregato  |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| - Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)  |   |   |   |                               |           |                                    |                                 | $c_{min,dur}$ (mm)      | <b>30</b> |
| Ambiente Aggressivo  |   |   |   |                               |           |                                    |                                 |                         |           |
| Vita nominale  |   | <b>75</b>   | valori tabella +5 mm  |                               | C         | <b>C32/40</b>                      | Classe di resistenza utilizzata |                         |           |
| Controllo qualità speciale cls   |   | <b>SI</b>   | valori tabella -5 mm  |                               | $C_0$     | <b>C40/50</b>                      |                                 |                         |           |
| Elemento a piastra   |   | <b>SI</b>   |   |                               | $C_{min}$ | <b>C30/37</b>                      |                                 |                         |           |
| NTC 2008   |   | Condizioni ambientali Aggressive  |   | Gruppo di esigenza B          |           | Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) |                                 | <b>40</b>               |           |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 16     |

## 5. APPROCCIO DI CALCOLO

### 5.1 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Le opere oggetto della presente relazione sono state progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza, le azioni di calcolo e le caratteristiche dei materiali sono stati assunti in conformità con il D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 02.02.2009 n. 617/C.S.LL.PP.).

Con riferimento alle NTC, per le opere in oggetto si considerano i seguenti parametri di calcolo:

|                        |   |
|------------------------|---|
| Vita nominale          | $V_N = 75$ anni<br>(§ 2.4.1 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”)  |
| Classe d’uso           | III<br>(§ 2.4.2, “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.”) |
| Coefficiente d’uso     | $C_U = 1.5$   |
| Periodo di riferimento | $V_R = V_N \cdot C_U = 112.5$ anni  |

### 5.2 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

In accordo con quanto definito nel §2.3 delle NTC 2008, devono essere svolte le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese per Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite d’Esercizio (SLE) secondo opportune combinazioni di carico delle azioni.

#### 5.2.1 Combinazioni di carico

Come riportato al §2.5.3 delle NTC 2008, si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| $Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_P \cdot P + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + Y_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$ | Combinazione fondamentale SLU        |
| $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$  | Combinazione caratteristica rara SLE |
| $G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$   | Combinazione frequente SLE           |
| $G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$  | Combinazione quasi permanente SLE    |
| $E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$  | Combinazione sismica SLE e SLU       |
| $G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$  | Combinazione eccezionale SLU         |

$G_1$  masse dei pesi propri strutturali

$G_2$  masse dei carichi permanenti non strutturali

$P$  precompressione e pretensione

$Q_{ki}$  masse dei carichi accidentali

$E$  azione sismica

$A_d$  azione eccezionale

$\psi_0, \psi_1, \psi_2$  coefficienti di contemporaneità delle azioni (Tab.. 2.5.I oppure Tab.. 5.1.VI per i ponti stradali e Tab.. 5.2.VII per i ponti ferroviari)

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                     |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 17     |

## 5.2.2 Stati limite ultimi

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.1})$$

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$  valore di progetto della domanda, funzione dei valori di progetto delle azioni ( $F_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate ( $a_d$ )

$R_d = R(F_d ; X_d ; a_d)$  capacità di progetto in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono ( $X_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate ( $a_d$ )

$F_d = \gamma_F \cdot F_k$  azioni di progetto

$X_d = X_k / \gamma_M$  proprietà del materiale di progetto

$a_d$  parametri geometrici di progetto

$\gamma_M$  coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

## 5.2.3 Strutture non geotecniche

Fatte salve le prescrizioni specifiche e con riferimento alle tabelle seguenti, per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_F$  da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni per le verifiche di equilibrio (SLU EQU) sono quelle della colonna EQU mentre per le verifiche strutturali (SLU STR) sono quelle della colonna A1.

Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

| TIPO DI CARICO | Azioni verticali     |               | Azioni orizzontali     |               |               | Commenti                            |
|----------------|----------------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|-------------------------------------|
|                | Carico verticale (1) | Treno scarico | Frenatura e avviamento | Centrifuga    | Serpeggio     |                                     |
| Gruppo 1 (2)   | 1,0                  | -             | 0,5 (0,0)              | 1,0 (0,0)     | 1,0 (0,0)     | massima azione verticale e laterale |
| Gruppo 2 (2)   | -                    | 1,0           | 0,0                    | 1,0 (0,0)     | 1,0 (0,0)     | stabilità laterale                  |
| Gruppo 3 (2)   | 1,0 (0,5)            | -             | 1,0                    | 0,5 (0,0)     | 0,5 (0,0)     | massima azione longitudinale        |
| Gruppo 4       | 0,8 (0,6;0,4)        | -             | 0,8 (0,6;0,4)          | 0,8 (0,6;0,4) | 0,8 (0,6;0,4) | Fessurazione                        |

(1) Includendo tutti i valori (E; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>18</b> |

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

| Coefficiente  |             |                | EQU <sup>(1)</sup>  | A1                  | A2   |
|---|-------------|----------------|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti                                       | favorevoli  | $\gamma_{G1}$  | 0,90                | 1,00                | 1,00 |
|   | sfavorevoli |                | 1,10                | 1,35                | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>        | favorevoli  | $\gamma_{G2}$  | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|   | sfavorevoli |                | 1,50                | 1,50                | 1,30 |
| Ballast <sup>(3)</sup>                                  | favorevoli  | $\gamma_B$     | 0,90                | 1,00                | 1,00 |
|   | sfavorevoli |                | 1,50                | 1,50                | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>             | favorevoli  | $\gamma_Q$     | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|   | sfavorevoli |                | 1,45                | 1,45                | 1,25 |
| Azioni variabili  | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$  | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|   | sfavorevoli |                | 1,50                | 1,50                | 1,30 |
| Precompressione   | favorevole  | $\gamma_P$     | 0,90                | 1,00                | 1,00 |
|   | sfavorevole |                | 1,00 <sup>(5)</sup> | 1,00 <sup>(6)</sup> | 1,00 |
| Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente | favorevole  | $\gamma_{Ced}$ | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|   | sfavorevole |                | 1,20                | 1,20                | 1,00 |

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(6)</sup> 1,20 per effetti locali

Tabella 6 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Ponti ferroviari

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

| Azioni           |   | $\psi_0$            | $\psi_1$            | $\psi_2$ |
|------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| Azioni singole   | Carico sul rilevato a tergo delle spalle                | 0,80                | 0,50                | 0,0      |
| da traffico      | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80                | 0,50                | 0,0      |
|                  | $gr_1$  | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(1)</sup> | 0,0      |
| Gruppi di        | $gr_2$  | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(1)</sup> | -        |
| carico           | $gr_3$  | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(1)</sup> | 0,0      |
|                  | $gr_4$  | 1,00                | 1,00 <sup>(1)</sup> | 0,0      |
| Azioni del vento | $F_{Wk}$  | 0,60                | 0,50                | 0,0      |
| Azioni da        | in fase di esecuzione                                   | 0,80                | 0,0                 | 0,0      |
| neve             | SLU e SLE   | 0,0                 | 0,0                 | 0,0      |
| Azioni termiche  | $T_k$   | 0,60                | 0,60                | 0,50     |

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 7 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti ferroviari

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 19     |

## 5.2.4 Strutture geotecniche

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche strutturali (SLU STR) e geotecniche (SLU GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

### Approccio 1

Le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni ( $\gamma_F$ ), la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente la resistenza globale del sistema ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti della colonna A1 per una *Combinazione 1* e i coefficienti della colonna A2 per una *Combinazione 2*.

In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale che per quello geotecnico si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

### Approccio 2

Le verifiche si conducono con un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali per le Azioni ( $\gamma_F$ ), per la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente per la resistenza globale ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1.

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (SLU EQU), come definito al §2.6.1, impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma_F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

$E_{inst,d}$             valore di progetto dell'azione instabilizzante

$E_{stb,d}$             valore di progetto dell'azione stabilizzante

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (SLU STR) o del terreno (SLU GEO), come definiti al §2.6.1, impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$E_d = \gamma_E * E(F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$R_d = 1 / \gamma_R * R(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$F_d = \gamma_F * F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

$$a_d$$

$$\gamma_E$$

$$\gamma_M$$

$$\gamma_R$$

valore di progetto dell'azione

valore di progetto dell'effetto dell'azione

valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

azioni di progetto

parametri geotecnici di progetto

parametri geometrici di progetto

coefficiente parziale di sicurezza sugli effetti delle azioni

coefficiente parziale di sicurezza del materiale

coefficiente parziale di sicurezza globale sulle resistenze

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>20</b> |

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

|                                | Effetto     | Coefficiente Parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_E$ ) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti $G_1$       | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9 | 1,0  | 1,0  |
|                                | Sfavorevole |   | 1,1 | 1,3  | 1,0  |
| Carichi permanenti $G_2^{(4)}$ | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,8 | 0,8  | 0,8  |
|                                | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5  | 1,3  |
| Azioni variabili Q             | Favorevole  | $\gamma_{Qi}$                                       | 0,0 | 0,0  | 0,0  |
|                                | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5  | 1,3  |

<sup>(4)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$ .

Tabella 8 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro                                    | Grandezza alla quale<br>applicare il coefficiente parziale | Coefficiente<br>parziale $\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|--|--|-------------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$  | $\gamma_\varphi$                    | 1,0  | 1,25 |
| Coesione efficace                            | $c'_k$   | $\gamma_c$                          | 1,0  | 1,25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$   | $\gamma_{cu}$                       | 1,0  | 1,4  |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma_\gamma$  | $\gamma_\gamma$                     | 1,0  | 1,0  |

Tabella 9 - Coefficienti parziali per le resistenze nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

### 5.2.5 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$C_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.2})$$

$E_d = E(F_d; X_d; a_d)$       valore di progetto dell'effetto delle azioni  
 $C_d = C(F_d; X_d; a_d)$       valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

Il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

### 5.2.6 Stati limite ultimi e di esercizio sismici

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 21     |

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto. Le verifiche degli *elementi strutturali primari (ST)* si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)* e di *resistenza (RES)*, senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)*, di *resistenza (RES)* e di *duttilità (DUT)* (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità, mentre le verifiche degli *elementi non strutturali (NS)* e degli *impianti (IM)* si effettuano in termini di *funzionamento (FUN)* e *stabilità (STA)*, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Per le verifiche dettagliate di ogni parte strutturale si rimanda al capitolo §7 delle NTC 2018.

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.T.F. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                     |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>22</b> |

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

| STATI LIMITE |     | CU I | CU II               |     |     | CU III e IV         |     |                   |
|--------------|-----|------|---------------------|-----|-----|---------------------|-----|-------------------|
|              |     | ST   | ST                  | NS  | IM  | ST                  | NS  | IM <sup>(*)</sup> |
| SLE          | SLO |      |                     |     |     | RIG                 |     | FUN               |
|              | SLD | RIG  | RIG                 |     |     | RES                 |     |                   |
| SLU          | SLV | RES  | RES                 | STA | STA | RES                 | STA | STA               |
|              | SLC |      | DUT <sup>(**)</sup> |     |     | DUT <sup>(**)</sup> |     |                   |

<sup>(\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Tabella 10 – Schema delle verifiche da attuare per gli elementi strutturali primari in base alla tipologia, allo stato

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>23</b> |

### 5.3 SOFTWARE DI CALCOLO

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito. La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati. Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 5.3.1 Analisi strutturale generica

Titolo:



Caratteristiche: Programma di calcolo strutturale agli elementi finiti che esegue il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono e/o bidimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici

Autore: G + D Computing Pty Limited - Sidney NSW 2000 Australia

Distribuzione: HSH srl - Padova Italia

Versione: 2.4.6

#### 5.3.2 Verifiche sezioni strutturali

Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche

Autore: Aztec Informatica – Casole Bruzio, Cosenza

Distribuzione: Aztec Informatica S.r.l.

Versione: 10.05a

|  |  |  |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|--|--|--|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                     |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>24</b> |

Titolo:

**Sezione generica in C.A. e C.A.P.**  
**VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE**  
**Stato Limite Ultimo**  
**Metodo n**  
**Progetto a flessione e taglio di sezione rettangolare**  
**Progetto pilastri in zona sismica**

Il modulo Progetto Sezione Rettangolare è stato sviluppato nella tesi di laurea dell'Ing. Davide Pari (2001)

Il modulo Sismica è stato parzialmente sviluppato nella tesi di laurea degli Ingg. Alberto Antonini e Giovanni Tanghetti (2006)

**by Prof. Piero Gelfi**  
**VERSIONE 7.8 (novembre 2021)**

Aggiornamento sviluppato da Ing. Paolo Bertacchini con il supporto dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia.  
 Supervisione Prof. Giovanni Metelli.

**free distribution**  
**vietata la vendita**

Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche  
 Autore: Prof. Piero Gelfi  
 Distribuzione: Distribuzione libera  
 Versione: 7.8

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>25</b> |

## 5.4 VALIDAZIONE PROGRAMMI DI CALCOLO

### 5.4.1 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Ai sensi del §10.2 delle NTC 2008 si dichiara quanto segue.

#### 5.4.2 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di più codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Per quanto riguarda i criteri di modellazione e le caratteristiche dei programmi utilizzati si rimanda ai relativi paragrafi.

#### 5.4.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 5.4.4 Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### 5.4.5 Informazioni generali sull'elaborazione

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### 5.4.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 26     |

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle indagini sismiche (S27; M6) è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo B.

### 6.2 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI E STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Vedi relazioni di calcolo di verifica pali.

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>27</b> |

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G<sub>1</sub>)

| Nome                      | $\gamma_G$<br>(Fav / Sfav) | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|---------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| PP (cat. G <sub>1</sub> ) | 1.00 / 1.30                | -        | -        | -        |
| PP (ponti stradali)       | 1.00 / 1.35                | -        | -        | -        |

Per gli elementi in c.a. si considera un peso specifico  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ , per gli elementi in acciaio  $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$ .

Le azioni permanenti strutturali comprendono il peso proprio delle travi e il peso proprio della soletta.

Per il peso proprio delle travi di lunghezza 24.30 m, si considera un valore pari a 35 kN/m.

Per il peso proprio della soletta, si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato 25 m. Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce  $L=25 \text{ m}$ , di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

| Nome       | R <sub>1</sub> [kN/m] | R <sub>2</sub> [kN/m] | R <sub>3</sub> [kN/m] | R <sub>4</sub> [kN/m] |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| PP travi   | 35                    | 35                    | 35                    | 35                    |
| PP soletta | 52                    | 4                     | 4                     | 52                    |

| Reazioni totali appoggio  | R <sub>1</sub> [kN] | R <sub>2</sub> [kN] | R <sub>3</sub> [kN] | R <sub>4</sub> [kN] |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| PP (cat. G <sub>1</sub> ) | 1075                | 475                 | 475                 | 1075                |

### 7.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G<sub>2</sub>)

| Nome                  | $\gamma_G$<br>(Fav / Sfav) | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|-----------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| PP (ponti ferroviari) | 1.00 / 1.50                | -        | -        | -        |

Per le valutazioni sul calcolo degli scarichi agli appoggi delle singole campate si fa riferimento all'analisi dei carichi impalcato, che sono ricavate del modello locale usato per l'analisi della soletta, riportate sulla relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce  $L=25 \text{ m}$ .

Si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato 25 m. Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce  $L=25 \text{ m}$ , di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

|  |  |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|--|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HY</b> pro<br><small>G.T.F.</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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |

### 7.2.1 Ballast (G<sub>2,1</sub>)

| Nome    | R <sub>1</sub> [kN/m] | R <sub>2</sub> [kN/m] | R <sub>3</sub> [kN/m] | R <sub>4</sub> [kN/m] |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ballast | 26                    | 40                    | 40                    | 26                    |

| Azione totali               | R <sub>1</sub> [kN] | R <sub>2</sub> [kN] | R <sub>3</sub> [kN] | R <sub>4</sub> [kN] |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| PP (cat. G <sub>2,1</sub> ) | 325                 | 500                 | 500                 | 325                 |

### 7.2.2 Velette (G<sub>2,2</sub>)

| Nome    | R <sub>1</sub> [kN/m] | R <sub>2</sub> [kN/m] | R <sub>3</sub> [kN/m] | R <sub>4</sub> [kN/m] |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Velette | 18                    | -11                   | -11                   | 18                    |

| Azione totali               | R <sub>1</sub> [kN] | R <sub>2</sub> [kN] | R <sub>3</sub> [kN] | R <sub>4</sub> [kN] |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| PP (cat. G <sub>2,1</sub> ) | 225                 | -138                | -138                | 225                 |

### 7.2.3 Arredi (G<sub>2,3</sub>)

| Nome   | R <sub>1</sub> [kN/m] | R <sub>2</sub> [kN/m] | R <sub>3</sub> [kN/m] | R <sub>4</sub> [kN/m] |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Arredi | 34                    | -18                   | -18                   | 34                    |

| Azione totali               | R <sub>1</sub> [kN] | R <sub>2</sub> [kN] | R <sub>3</sub> [kN] | R <sub>4</sub> [kN] |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| PP (cat. G <sub>2,1</sub> ) | 425                 | -225                | -225                | 425                 |

### 7.2.4 Barriere antirumore (G<sub>2,4</sub>)

| Nome     | R <sub>1</sub> [kN/m] | R <sub>2</sub> [kN/m] | R <sub>3</sub> [kN/m] | R <sub>4</sub> [kN/m] |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Barriere | 46                    | -26                   | -26                   | 46                    |

| Azione totali               | R <sub>1</sub> [kN] | R <sub>2</sub> [kN] | R <sub>3</sub> [kN] | R <sub>4</sub> [kN] |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| PP (cat. G <sub>2,1</sub> ) | 575                 | -325                | -325                | 575                 |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 29     |

### 7.3 RITIRO DEL CALCESTRUZZO (E<sub>2</sub>)

| Nome                      | Tipo                                 | $\gamma_{e2}$<br>(Fav / Sfav)                           | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|---------------------------|--------------------------------------|---|----------|----------|----------|
| RITIRO (ponti ferroviari) | Ritiro, viscosità, cedimenti imposti | EQU 0.00 / 1.20<br>(A1) 0.00 / 1.20<br>(A2) 0.00 / 1.00 | -        | -        | -        |

Dato che il ritiro dipende dal tempo di maturazione del calcestruzzo, dalla resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale dell'impalcato (ritiro secondario).

Nel primo caso l'accorciamento primario della soletta determina l'insorgenza di tensioni di scorrimento all'interfaccia soletta-trave e uno stato di pressoflessione della sezione mista.

Nel secondo caso l'accorciamento secondario della soletta determina l'insorgenza di reazioni iperstatiche sulla statica globale dell'impalcato.

Nel caso in cui l'impalcato presenti uno schema isostatico, il ritiro secondario viene interamente assorbito dalle sezioni resistenti longitudinali con l'insorgenza di sole deformazioni cinematiche e nessuna tensione aggiuntiva, pertanto tale azione non viene trattata direttamente per il calcolo delle sottostrutture in oggetto.

|  |                                 |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |     |
|--|---------------------------------|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 30  |

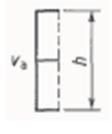
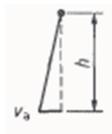
## 7.4 SPINTA DEL TERRENO (G<sub>3</sub>)

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

| Nome              | Tipo       | γ <sub>G1</sub><br>(Fav / Sfav)                         | ψ <sub>0</sub> | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> |
|-------------------|------------|---|----------------|----------------|----------------|
| TERRENO,<br>FALDA | Permanente | EQU 0.90 / 1.10<br>(A1) 1.00 / 1.30<br>(A2) 1.00 / 1.00 | -              | -              | -              |

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

Table C.1 — Ratios  $v_s/h$

| Kind of wall movement |   | $v_s/h$<br>loose soil<br>% | $v_s/h$<br>dense soil<br>% |
|-----------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| a)                    |   | 0,4 to 0,5                 | 0,1 to 0,2                 |
| b)                    |  | 0,2                        | 0,05 to 0,1                |
| c)                    |  | 0,8 to 1,0                 | 0,2 to 0,5                 |
| d)                    |  | 0,4 to 0,5                 | 0,1 to 0,2                 |

where:  
 $v_s$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

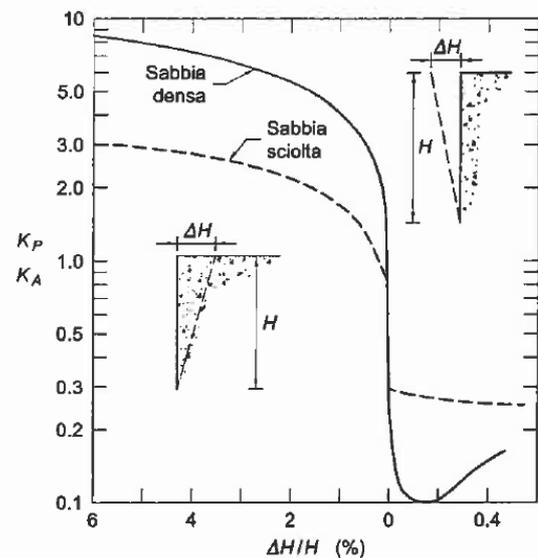


Figura 5 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancellotta (1999)

### 7.4.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

|  |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |     |
|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.<br>MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 31  |

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot k_0$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha$$

$$OCR = 1$$

grado di sovraconsolidazione

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha) \cdot (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

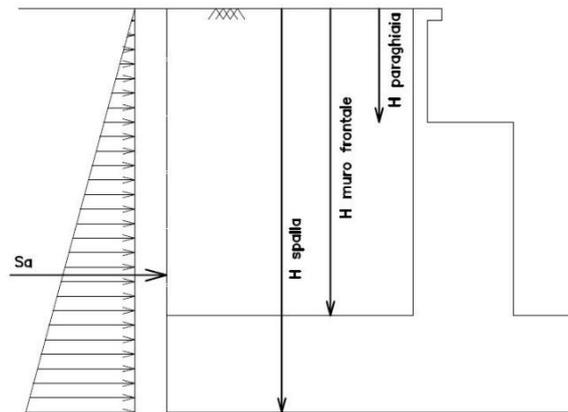


Figura 6: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

## 7.4.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

La spinta attiva statica totale sulla parete  $S_{ah}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\operatorname{sen}^2(\psi + \varphi)}{\operatorname{sen}^2 \psi \cdot \operatorname{sen}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\varphi + \delta) \cdot \operatorname{sen}(\varphi - \beta)}{\operatorname{sen}(\psi - \delta) \cdot \operatorname{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$$\sigma_v(z)$$

pressione verticale del terreno

$$H$$

altezza della parete di spinta

$$\varphi$$

angolo attrito del terreno

$$\delta = 0$$

attrito tra terreno e parete

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 32     |

$$\psi = 90^\circ$$

$\beta$

$c$

angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

coesione del terreno

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni, viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

$\gamma_{\text{sat}}$

$\gamma_w$

$$S_{\text{ah}} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{\text{ws}} + E_{\text{wd}}$$

$$\sigma'_h(z) = \sigma'_h(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$\sigma'_v(z)$

$E_{\text{ws}}$

$E_{\text{wd}}$

peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)

peso di volume dell'acqua

spinta attiva statica totale efficace sul muro

pressione orizzontale di spinta efficace del terreno

pressione verticale efficace del terreno

spinta idrostatica

spinta idrodinamica

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>33</b> |

## 7.5 AZIONI VARIABILI VERTICALI (Q)

### 7.5.1 Azioni da traffico ferroviario (Q<sub>1</sub>)

| Nome             | Tipo        | Y <sub>Q</sub><br>(Fav / Sfav) |         | ψ <sub>0</sub> | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> |
|------------------|-------------|--------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| AZIONI VERTICALI | Variabili   | EQU 0.00 / 1.45                | Singole | 0.80           | 0.50           | 0.00           |
|                  | da traffico | (A1) 0.00 / 1.45               | gr.1    | 0.80           | 0.80           | 0.00           |
|                  | ferroviario | (A2) 0.00 / 1.25               | gr.2    | -              | -              | -              |
|                  |             |                                | gr.3    | 0.80           | 0.80           | 0.00           |
|                  |             |                                | gr.4    | 1.00           | 1.00           | 0.00           |

Si considerano i sovraccarichi ferroviari in accordo al §5.2.2.3 delle NTC2008, per mezzo di diversi modelli di carico rappresentativi delle tipologie di traffico ferroviario, normale o pesante. I valori dei suddetti carichi saranno poi moltiplicati per un coefficiente di adattamento  $\alpha$ , variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

Per i requisiti S.T.I. imposti sulla tratta ferroviaria in progetto, per le categorie di traffico passeggeri P2/P4 il coefficiente  $\alpha = 1.0$  e per le categorie merci F1 il coefficiente  $\alpha = 1.0$ .

Nei dimensionamenti per le opere in oggetto, rimanendo a favore di sicurezza, si considerano i coefficienti imposti dalle NTC2008, superiori o uguali a quelli S.T.I., come descritto nei paragrafi successivi per i singoli modelli di carico.

Tabella 11

Fattore alfa ( $\alpha$ ) per la progettazione di strutture nuove

| Tipo di traffico      | Valore minimo del fattore alfa ( $\alpha$ ) |
|-----------------------|---|
| <b>P1, P2, P3, P4</b> | 1,0   |
| P5                    | 0,91  |
| P6                    | 0,83  |
| P1520                 | Punto in sospeso                            |
| P1600                 | 1,1   |
| <b>F1, F2, F3</b>     | 1,0   |
| F4                    | 0,91  |
| F1520                 | Punto in sospeso                            |
| F1600                 | 1,1   |

Figura 7 – Specifiche Tecniche di Interoperabilità (S.T.I.) - Requisiti carichi da traffico ferroviario

|  |                                 |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |                 |
|--|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> | REV<br><b>B</b> |

### 7.5.1.1 Modello di carico LM71

Il treno LM71 è schematizzato da n°4 assi da 250 kN su una lunghezza di 6.40 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una lunghezza illimitata.

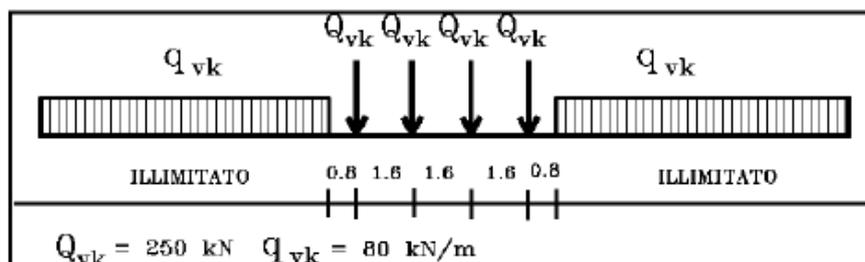


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

Figura 8 – Schema treno di carico LM71

Per questo modello è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento  $s$  per tenere conto dello spostamento dei carichi. Per  $s=1435$  mm risulta pari a  $s/18=80$  mm. Per la progettazione di ferrovie ordinarie il valore del coefficiente di adattamento è  $\alpha=1.1$ .

### 7.5.1.2 Modello di carico SW

Per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni, il modello di carico SW/0 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale per travi continue (utilizzato solo per travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71), il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

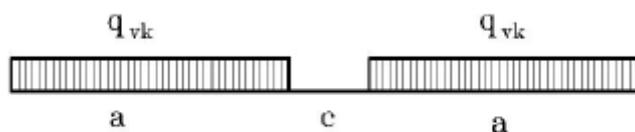


Fig. 5.2.2 -Modelli di carico SW

Tab. 5.2.I - Caratteristiche Modelli di Carico SW

| Tipo di Carico | $q_{vk}$ [kN/m] | $a$ [m] | $c$ [m] |
|----------------|-----------------|---------|---------|
| SW/0           | 133             | 15,0    | 5,3     |
| SW/2           | 150             | 25,0    | 7,0     |

Figura 9 – Schema treno di carico SW

Il valore del coefficiente di adattamento da adottarsi nella progettazione delle ferrovie ordinarie è pari, rispettivamente, a  $\alpha=1.1$  per il modello di carico SW/0 ed a  $\alpha=1.0$  per il modello di carico SW/2.

|  |  |                                 |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |           | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 35     |

### 7.5.1.3 Effetti dinamici

Le azioni statiche dei modelli di carico devono essere incrementate per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli, gli effetti di amplificazione dinamica dovranno valutarsi:

- per le usuali tipologie di ponti e per velocità di percorrenza non superiore a 200 km/h, quando la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente è sufficiente utilizzare i coefficienti dinamici  $\Phi$  definiti in §5.2.2.2.3 D.M. 14/01/2008. Come riportato in § 2.5.1.4.2.5.2 del MdP, si adotta il coefficiente dinamico  $\Phi_3=1.00$  poiché si sta studiando il comportamento di una spalla;
- per le usuali tipologie di ponti, ove la velocità di percorrenza sia superiore a 200 km/h e quando la frequenza propria della struttura non ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente, e comunque per le tipologie non convenzionali (ponti strallati, ponti sospesi, ponti di grande luce, ponti metallici difforni dalle tipologie in uso in ambito ferroviario, ecc.) dovrà effettuarsi una analisi dinamica adottando convogli "reali" e parametri di controllo specifici dell'infrastruttura e del tipo di traffico ivi previsto, per ulteriori dettagli fare riferimento alle valutazioni contenute nella relazione di calcolo degli impalcati presenti sulla sottostruttura in oggetto.

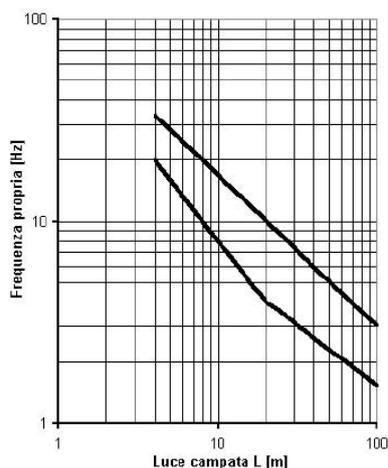


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie  $n_o$  in Hz in funzione della luce della campata

Figura 10 – Limiti frequenze proprie per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$

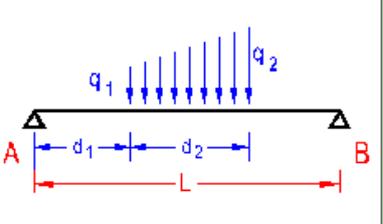
### 7.5.1.4 Calcolo per campata L=25 m

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.



|   |   |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |                 |
|---|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA<br> | 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> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |                 |
|   |   | VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br>Relazione di calcolo Spalla S2  | 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>VI 10 04</b> |  |  | Progr<br><b>002</b> | Rev<br><b>B</b> |





**Vincoli**

App. - App.

Inc. - Inc.

Inc. - App.

Mensola

Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**  **Zoom**

| N° | q1  | q2  | d1 | d2   |
|----|-----|-----|----|------|
| 1  | 150 | 150 | 0  | 22,6 |

**N° Carichi CONCENTRATI**  **Zoom**

**N° Coppie CONCENTRATE**  **Zoom**

Luce  m    J  cm<sup>4</sup>    **Sezione**

E  MPa     Distanze parziali

**Risultati**

| Reazioni vincolari |     |                                    |    |                                    |
|--------------------|-----|------------------------------------|----|------------------------------------|
| MA                 | kNm | <input type="text" value="0"/>     | MB | <input type="text" value="0"/>     |
| RA                 | kN  | <input type="text" value="1.695"/> | RB | <input type="text" value="1.695"/> |

|                |       |                                       |                |                                       |
|----------------|-------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| Φ <sub>A</sub> | [rad] | <input type="text" value="0,001489"/> | Φ <sub>B</sub> | <input type="text" value="0,001489"/> |
| max M+         |       | <input type="text" value="9.577"/>    | x max M+       | <input type="text" value="11,3"/>     |
| max M-         |       | <input type="text" value="0"/>        | x max M-       | <input type="text" value="0"/>        |
| f max          | m     | <input type="text" value="0,01051"/>  | x f max        | <input type="text" value="11,3"/>     |

**Diagrammi**

M     V     C    **Stampa**

**Risultati all'ascissa x**

| x                              | M(x)                           | V(x)                               | f(x)                           |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="1.695"/> | <input type="text" value="0"/> |

N° sezioni di calcolo     **Calcola**

Figura 11 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico SW/2

$$V_{\max} = 1695 \text{ kN}$$

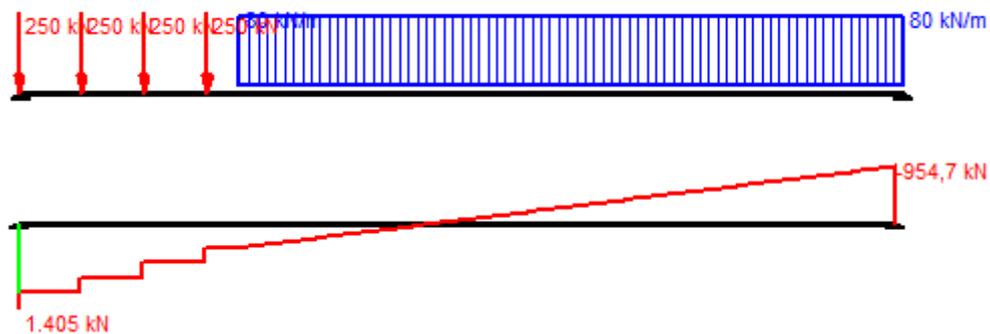
$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1695 / (22.60/2) = 150.0 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.00 \cdot 150.0 \cdot 22.60/2 = 1695.0 \text{ kN}$$

(Q1\_SW/2 B1)

Carico equivalente tagliante

Azione verticale applicata con e=+2.00 m



|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |           |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>37</b> |

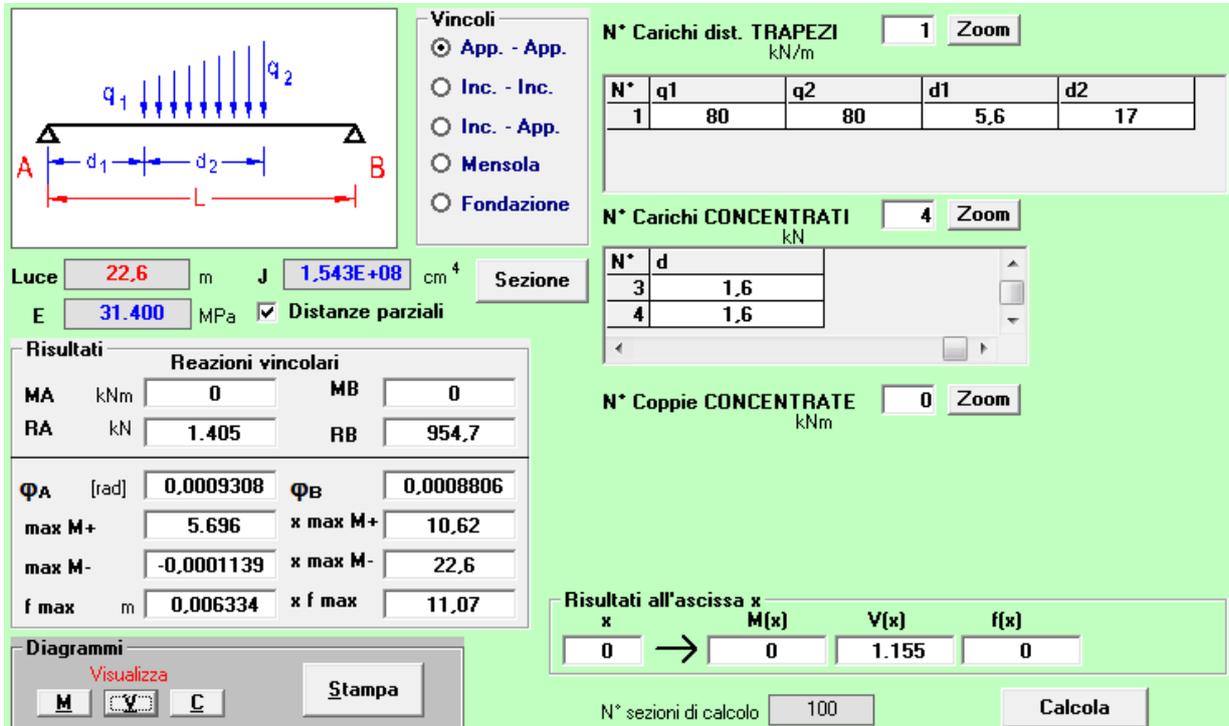


Figura 12 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico LM71

$$V_{\max} = 1405 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1405 / (22.60/2) = 124.3 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.10 \cdot 124.3 \cdot 22.60/2 = 1545.1 \text{ kN}$$

(Q1\_LM71 B1)  
 Carico equivalente tagliante  
 Azione verticale applicata con e=+2.08 m

$$V_{\max} = 1405 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1405 / (22.60/2) = 124.3 \text{ kN}$$

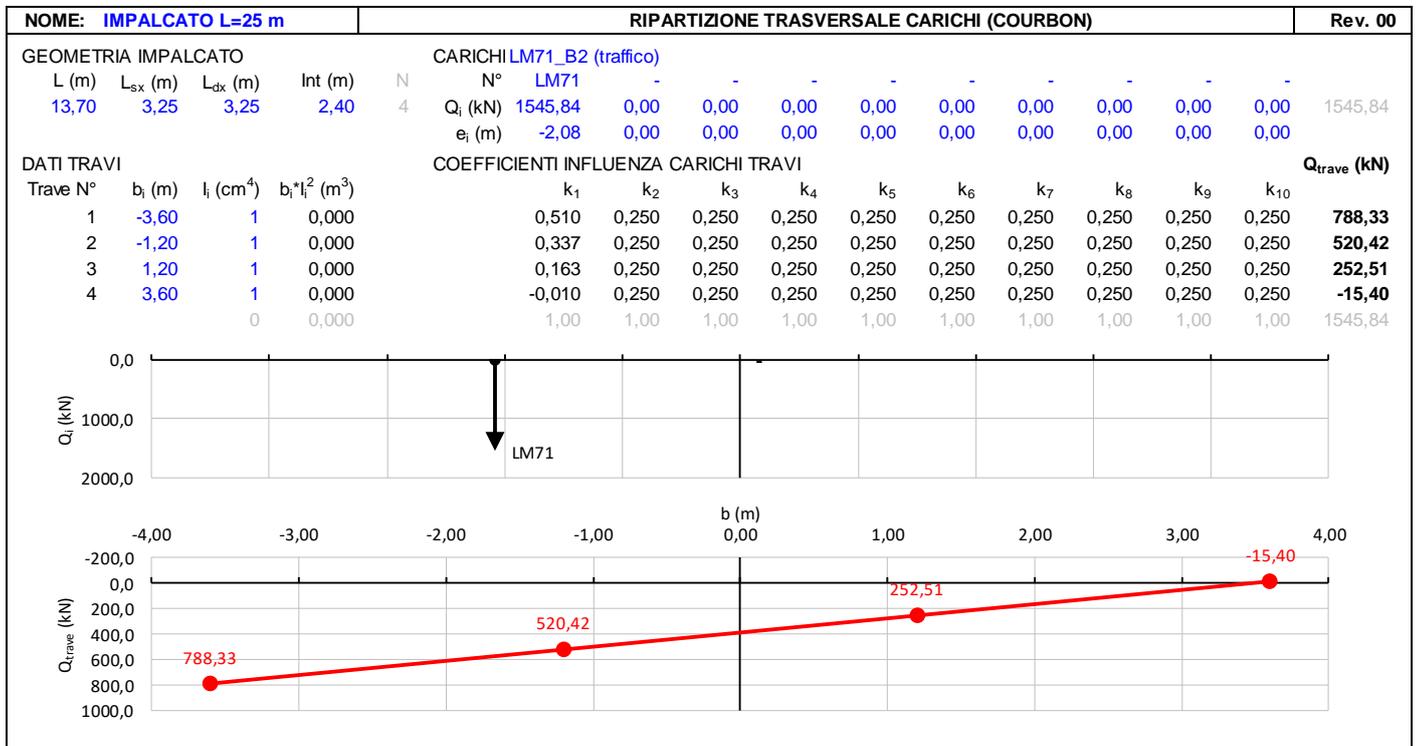
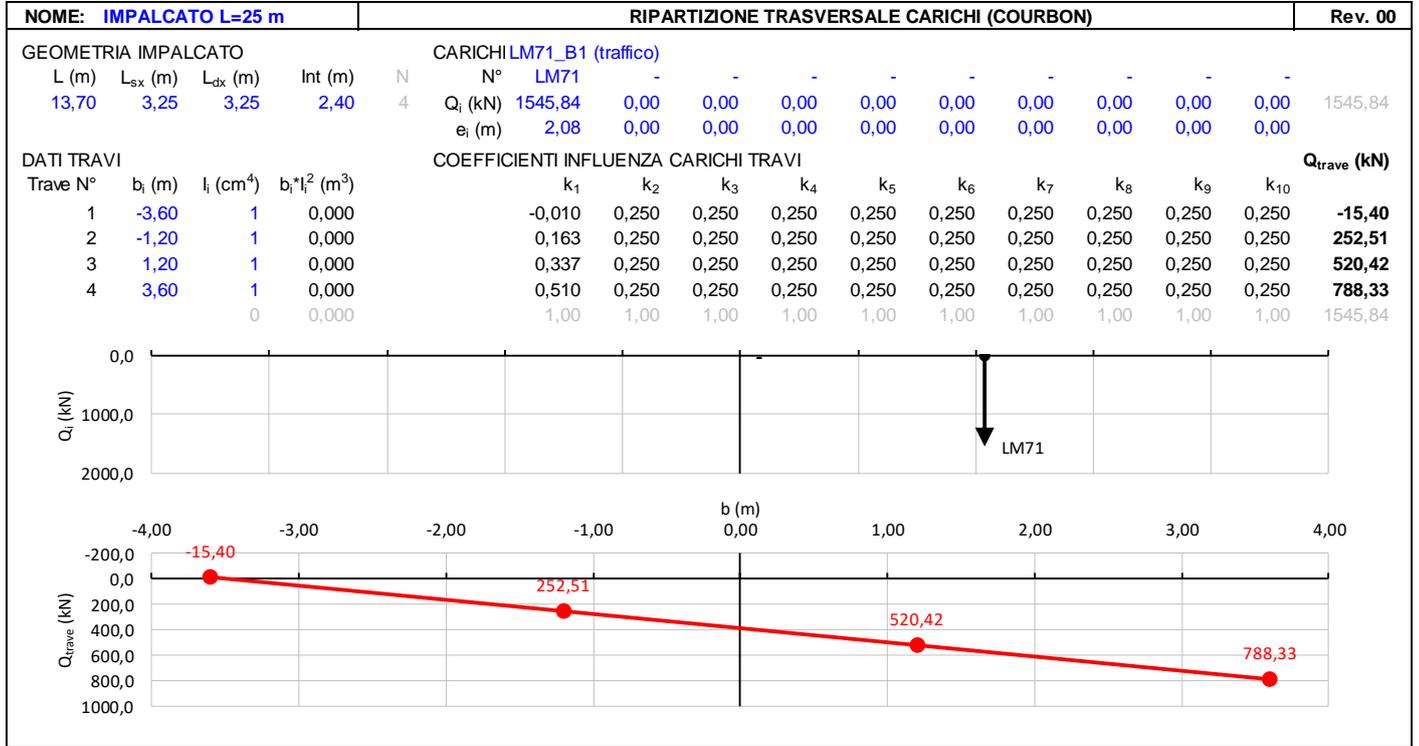
$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.10 \cdot 124.3 \cdot 22.60/2 = 1545.1 \text{ kN}$$

(Q1\_LM71 B2)  
 Carico equivalente tagliante  
 Azione verticale applicata con e=-2.08 m

Le precedenti azioni vengono rigidamente distribuite alla Courbon calcolando in prossimità degli appoggi trave le reazioni verticali di equilibrio.

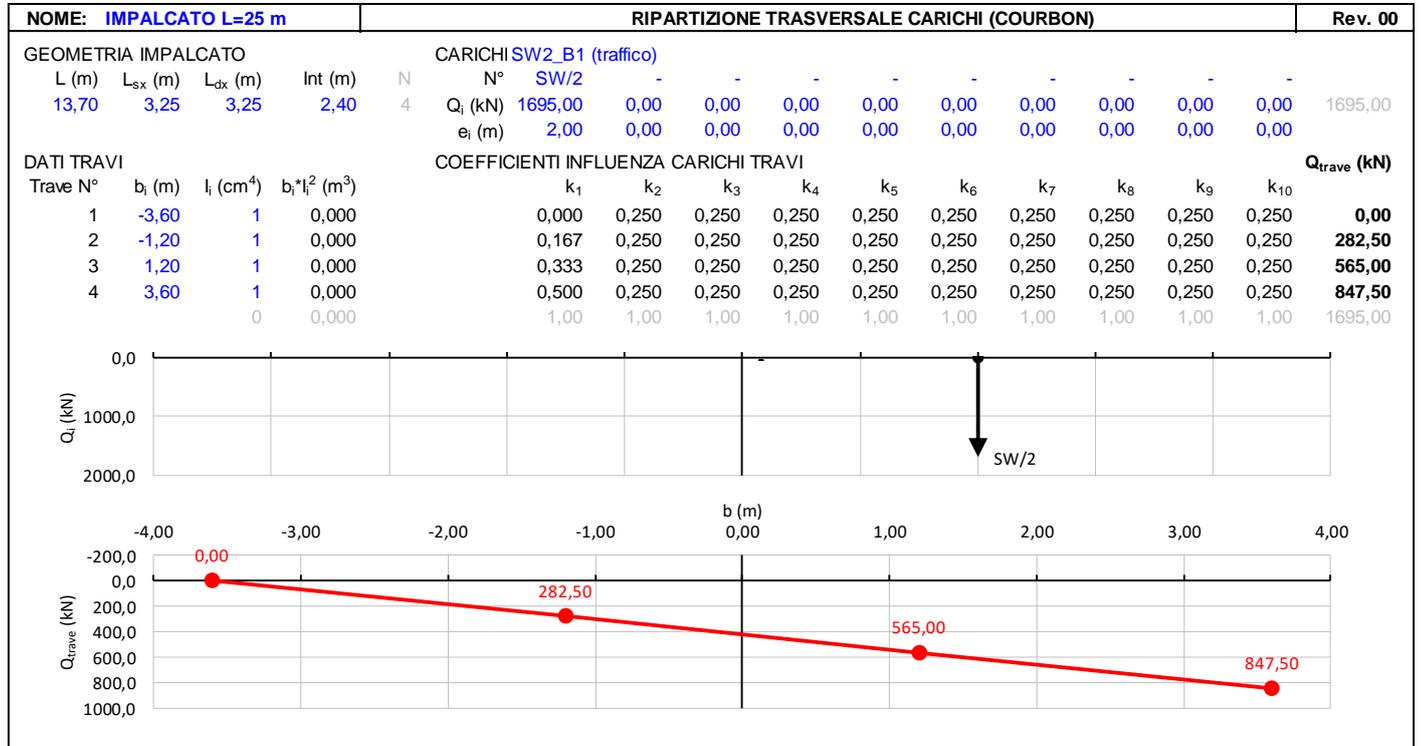
**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 38     |



**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 39     |



### 7.5.1.5 Decentramento dei carichi in tracciato curvilineo

Ai fini del calcolo delle sottostrutture, per un tracciato di lunghezza  $L=25$  m, raggio massimo ipotetico di  $R=2200$  m, si ha un decentramento del carico pari a circa  $e=R-\sqrt{(R^2-L^2/4)}=0,035$  m; pertanto, si ritiene tale effetto trascurabile in relazione alle dimensioni geometriche della sezione di appoggio.

### 7.5.1.6 Carichi sui marciapiedi

In accordo al punto 5.2.2.3.2, il carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e viene quindi utilizzato solo per le verifiche locali della soletta di impalcato.

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 40     |

### 7.5.1.7 Numero di treni contemporanei

Nella progettazione andrà considerata l'eventuale contemporaneità di più treni, in genere sia per traffico normale (LM71) sia per traffico pesante (SW/2). Le azioni da traffico considerano una configurazione in campata, davanti alla spalla, in cui si massimizza il taglio all'appoggio.

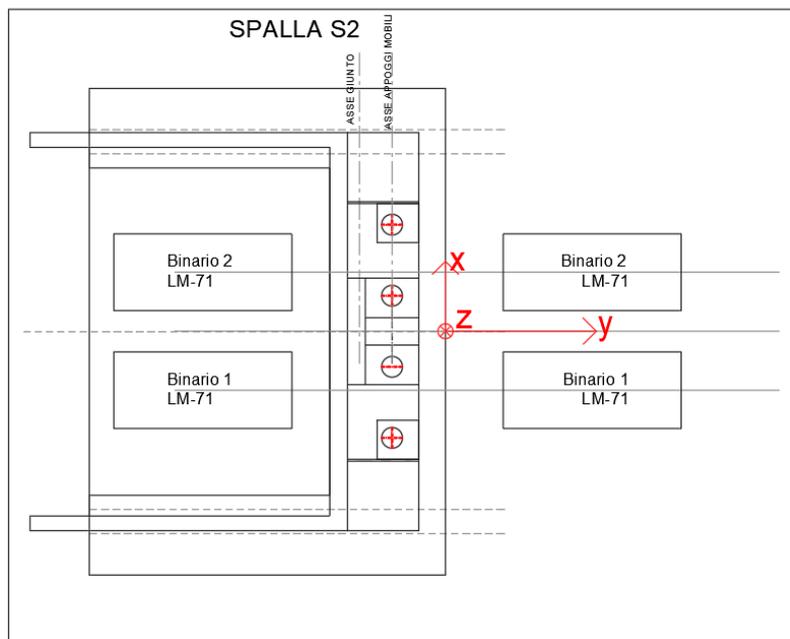
Dietro la spalla si è considerato un sovraccarico da traffico generato dalla presenza del treno di carico LM71 su entrambi i binari dietro la spalla, che si considera in contemporaneo alla presenza dei treni di carico in campata.

Le condizioni da traffico in campata valutate per le spalle sono descritte in seguito:

- Traffico-1: Due treni di carico in contemporaneo: LM71 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2.
- Traffico-2: Due treni di carico in contemporaneo: SW2 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2
- Traffico-3: Un treno di carico: SW2 sul binario 1.

Nella figura successiva vengono riportati gli schemi considerati:

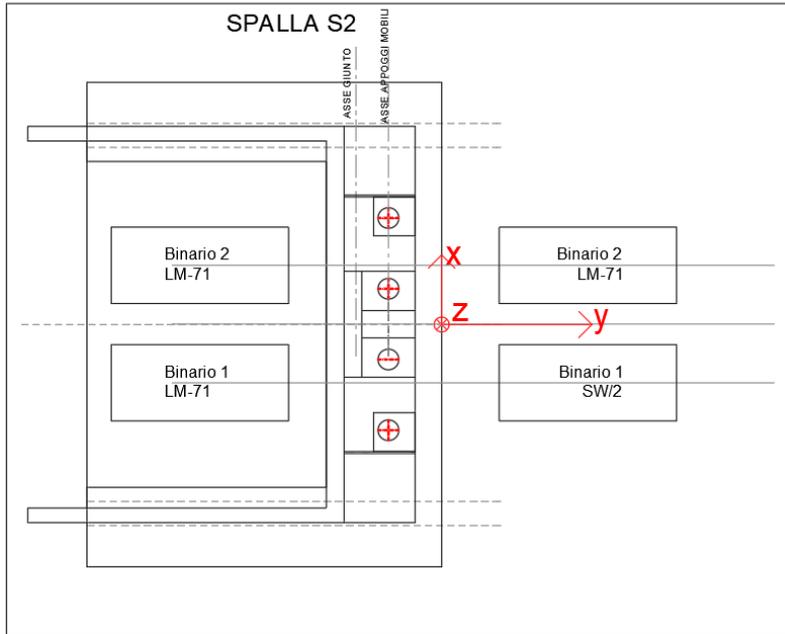
TRAFFICO-1



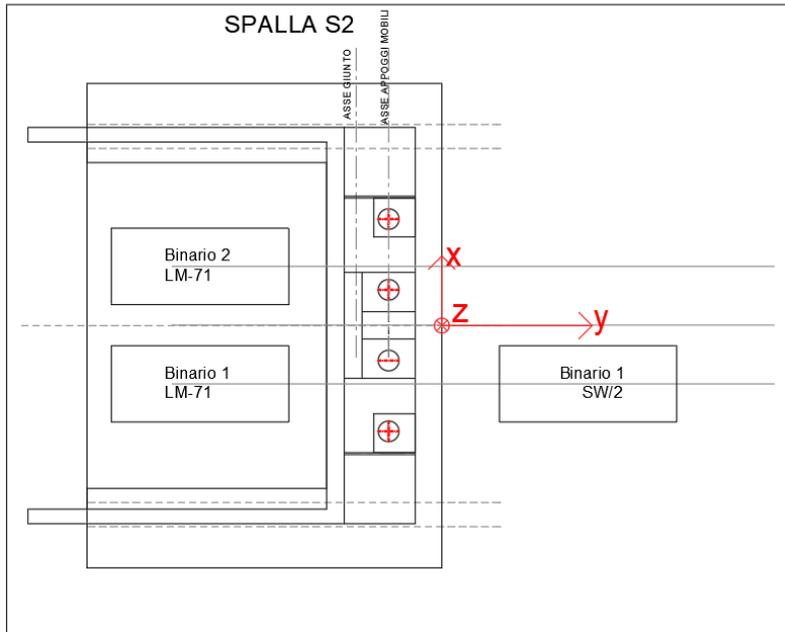
**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 41     |

**TRAFFICO-2**



**TRAFFICO-3**



*Figura 13 – Schemi di contemporaneità dei treni sui binari*

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 42     |

Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

| Numero di binari | Binari Carichi | Traffico normale      |                       | Traffico pesante <sup>(2)</sup> |
|------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
|                  |                | caso a <sup>(1)</sup> | caso b <sup>(1)</sup> |                                 |
| 1                | Primo          | 1,0 (LM 71''+''SW/0)  | -                     | 1,0 SW/2                        |
| 2                | Primo          | 1,0 (LM 71''+''SW/0)  | -                     | 1,0 SW/2                        |
|                  | secondo        | 1,0 (LM 71''+''SW/0)  | -                     | 1,0 (LM 71''+''SW/0)            |
| ≥3               | Primo          | 1,0 (LM 71''+''SW/0)  | 0,75 (LM 71''+''SW/0) | 1,0 SW/2                        |
|                  | secondo        | 1,0 (LM 71''+''SW/0)  | 0,75 (LM 71''+''SW/0) | 1,0 (LM 71''+''SW/0)            |
|                  | Altri          | -                     | 0,75 (LM 71''+''SW/0) | -                               |

<sup>(1)</sup> LM71 ''+'' SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Figura 14 – Carichi mobili da considerare nel caso di strutture a più binari

|  |  |                                 |  |   |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | COMMESSA  | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|  |  |                                 |  | LI0B  | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 43     |

## 7.6 AZIONI ECCEZIONALI (A)

### 7.6.1 Deragliamento al di sopra del ponte

In accordo col §2.5.1.5 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende il contenuto del §5.2.2.9.2 delle NTC08, oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto.

#### 7.6.1.1 Impalcato in c.a.p. di luce $L=25\text{ m}$

##### 7.6.1.1.1 Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60\text{ kN/m}$  (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m. Trasversalmente i carichi distano fra loro di  $S$  (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

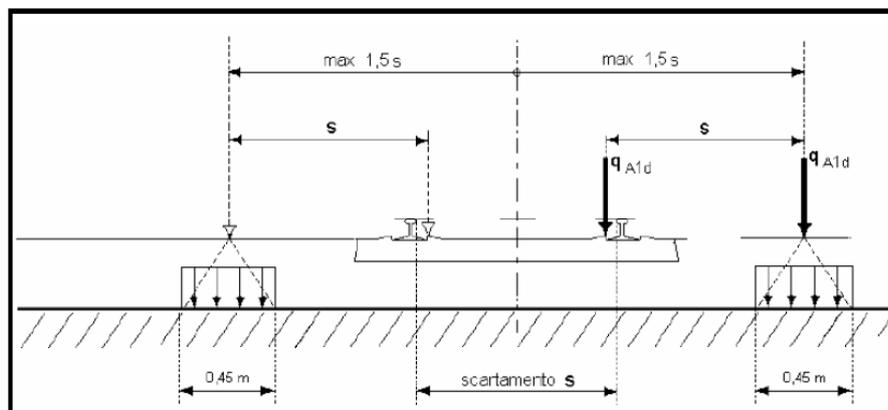
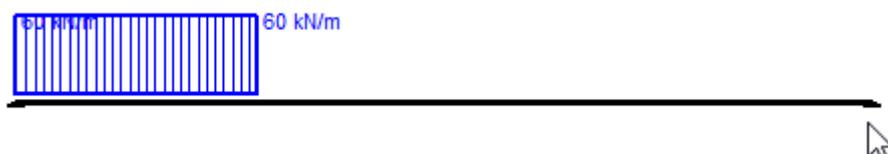


Figura 5.2.12 - Caso 1

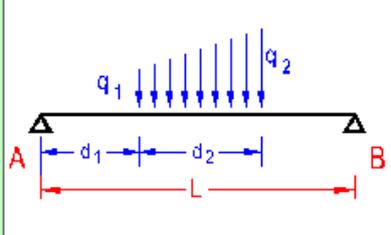
Figura 15 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguito riportato.



|   |   |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |                 |
|---|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA<br> | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> | REV<br><b>B</b> |





**Vincoli**

 App. - App.  
 Inc. - Inc.  
 Inc. - App.  
 Mensola  
 Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI

| N° | q1 | q2 | d1 | d2  |
|----|----|----|----|-----|
| 1  | 60 | 60 | 0  | 6.4 |

N° Carichi CONCENTRATI

N° Coppie CONCENTRATE

Luce  m    J  cm<sup>4</sup>    Sezione

E  MPa     Distanze parziali

**Risultati**

| Reazioni vincolari |     |                                    |    |                                    |
|--------------------|-----|------------------------------------|----|------------------------------------|
| MA                 | kNm | <input type="text" value="0"/>     | MB | <input type="text" value="0"/>     |
| RA                 | kN  | <input type="text" value="329.6"/> | RB | <input type="text" value="54.37"/> |

|        |       |  |          |  |
|--------|-------|--|----------|--|
| ΦA     | [rad] | <input type="text" value="0.0001408"/> | ΦB       | <input type="text" value="9.170E-05"/> |
| max M+ |       | <input type="text" value="905.3"/>     | x max M+ | <input type="text" value="5.424"/>     |
| max M- |       | <input type="text" value="0"/>         | x max M- | <input type="text" value="0"/>         |
| f max  | m     | <input type="text" value="0.0007813"/> | x f max  | <input type="text" value="9.718"/>     |

**Risultati all'ascissa x**

| x | M(x) | V(x)  | f(x) |
|---|------|-------|------|
| 0 | → 0  | 329.6 | 0    |

N° sezioni di calcolo

**Diagrammi**

Visualizza

Figura 16 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

$$V_{\max} = 329.6 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 330 / (22.60/2) = 29.2 \text{ kN/m}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 29.2 * 22.60/2 = 329.60 \text{ kN}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 29.2 * 22.60/2 = 329.60 \text{ kN}$$

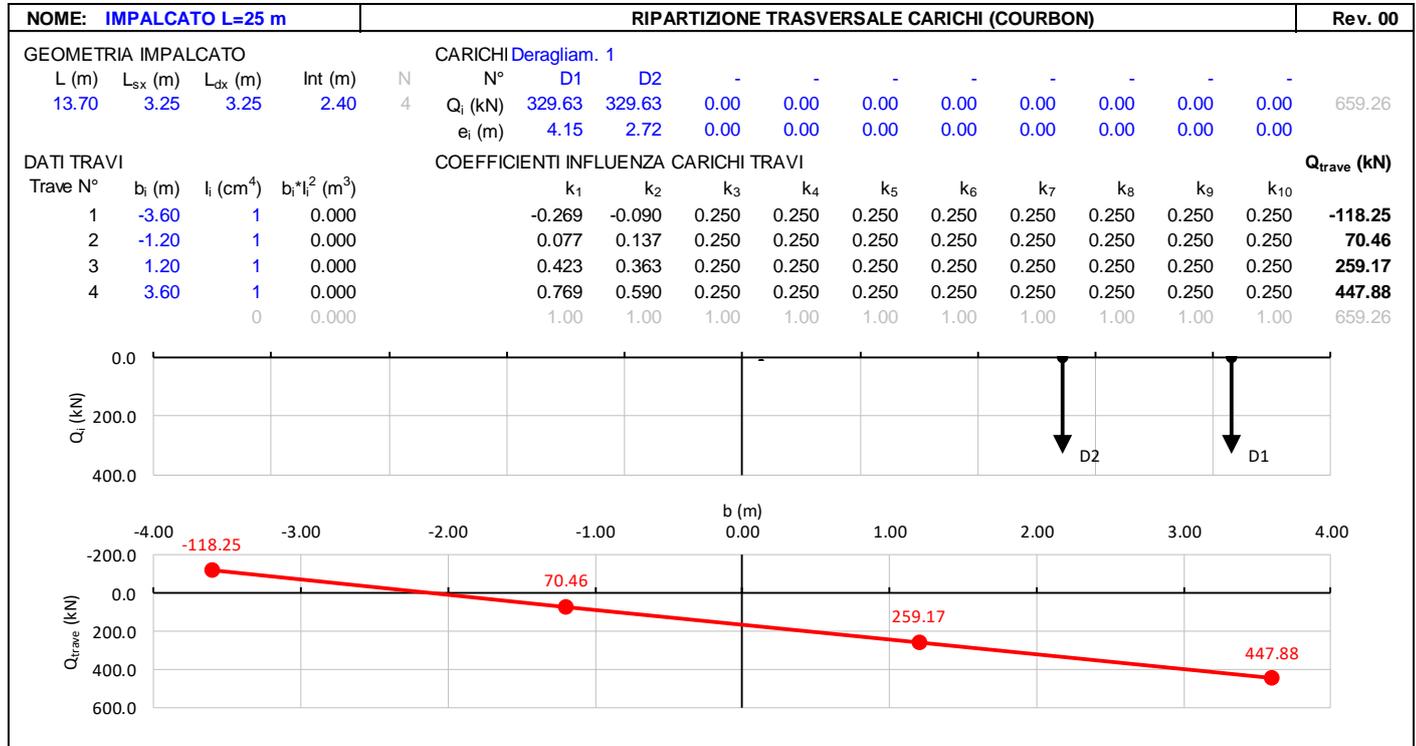
Carico equivalente tagliante

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 1.5 = 4.15 \text{ m}$$

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 0.5 = 2.72 \text{ m}$$

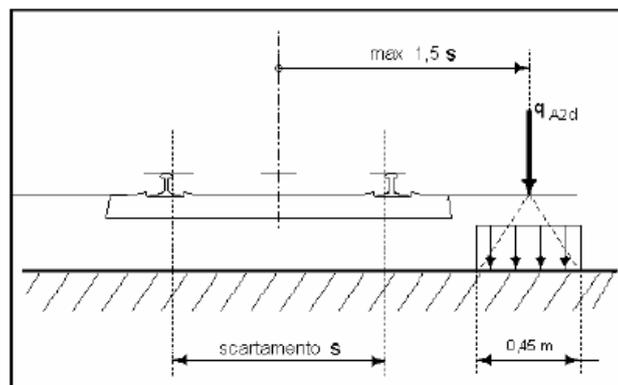
**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 45     |



**7.6.1.1.2 Caso 2**

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d} = 80 \text{ kN/m} \times 1.4$  esteso per 20,00 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,50 s rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13). Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc. Per impalcati metallici con armamento diretto, il caso 2 dovrà essere considerato solo per le verifiche globali.

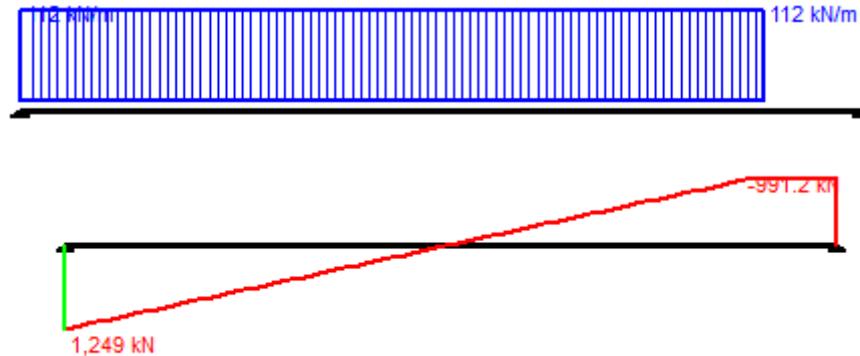


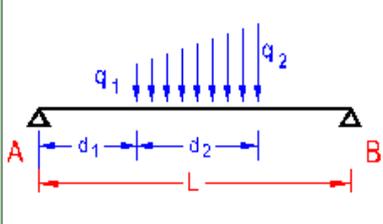
**Figura 5.2.13 - Caso 2**

*Figura 17 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2*

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguito riportato.

|   |   |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br> | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |





**Vincoli**

App. - App.

Inc. - Inc.

Inc. - App.

Mensola

Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**  **Zoom**

| N° | q1  | q2  | d1 | d2 |
|----|-----|-----|----|----|
| 1  | 112 | 112 | 0  | 20 |

**N° Carichi CONCENTRATI**  **Zoom**

**N° Coppie CONCENTRATE**  **Zoom**

Luce  m    J  cm<sup>4</sup>    Sezione

E  MPa     Distanze parziali

**Risultati**

| Reazioni vincolari |       |  |          |                                       |
|--------------------|-------|--|----------|---------------------------------------|
| MA                 | kNm   | <input type="text" value="0"/>         | MB       | <input type="text" value="0"/>        |
| RA                 | kN    | <input type="text" value="1,249"/>     | RB       | <input type="text" value="991.2"/>    |
| ΦA                 | [rad] | <input type="text" value="0.001083"/>  | ΦB       | <input type="text" value="0.001060"/> |
| max M+             |       | <input type="text" value="6,962"/>     | x max M+ | <input type="text" value="11.07"/>    |
| max M-             |       | <input type="text" value="-0.001411"/> | x max M- | <input type="text" value="22.6"/>     |
| f max              | m     | <input type="text" value="0.007603"/>  | x f max  | <input type="text" value="11.3"/>     |

**Risultati all'ascissa x**

| x | M(x)                           | V(x)                               | f(x)                           |
|---|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 0 | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="1,249"/> | <input type="text" value="0"/> |

N° sezioni di calcolo     **Calcola**

**Diagrammi**

Figura 18 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2

$$V_{\max} = 1248.8 \text{ kN}$$

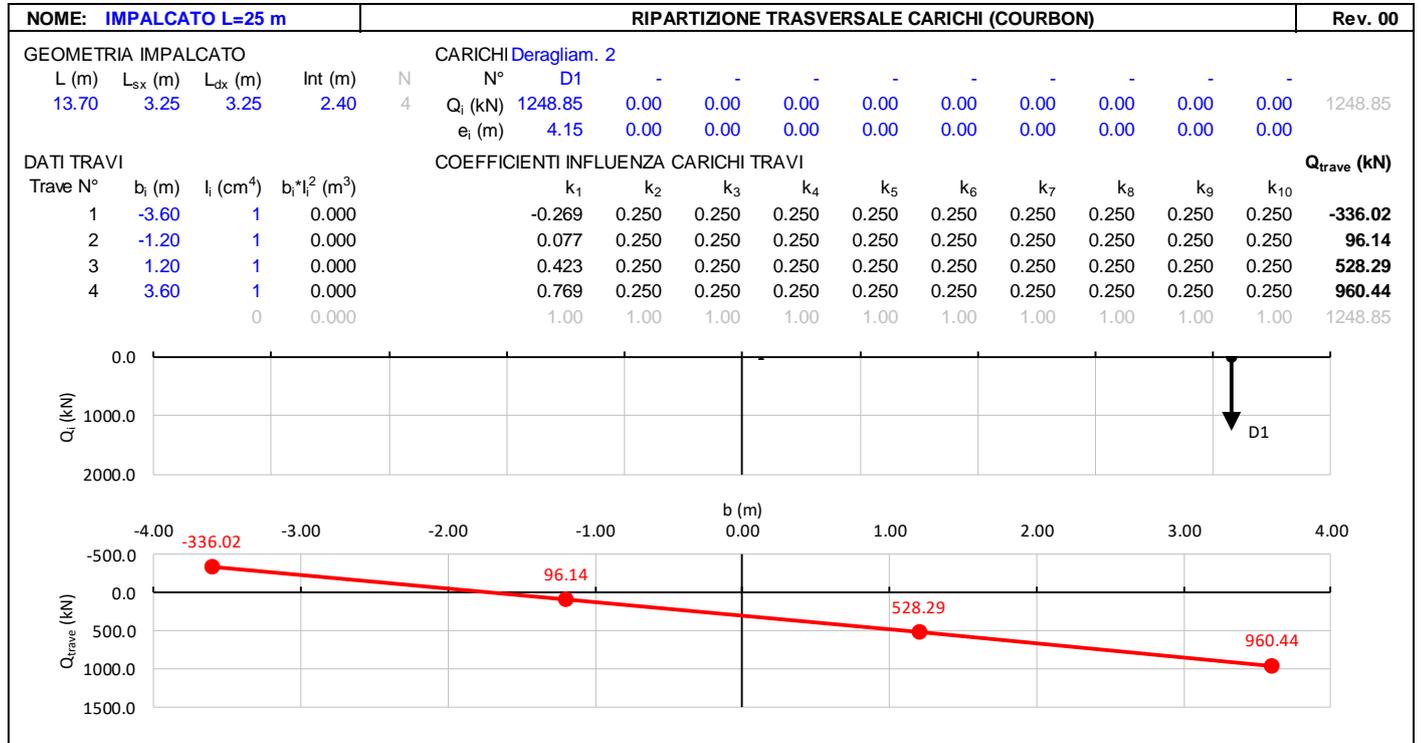
$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1248.8 / (22.60/2) = 110.5 \text{ kN/m} \quad \text{Carico equivalente tagliante}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 110.5 * 22.60/2 = 1248.8 \text{ kN}$$

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 1.5 = 4.15 \text{ m}$$

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>47</b> |



**7.6.1.1.3 Effetti sulla sottostruttura**

Dato che le condizioni di carico previste sono da considerarsi solo per le verifiche eccezionali SLU con coefficiente unitario, mediante analisi preliminari si è accertato che tali combinazioni di azioni sollecitano la sottostruttura all'interno del campo di esercizio delle combinazioni SLU; pertanto, per brevità di trattazione non sono state direttamente esplicitate nei calcoli di dimensionamento dei capitoli successivi.

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                     |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 48     |

## 7.7 AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI (Q)

### 7.7.1 Azioni da traffico ferroviario (Q<sub>1</sub>)

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito ferroviario esterno. Come da normativa, si ipotizza come larghezza totale transitabile il tratto di profilo dove i carichi possono interagire con l'opera di sostegno, ovvero al di sopra della fondazione e all'interno del cuneo di spinta del terreno sulla parete.

Considerando caricati entrambi i binari, si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media, come di seguito esposto:

$$q = \frac{1}{L_T \cdot L_L} \cdot \sum_1^n Q_i$$

pressione uniforme media sull'area caricata  $L_T \cdot L_L$

$$L_L = 6.40 \text{ m}$$

lunghezza longitudinale interessata dai carichi

(lunghezza fondazione di monte spalla, comprensiva del cuneo di spinta del terreno)

$$L_T = 13.50 \text{ m}$$

larghezza trasversale transitabile (larghezza spalla)

Spalla S2

$$q = 1/(6.40 \cdot 13.50) \cdot (4 \cdot 250) \cdot 2 = 23.15 \text{ kPa}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle.

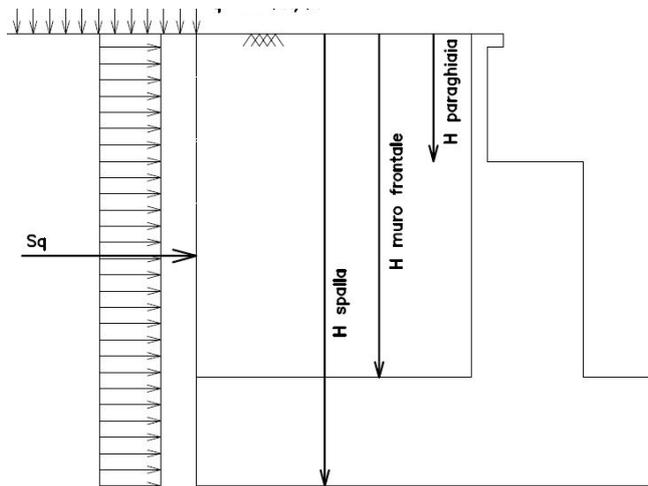


Figura 19: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 49     |

### 7.7.1.1 Azione da traffico ferroviario sul muro paraghiaia

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sul muro paraghiaia è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina ed  $\frac{1}{4}$  attraverso la massiciata, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26) / 4 * 2 + 2.40 = 2.67 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

|                      |      |
|----------------------|------|
|                      | [m]  |
| Altezza ballast      | 0.80 |
| Altezza traversina   | 0.26 |
| Larghezza traversina | 2.40 |

Si considerano i carichi relativi al modello SW/2 visto che rappresentano una condizione più gravosa rispetto al modello di carico LM71, i cui vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.4 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008.

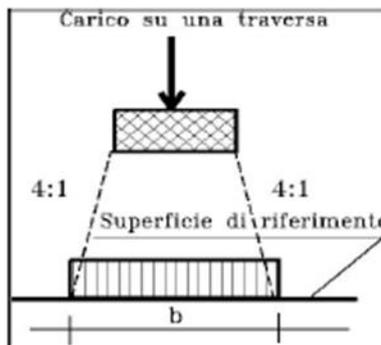


Fig. 5.2.4 - Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast

In accordo con quanto riportato al par. 7.5.1 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento, ottenendo quindi:

TRENO SW/2

$$Q1 = 150 \text{ kN/m} * 1.0 = 150.00 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale  $q_{vk}$

L'eccentricità non è da considerarsi per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore  $q_1$  per la lunghezza  $b = 2.67 \text{ m}$ , risultando dunque in una distribuzione di tensioni sul muro paraghiaia pari a:

$$\sigma = 150.00 \text{ kN/m} / 2.67 \text{ m} = 56.18 \text{ kN/m}$$

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 50     |

## 7.7.2 Forza centrifuga (Q<sub>4</sub>)

| Nome       | Tipo                              | Y <sub>Q</sub> | ψ <sub>0</sub> | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> |
|------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|            |                                   | (Fav / Sfav)   |                |                |                |
| CENTRIFUGA | Variabili da traffico ferroviario | 0.00 / 1.45    | 0.80           | 0.50           | 0.00           |

Nei ponti ferroviari al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione del tratto in curva.

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80 m al di sopra del P.F..

Le forze centrifughe sono valutate in accordo al par. 2.5.1.4.3.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture: "RFI DTC SI PS MA IFS 001 E".

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determinerà in accordo con la seguente espressione:

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

q<sub>tk</sub> valore caratteristico della forza centrifuga, espresso in kN/m

q<sub>vk</sub> valore caratteristico dei carichi verticali ferroviari, espresso in kN/m

V velocità di progetto, espressa in km/h

f fattore di riduzione

R raggio di curvatura, espresso in m

Nel caso in esame essendo V=200 km/h vanno considerati i seguenti casi di calcolo:

| Valore di α | Massima velocità della linea [Km/h] | Azione centrifuga basata su: |   |   |                         | traffico verticale associato |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------|---|---|-------------------------|------------------------------|
|             |                                     | V                            | α | f |                         |                              |
| SW/2        | ≥ 100                               | 100                          | 1 | 1 | 1 x 1 x SW/2            | Φ x 1 x SW/2                 |
|             | < 100                               | V                            | 1 | 1 | 1 x 1 x SW/2            |                              |
| LM71 e SW/0 | > 120                               | V                            | 1 | f | 1 x f x (LM71''+''SW/0) | Φ x 1 x 1 x (LM71''+''SW/0)  |
|             |                                     | 120                          | α | 1 | α x 1 x (LM71''+''SW/0) | Φ x α x 1 x (LM71''+''SW/0)  |
|             | ≤ 120                               | V                            | α | 1 | α x 1 x (LM71''+''SW/0) |                              |

Tab. 2.5.1.4.3.1-1 - Parametri per determinazione della forza centrifuga

In particolare, per il treno LM71 andrà considerata la condizione più sfavorevole tra le due indicate in tabella. Nel caso in esame il viadotto si sviluppa in rettilineo, pertanto la forza centrifuga è nulla.

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 51     |

### 7.7.3 Azione laterale serpeggio ( $Q_5$ )

| Nome      | Tipo                              | $\gamma_Q$   | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|-----------|-----------------------------------|--------------|----------|----------|----------|
|           |                                   | (Fav / Sfav) |          |          |          |
| SERPEGGIO | Variabili da traffico ferroviario | 0.0 / 1.45   | 0.80     | 0.50     | 0.00     |

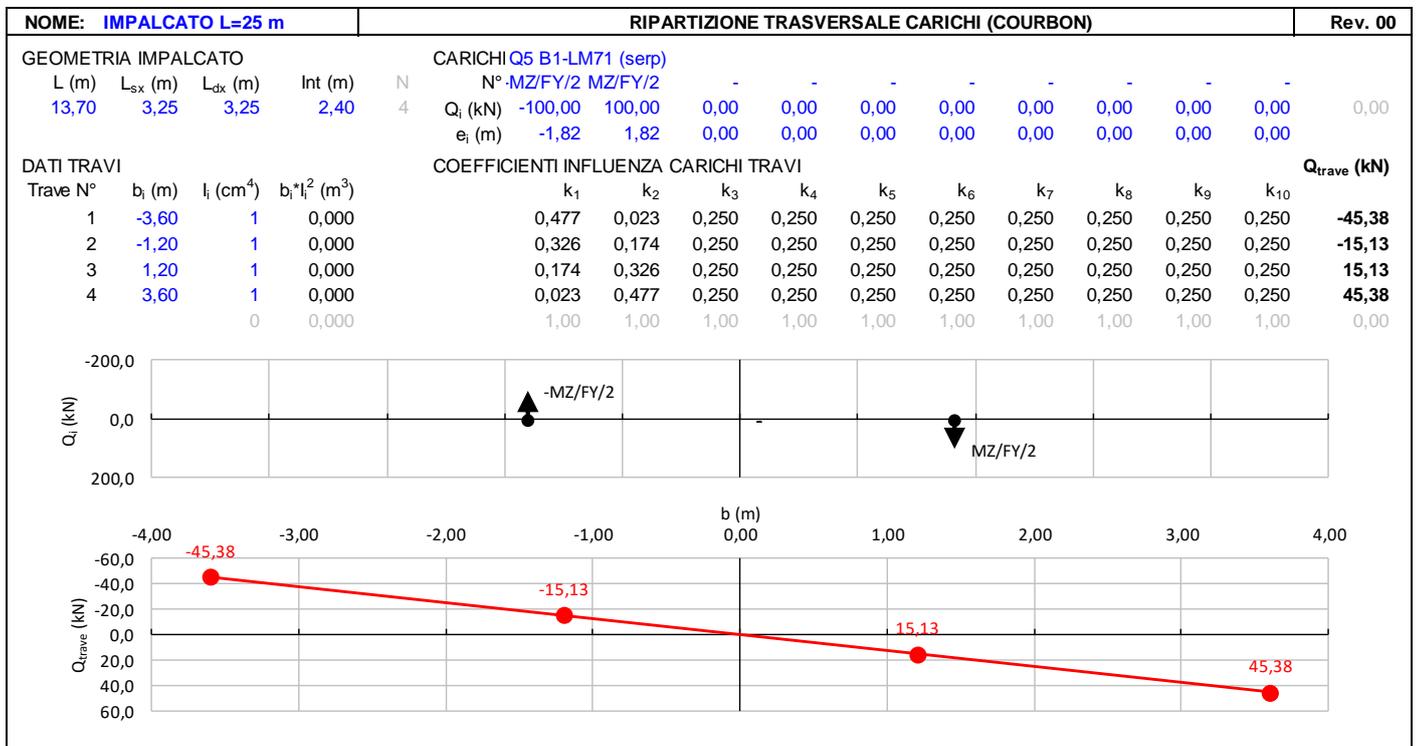
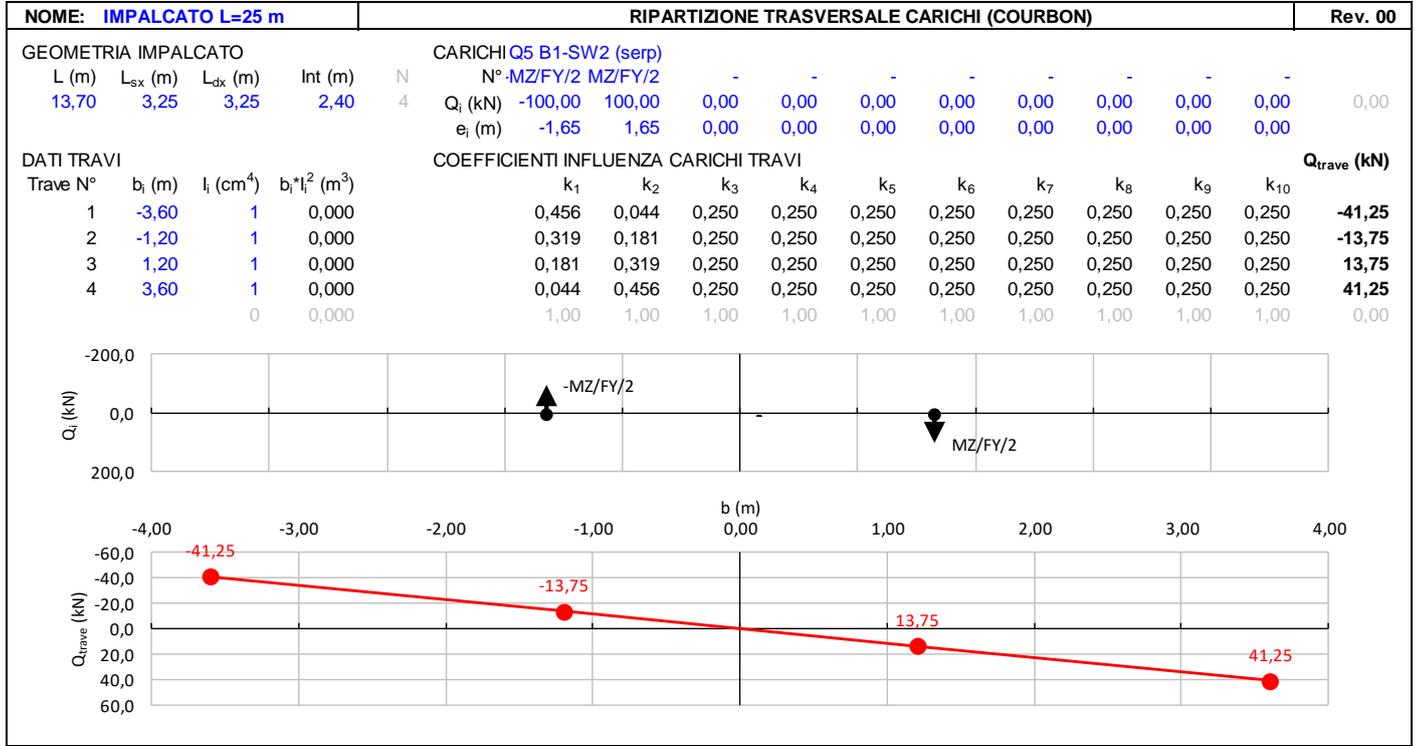
L'azione laterale associata al serpeggio è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario, del valore di 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

Gli effetti sui singoli impalcato indotti dall'azione di serpeggio, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti (modellate come azioni verticali di 100 kN eccentriche) in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

| NOME: IMPALCATO L=25 m |        | CALCOLO FORZA SERPEGGIO            |                         |  | Rev. 00 |
|------------------------|--------|------------------------------------|-------------------------|--|---------|
| $Q_{sk}$ (kN)          | 100.0  | Azione caratteristica di serpeggio | Distanza PF/appoggi (m) | 3.30                                     |         |
| TRENO LM71 e SW/0      |        | TRENO SW/2                         |                         |  |         |
| $\alpha$ (-)           | 1.10   | $\alpha$ (-)                       | 1.00                    |  |         |
| $Q_s$ (kN)             | 110.0  | $Q_s$ (kN)                         | 100.0                   | Forza serpeggio caratt. trasversale      |         |
| $M_{tk}$ (kNm)         | 363.00 | $M_{tk}$ (kNm)                     | 330.00                  | Momento torcente forza serpeggio caratt. |         |

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

|          |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 52     |



**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 53     |

|                               |                     |                                   |   |   |                     |                |                |                |                |                |                |                |                 |                               |      |      |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---|---|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|------|------|
| <b>NOME: IMPALCATO L=25 m</b> |                     |                                   |   | <b>RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)</b> |                     |                |                |                |                |                |                |                |                 | <b>Rev. 00</b>                |      |      |
| <b>GEOMETRIA IMPALCATO</b>    |                     |                                   |   | <b>CARICHI Q5 B2-LM71 (serp)</b>                  |                     |                |                |                |                |                |                |                |                 |                               |      |      |
| L (m)                         | L <sub>SX</sub> (m) | L <sub>DX</sub> (m)               | Int (m)   | N   | N°                  | MZ/FY/2        | MZ/FY/2        | -              | -              | -              | -              | -              | -               | -                             | -    | -    |
| 13,70                         | 3,25                | 3,25                              | 2,40  | 4   | Q <sub>i</sub> (kN) | -100,00        | 100,00         | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00            | 0,00                          | 0,00 | 0,00 |
|                               |                     |                                   |   |   | e <sub>i</sub> (m)  | -1,82          | 1,82           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00            | 0,00                          | 0,00 | 0,00 |
| <b>DATI TRAVI</b>             |                     |                                   |   | <b>COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI</b>       |                     |                |                |                |                |                |                |                |                 |                               |      |      |
| Trave N°                      | b <sub>i</sub> (m)  | I <sub>i</sub> (cm <sup>4</sup> ) | b <sub>i</sub> *I <sub>i</sub> <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> ) | k <sub>1</sub>                                    | k <sub>2</sub>      | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> | k <sub>5</sub> | k <sub>6</sub> | k <sub>7</sub> | k <sub>8</sub> | k <sub>9</sub> | k <sub>10</sub> | <b>Q<sub>trave</sub> (kN)</b> |      |      |
| 1                             | -3,60               | 1                                 | 0,000   | 0,477   | 0,023               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | <b>-45,38</b>                 |      |      |
| 2                             | -1,20               | 1                                 | 0,000   | 0,326   | 0,174               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | <b>-15,13</b>                 |      |      |
| 3                             | 1,20                | 1                                 | 0,000   | 0,174   | 0,326               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | <b>15,13</b>                  |      |      |
| 4                             | 3,60                | 1                                 | 0,000   | 0,023   | 0,477               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | <b>45,38</b>                  |      |      |
|                               |                     |                                   |   | 0   | 0,000               | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00            | 0,00                          |      |      |

|   |  |   |  |   |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | COMMESSA  | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|   |  |   |  | LI0B  | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 54     |

#### 7.7.4 Azioni di avviamento e frenatura (Q<sub>3</sub>)

L'azione orizzontale associata all'avviamento e alla frenatura dei treni è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, parallelamente all'asse del binario.

| Nome          | Tipo                | $\gamma_Q$<br>(Fav / Sfav) | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|---------------|---------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| TRAFFICO LM71 | Carichi da traffico | 0.00 / 1.45                | 0.80     | 0.50     | 0.00     |
| TRAFFICO SW/2 | ferroviario         | 0.00 / 1.45                | 0.80     | 0.50     | 0.00     |

I valori caratteristici da considerare, da moltiplicare per i coefficienti di adattamento  $\alpha$ , sono:

##### Avviamento

$Q_{3a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ KN}$       modelli di carico LM71, SW/0, SW/2

##### Frenatura

$Q_{3f,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$       modelli di carico SW/2

$Q_{3f,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ KN}$       modelli di carico LM71, SW/0

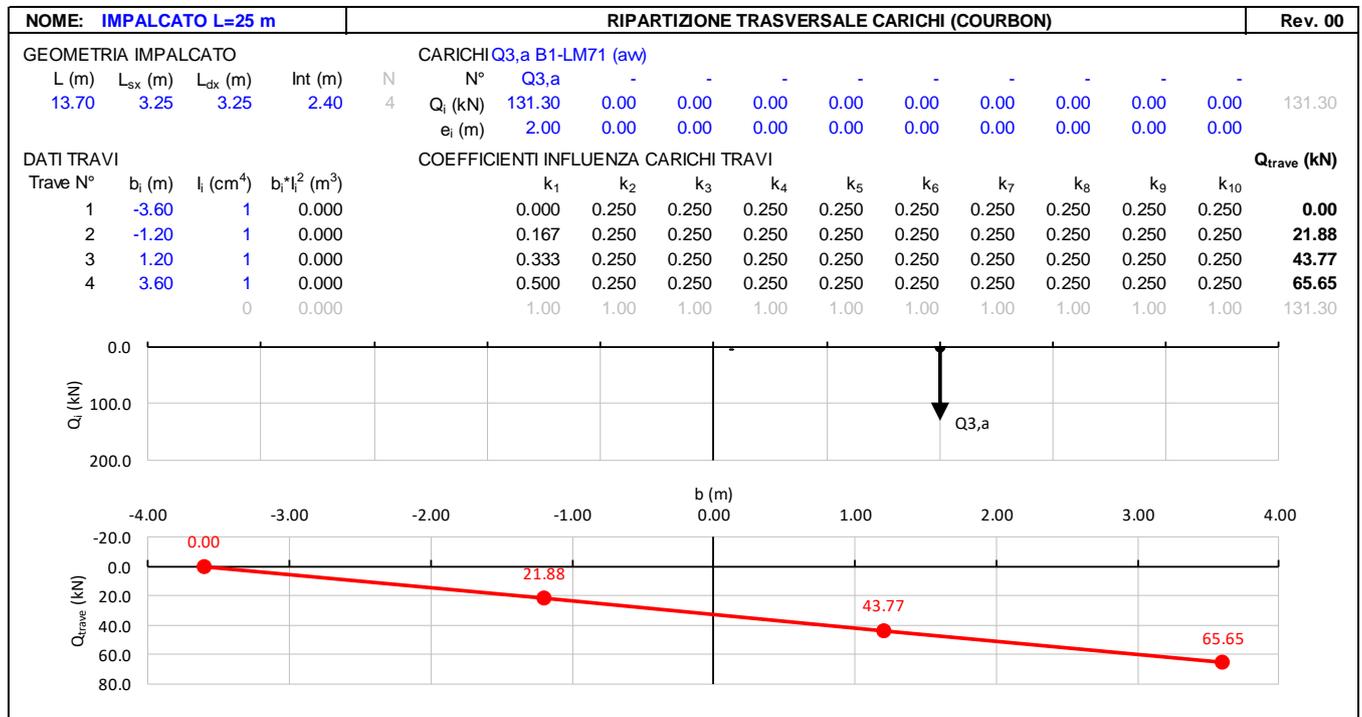
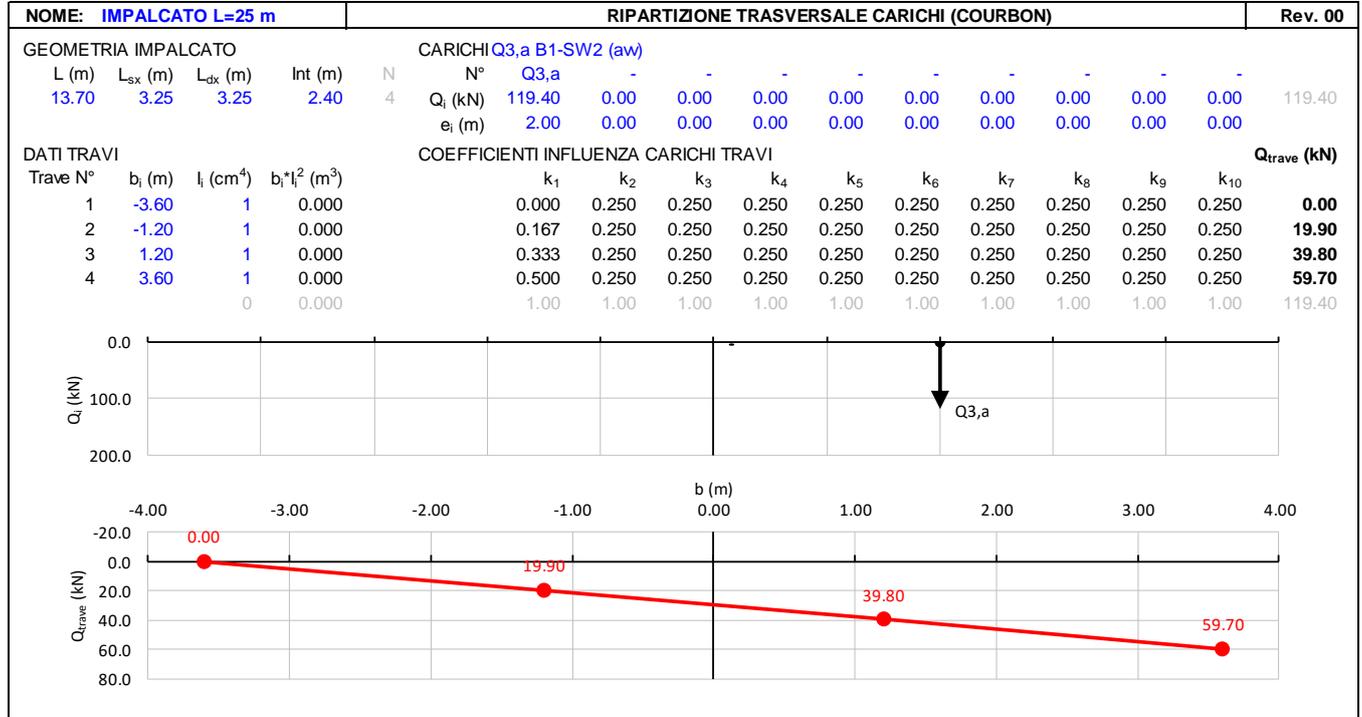
Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura; pertanto, per ogni binario (B1 o B2) si può avere:

| NOME: IMPALCATO L=25 m |       | CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA |                         | Rev. 00                                |
|------------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------|--|
| L calcolo (m)          | 22.80 | Lunghezza tra appoggi                | Distanza PF/appoggi (m) | 3.30                                   |
| L (m)                  | 25.00 | Lunghezza di binario carico          |                         |  |
| TRENO LM71 e SW/0      |       | TRENO SW/2                           |                         |  |
| $\alpha$ (-)           | 1.10  | $\alpha$ (-)                         | 1.00                    |  |
| $Q_{3,f}$ (kN)         | 550.0 | $Q_{3,f}$ (kN)                       | 875.0                   | Forza frenatura caratt. longitudinale  |
| $V_{3,f}$ (kNm)        | 79.6  | $V_{3,f}$ (kNm)                      | 126.6                   | Forza frenatura caratt. verticale      |
| $Q_{3,a}$ (kN)         | 907.5 | $Q_{3,a}$ (kN)                       | 825.0                   | Forza avviamento caratt. longitudinale |
| $V_{3,a}$ (kNm)        | 131.3 | $V_{3,a}$ (kNm)                      | 119.4                   | Forza avviamento caratt. verticale     |

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dall'azione di avviamento o frenatura, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

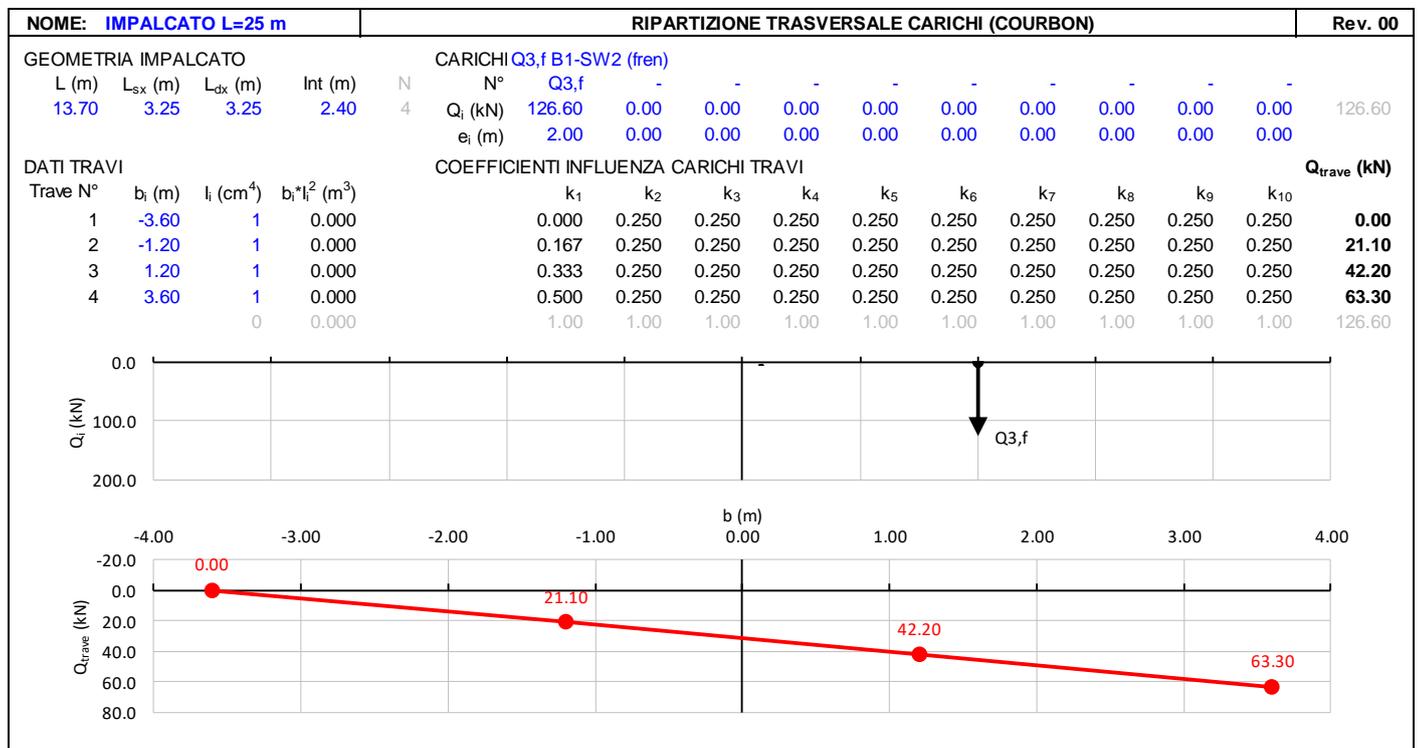
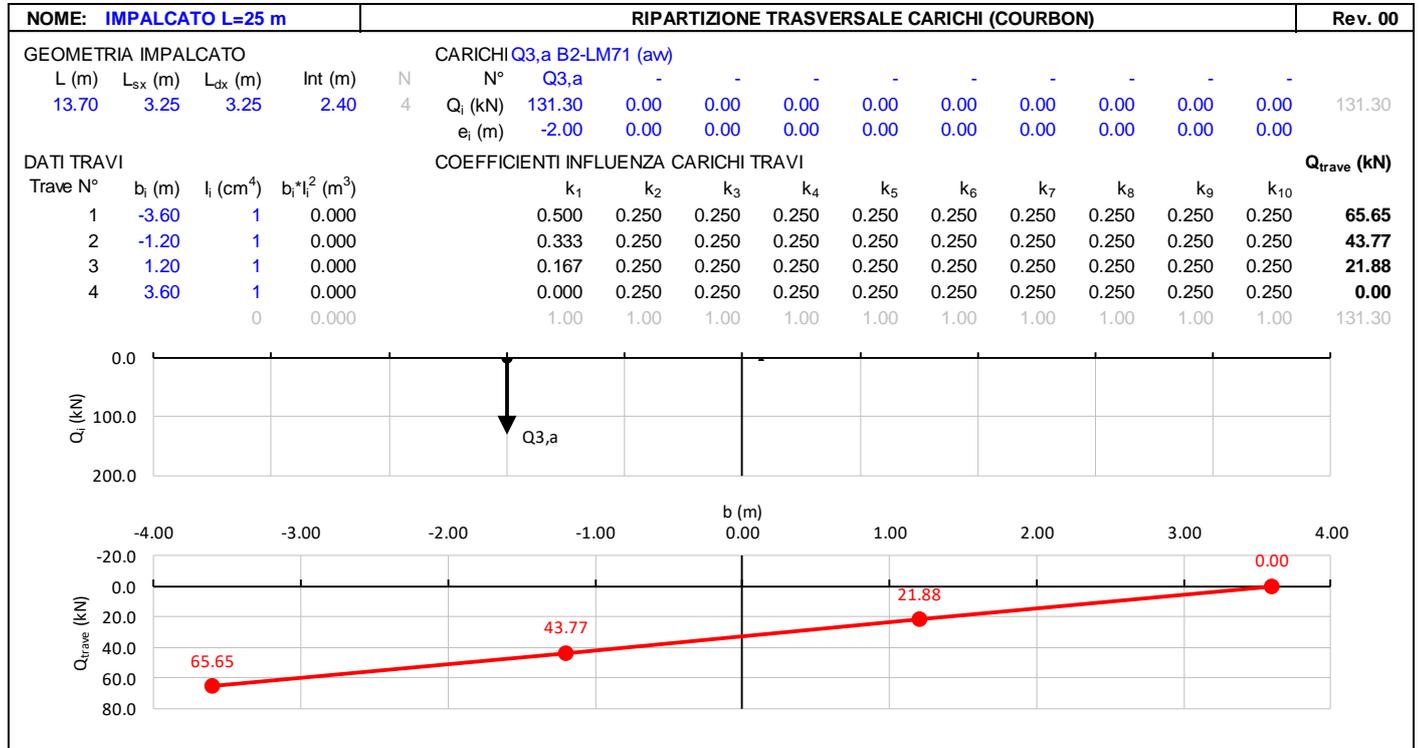
**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>55</b> |



**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 56     |

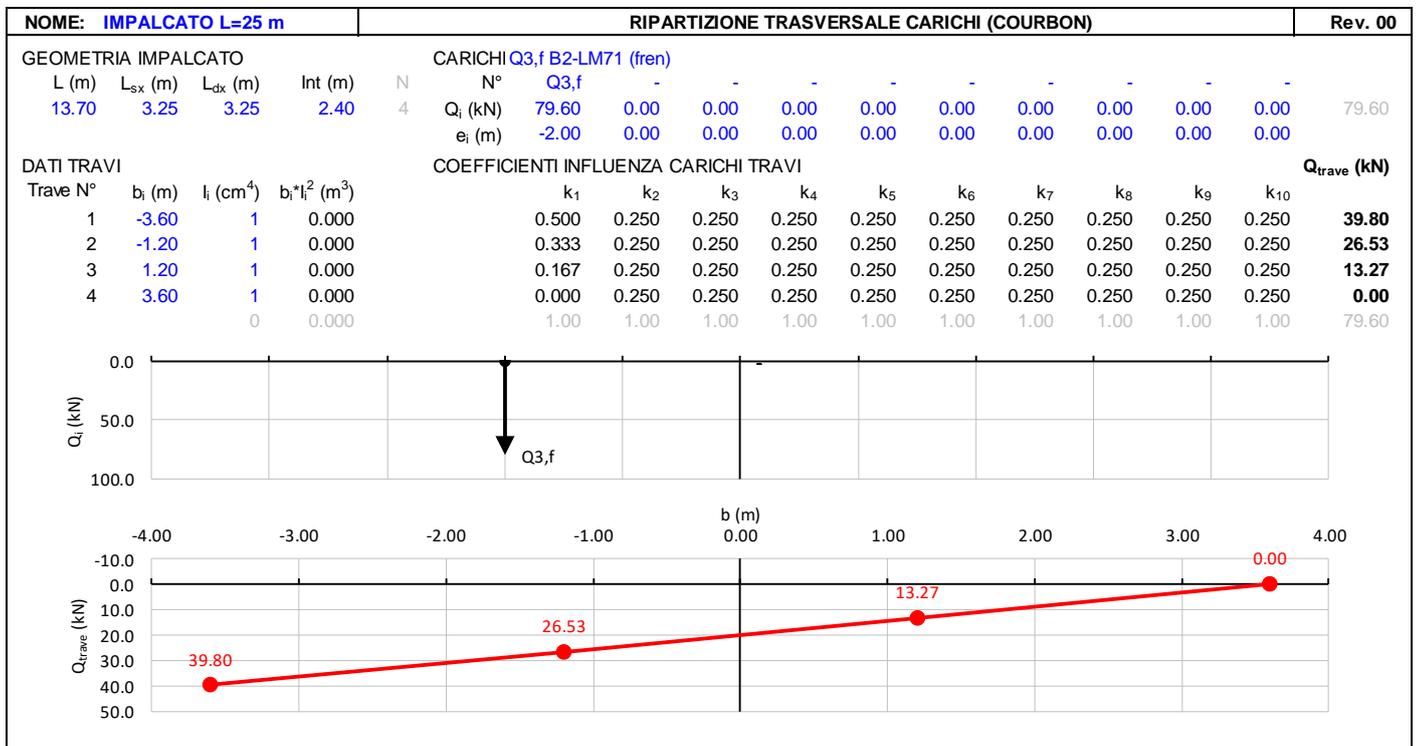
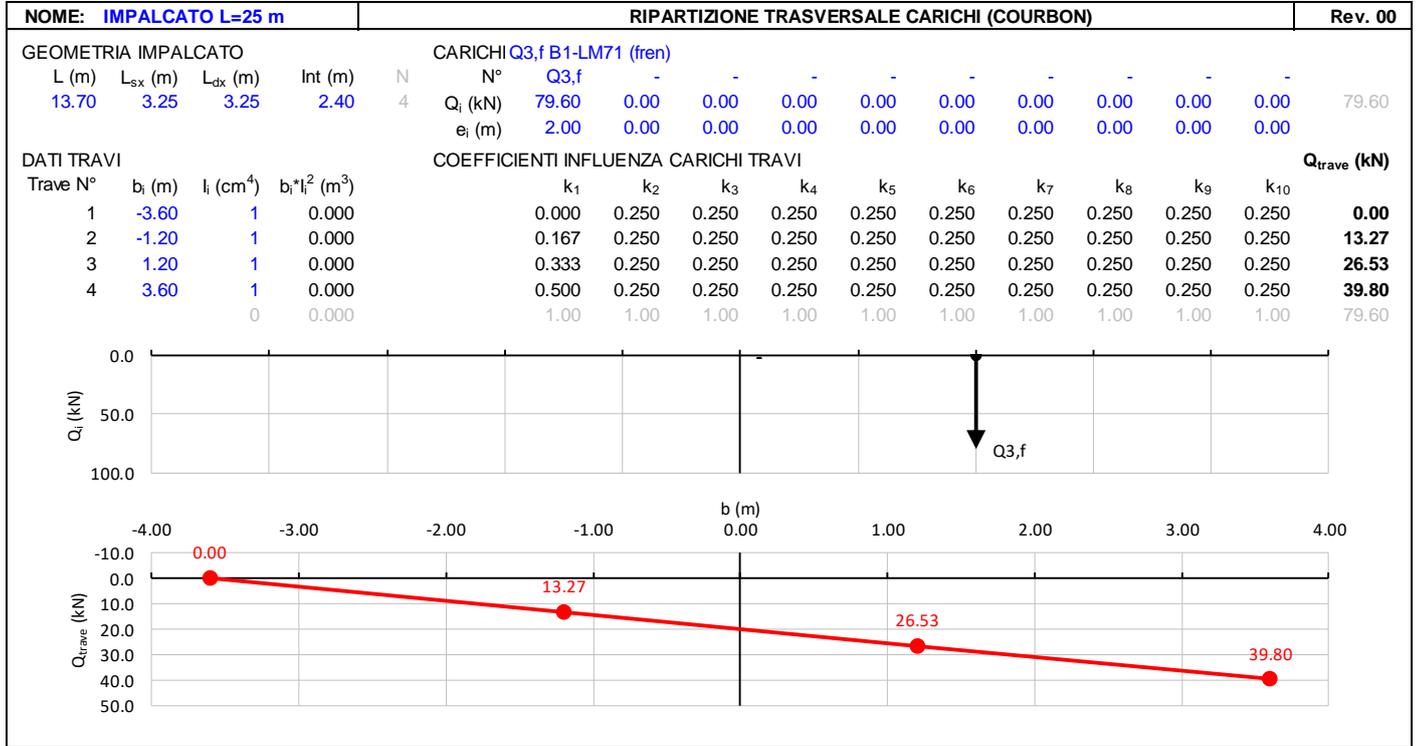


**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 57     |



|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>58</b> |

## 7.8 AZIONE DEL VENTO (Q<sub>6</sub>)

| Nome  | Tipo      | Y <sub>q</sub><br>(Fav / Sfav)                          | ψ <sub>0</sub> | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> |
|-------|-----------|---|----------------|----------------|----------------|
| VENTO | Variabile | EQU 0.00 / 1.50<br>(A1) 0.00 / 1.50<br>(A2) 0.00 / 1.30 | 0.60           | 0.50           | 0.00           |

In accordo con le raccomandazioni CNR DT207 R1/2018, l'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico statico uniformemente distribuito sulle superfici. La componente ortogonale è calcolata secondo la seguente espressione:

- $q_b(z)$  pressione cinetica di riferimento  
 $c_e(z)$  coefficiente di esposizione  
 $C_{pm}$  coefficiente di forma (o aerodinamico) complessivo

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, dalla categoria di esposizione dove sorge la costruzione. Viene calcolato con le seguenti espressioni:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t(z) \cdot \ln(z/z_0) (7 + c_t(z) \cdot \ln(z/z_0)) \quad z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad z < z_{min}$$

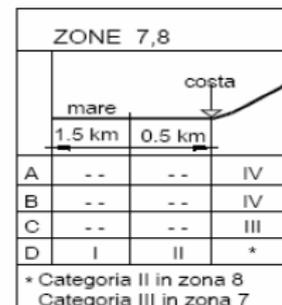
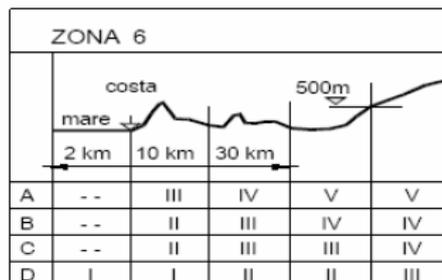
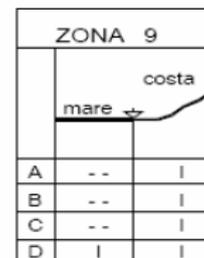
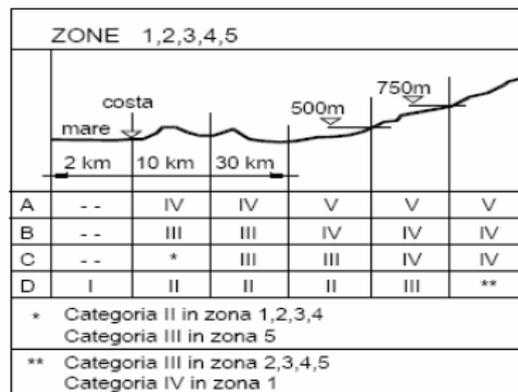


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |           |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>59</b> |

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

| Categoria di esposizione del sito | $K_r$ | $z_0$ [m] | $z_{min}$ [m] |
|-----------------------------------|-------|-----------|---------------|
| I                                 | 0,17  | 0,01      | 2             |
| II                                | 0,19  | 0,05      | 4             |
| III                               | 0,20  | 0,10      | 5             |
| IV                                | 0,22  | 0,30      | 8             |
| V                                 | 0,23  | 0,70      | 12            |

Tabella 11 - Criterio di assegnazione della categoria di esposizione per le diverse zone italiane

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

| Classe di rugosità del terreno | Descrizione   |
|--------------------------------|---|
| A                              | Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m   |
| B                              | Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive  |
| C                              | Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D  |
| D                              | a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa);<br>b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa)<br>c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ....) |

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Tabella 12 - Classi di rugosità del terreno

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 60     |

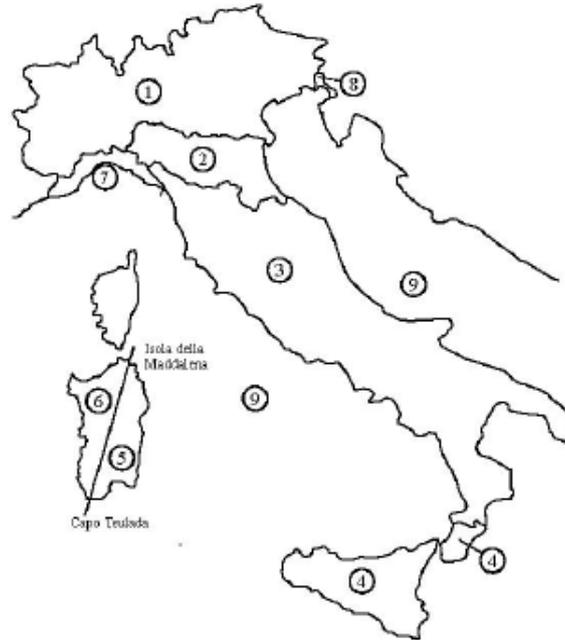


Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figura 20 - Zone caratterizzate da diversi valori della velocità di riferimento

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

| Zona | Descrizione   | $v_{b,0}$ [m/s] | $a_0$ [m] | $k_s$ |
|------|---|-----------------|-----------|-------|
| 1    | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25              | 1000      | 0,40  |
| 2    | Emilia Romagna  | 25              | 750       | 0,45  |
| 3    | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)   | 27              | 500       | 0,37  |
| 4    | Sicilia e provincia di Reggio Calabria  | 28              | 500       | 0,36  |
| 5    | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)  | 28              | 750       | 0,40  |
| 6    | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)  | 28              | 500       | 0,36  |
| 7    | Liguria   | 28              | 1000      | 0,54  |
| 8    | Provincia di Trieste  | 30              | 1500      | 0,50  |
| 9    | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto   | 31              | 500       | 0,32  |

Tabella 13 - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$  e  $k_s$  per le diverse zone italiane

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 61     |

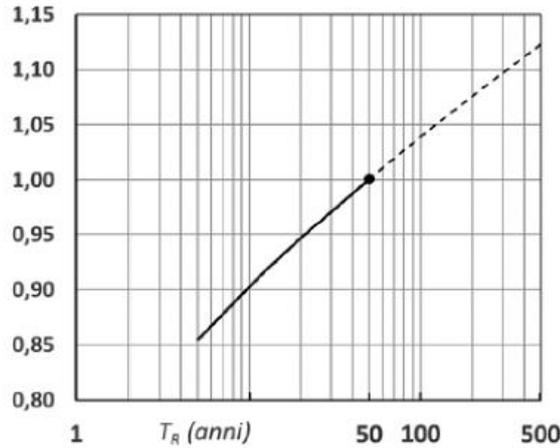


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente  $\alpha_R$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$  (asse in scala logaritmica),

Figura 21 - Diagramma del coefficiente di ritorno  $\alpha_r$  in funzione del periodo di ritorno  $TR$

### 7.8.1 Azione del vento impalcato

| NOME: <b>CAMPATA L=25 m</b> |   | CALCOLO AZIONE VENTO IMPALCATO (CNR DT207/2008) |                               |                             |  | Rev. 00                      |
|-----------------------------|---|---|-------------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|
| PARAMETRI VENTO DI PROGETTO |   | DATI GEOMETRICI IMPALCATO                       |                               |                             |  | AZIONI TOTALI IMPALCATO      |
| Zona                        | <b>3</b> (Tab.3.I)                      | $h_{tot}$ (m)                                   | <b>7,80</b>                   | Altezza impalcato           |  | L influenza (m) <b>12,50</b> |
| $v_{b,0}$ (m/s)             | 27,00 Velocità base liv. mare (Tab.3.I) | d (m)   | <b>13,70</b>                  | Larghezza impalcato         |  | $F_x$ (kN) 234,6             |
| $c_a$                       | 1,00 Coeff. altitudine                  | $d/h_{tot}$                                     | 1,76 (§G.10.3)                |                             |  | $F_y$ (kN) 206,3             |
| $v_b$ (m/s)                 | 27,00 Velocità base riferimento vento   | z (m)   | <b>20,00</b>                  | Altezza dal suolo impalcato |  | $M_z$ (kNm) 645,6            |
| $T_R$ (anni)                | <b>75</b> Tempo ritorno vento           | $c_e$   | 2,81 Coeff. esposizione       |                             |  |                              |
| $c_r$                       | 1,037 Coeff. tempo ritorno              | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )                     | 1,25 Massa specifica aria     |                             |  |                              |
| $v_r$ (m/s)                 | 27,99 Velocità riferimento vento        | $q_p$ (Pa)                                      | 1376 Pressione cinetica picco |                             |  |                              |
| $k_a$                       | 0,02 Fattore altitudine (Tab.3.I)       | $c_{fx}$  | 1,749                         |                             |  |                              |
| $a_s$ (m s.l.m.)            | <b>500</b> Altitudine sito              | $c_{fy}$  | 0,876                         |                             |  |                              |
| $a_0$ (m s.l.m.)            | 500 Altitudine base (Tab.3.I)           | $c_{mz}$  | 0,20                          |                             |  |                              |
| Categoria                   | <b>2</b> (Tab. 3.II - 3.III)            | $f_x$ (kN/m)                                    | 18,77 (§G.10.3)               |                             |  |                              |
| $k_r$                       | 0,19 Fattore terreno (Tab.3.II)         | $f_y$ (kN/m)                                    | 16,51 (§G.11.1)               |                             |  |                              |
| $z_{min}$ (m)               | 4,00 Altezza minima (Tab.3.II)          | $m_z$ (kNm/m)                                   | 51,65 (§G.11.1)               |                             |  |                              |
| $z_0$ (m)                   | 0,05 Altezza rugosità (Tab.3.II)        |   |                               |                             |  |                              |
| $c_t$                       | <b>1,00</b> Coeff. topografico          |   |                               |                             |  |                              |

$$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$$

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 62     |

| NOME: <b>IMPALCATO L=25 m</b> |                     |                                   |   | RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)  |                     |                |                |                |                |                |                |                |                 |        | Rev. 00                       |      |        |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---|---|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------|-------------------------------|------|--------|
| <b>GEOMETRIA IMPALCATO</b>    |                     |                                   |   | <b>CARICHI Q6 (vento)</b>                   |                     |                |                |                |                |                |                |                |                 |        |                               |      |        |
| L (m)                         | L <sub>sx</sub> (m) | L <sub>dx</sub> (m)               | Int (m)   | N   | N°                  | MZ/FY/2        | MZ/FY/2        | FY             | -              | -              | -              | -              | -               | -      | -                             | -    | -      |
| 13,70                         | 3,25                | 3,25                              | 2,40  | 4   | Q <sub>i</sub> (kN) | -206,32        | 206,32         | 206,32         | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00            | 0,00   | 0,00                          | 0,00 | 206,32 |
|                               |                     |                                   |   |   | e <sub>i</sub> (m)  | -1,56          | 1,56           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00            | 0,00   | 0,00                          | 0,00 |        |
| <b>DATI TRAVI</b>             |                     |                                   |   | <b>COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI</b> |                     |                |                |                |                |                |                |                |                 |        | <b>Q<sub>trave</sub> (kN)</b> |      |        |
| Trave N°                      | b <sub>i</sub> (m)  | I <sub>i</sub> (cm <sup>4</sup> ) | b <sub>i</sub> *I <sub>i</sub> <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> ) | k <sub>1</sub>                              | k <sub>2</sub>      | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> | k <sub>5</sub> | k <sub>6</sub> | k <sub>7</sub> | k <sub>8</sub> | k <sub>9</sub> | k <sub>10</sub> |        |                               |      |        |
| 1                             | -3,60               | 1                                 | 0,000   | 0,446                                       | 0,054               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | -29,12 |                               |      |        |
| 2                             | -1,20               | 1                                 | 0,000   | 0,315                                       | 0,185               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | 24,68  |                               |      |        |
| 3                             | 1,20                | 1                                 | 0,000   | 0,185                                       | 0,315               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | 78,48  |                               |      |        |
| 4                             | 3,60                | 1                                 | 0,000   | 0,054                                       | 0,446               | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250          | 0,250           | 132,28 |                               |      |        |
|                               |                     |                                   |   | 0   | 0,000               | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00           | 1,00            | 206,32 |                               |      |        |

### 7.8.2 Azioni del vento muro d'ala

Per la valutazione delle azioni agenti sul muro d'ala, si considera la risultante dell'azione del vento su una barriera alta 5m. Inoltre, questa azione comprende le azioni aerodinamiche, per la cui si fa riferimento all'analisi dei carichi impalcato, che sono ricavate del modello locale usato per l'analisi della soletta, riportate sulla relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce L=25 m, in cui è stata considerata una pressione totale di 1.99 kN/m<sup>2</sup>.

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>63</b> |

## 7.9 AZIONE SISMICA (E)

| Nome  | Tipo     | $\gamma_E$<br>( $F_{av}$ / $S_{fav}$ )                  | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|-------|----------|---|----------|----------|----------|
| SISMA | Sismiche | EQU 0.00 / 1.00<br>(A1) 0.00 / 1.00<br>(A2) 0.00 / 1.00 | -        | -        | -        |

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica del sito è definita in termini di:

|         |   |
|---------|---|
| $a_g$   | accelerazione orizzontale massima del terreno   |
| $F_0$   | valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale     |
| $T_C^*$ | periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale |

L’accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  è riferita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  per ogni stato limite considerato.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell’ALLEGATO B delle NTC.

### 7.9.1 Stati limite di progetto sismici

L’opera in questione rientra in particolare nell’ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria “Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina”, che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località, tra cui Termoli (CB), Campomarino (CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieti / Chieti (FG), Serracapriola- Loc.SS16 (FG).

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 64     |

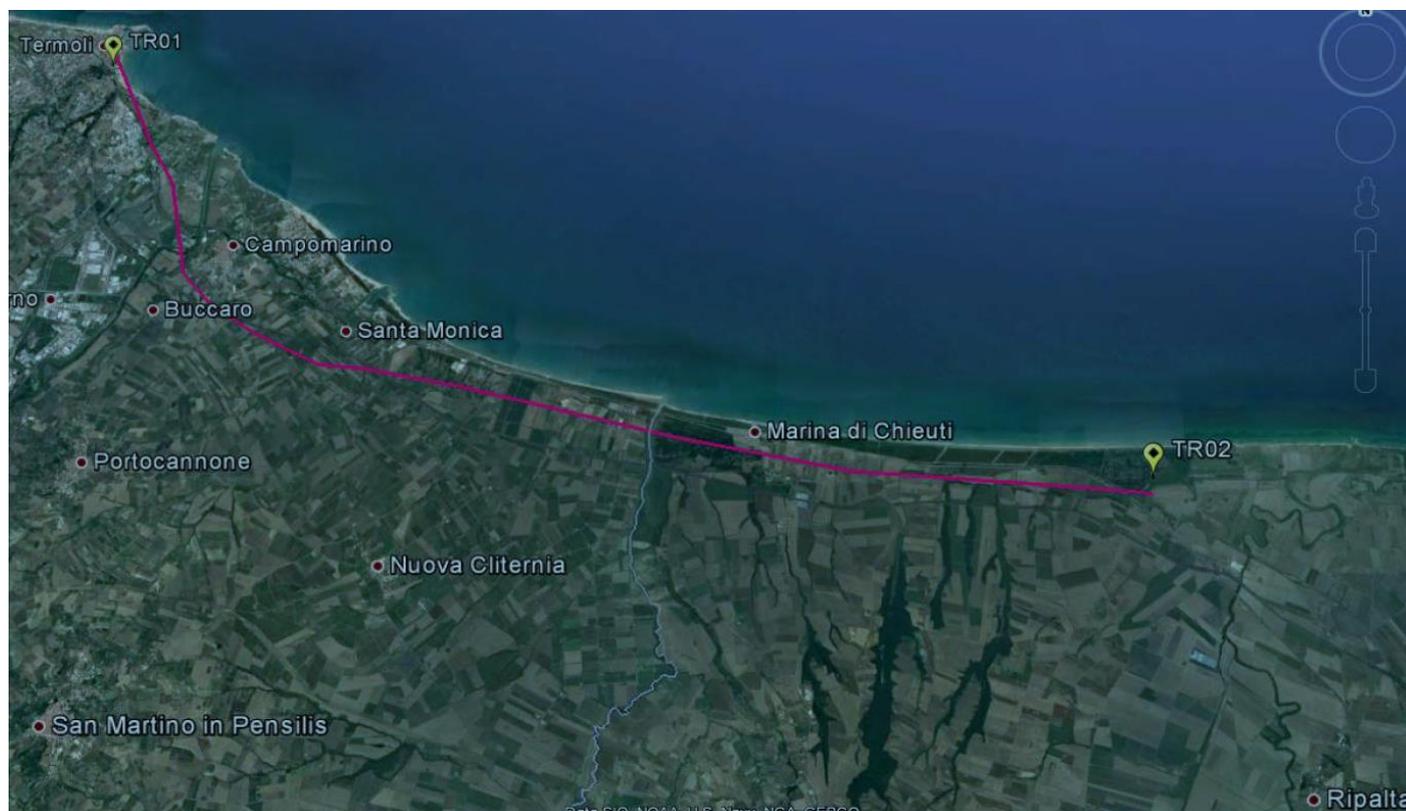


Figura 22- Configurazione planimetrica tracciato

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell'ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in quattro sottozone simiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell'area che evidenzia un graduale incremento dell'intensità sismica da nord verso sud; nella fattispecie le zone sismiche "omogenee" individuate, sono quelle di seguito elencate:

| Progr. Inizio | Progr. Fine | Località di Riferimento Azioni Sismiche | Zona sismica Locale |
|---------------|-------------|---|---------------------|
| 0             | 5.250,00    | Campomarino(CB)                         | S1                  |
| 5.250,00      | 10.000,00   | Campomarino - Santa Monica (CB)         | S2                  |
| 10.000,00     | 18.650,00   | Marina di Chieuti /Chieuti (FG)         | S3                  |
| 18.650,00     | 24.200,00   | Serracapriola- Loc.SS16 (FG)            | S4                  |

Tabella 14 - Tabella di riepilogo località di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche per il progetto delle opere

La vita nominale  $V_N$  delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella:

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 65     |

| TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>   | Vita Nominale $V_N$<br>[Anni] <sup>(1)</sup> |
|--|--|
| OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)   | 50   |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h  | 75   |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h   | 100  |
| OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m   | $\geq 100$ <sup>(2)</sup>                    |
| (1) – La stessa $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.<br>(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE. |  |

Per le opere definitive e tenendo conto delle indicazioni precedenti, si ha il periodo di riferimento della struttura  $V_R = 112.5$  anni, si possono pertanto individuare i seguenti stati limite:

| SLATO LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_c^*$<br>[s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO          | 68              | 0,066        | 2,494        | 0,324          |
| SLD          | 113             | 0,082        | 2,548        | 0,332          |
| SLV          | 1068            | 0,195        | 2,532        | 0,375          |
| SLC          | 2193            | 0,253        | 2,507        | 0,382          |

Tabella 15 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto

Con riferimento al §7 delle NTC 2008, le costruzioni caratterizzate nei confronti dello SLV, da  $a_g S \leq 0.075g$ , possono essere progettate e verificate con la sola verifica nei confronti dello SLV.

Con riferimento alle caratteristiche dell'opera, si sono analizzati i seguenti stati limite di progetto:

- *Stato limite di danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 63\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.63) = 113 \text{ anni}$$

- *Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva

|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |     |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----|
| MANDATARIA<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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 66  |

invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 10\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.10) = 1068 \text{ anni}$$

### 7.9.2 Spettri di risposta

Per il sito in esame, in base alle caratteristiche geotecniche di riferimento e dalla morfologia del terreno descritti nei capitoli precedenti, il sottosuolo può essere classificato come:

Categoria sottosuolo

“B”

*Rocce tenere e depositi di terreni a gran grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*

Categoria topografica

“T1”

Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Lo spettro di risposta elastico orizzontale  $S_e(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

$T$  periodo di vibrazione orizzontale [s]

$S_e(T)$  accelerazione spettrale orizzontale [ $m/s^2$ ]

$S = S_S \cdot S_T$  coefficiente della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$S_S$  coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi tabella seguente)

$S_T$  coefficiente di amplificazione topografica (vedi tabella seguente)

$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$  fattore che altera lo spettro elastico per smorzamento viscosi diversi dal 5%

$\xi$  coefficiente di smorzamento viscoso [%]

$F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

$T_C = C_C \cdot T_C^*$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$C_C$  coefficiente definito nella tabella seguente

$T_B = T_C/3$  periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante

$T_D = 4 \cdot a_g/g + 1,6$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

| Categoria sottosuolo | $S_S$  | $C_C$                        |
|----------------------|--|------------------------------|
| A                    | 1.00   | 1.00                         |
| B                    | $1.0 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$ | $1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$ |

|   |   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |     |
|---|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----|
| MANDATARIA<br> | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 67  |

|   |   |                              |
|---|---|------------------------------|
| C | $1.0 \leq 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$   | $1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$ |
| D | $0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$ | $1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$ |
| E | $1.0 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$  | $1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$ |

Tabella 16 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica orizzontale

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento    | S <sub>T</sub> |
|-----------------------|--|----------------|
| T1                    | -  | 1.0            |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio | 1.2            |
| T3                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1.2            |
| T4                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1.4            |

Tabella 17 - Coefficienti di amplificazione topografica

Lo spettro di risposta elastico verticale  $S_{ve}(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_V} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

T periodo di vibrazione verticale [s]

$S_{ve}(T)$  accelerazione spettrale verticale [m/s<sup>2</sup>]

$F_V = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0.5}$  fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima

I parametri  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  per la definizione dello spettro verticale sono indipendenti dalla categoria di suolo e assumono i valori riportati nella tabella seguente.

| Categoria sottosuolo | S <sub>s</sub> | T <sub>B</sub> | T <sub>C</sub> | T <sub>D</sub> |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A, B, C, D, E        | 1.0            | 0.05 s         | 0.15 s         | 1.0 s          |

Tabella 18 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica verticale

Le capacità dissipative della struttura possono essere considerate nella fase di analisi attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare è lo spettro elastico ridotto sostituendo nelle formule corrispondenti  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. Si assume comunque  $S_d(T) \geq 0,2a_g$ .

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 68     |

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

$q_0$  valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione

$K_R$  fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione

Il valore di  $q$  utilizzato per la componente verticale dell'azione sismica allo SLV, a meno di adeguate analisi giustificative, è  $q = 1.50$  per qualunque tipologia strutturale e di materiale, tranne che per i ponti per i quali è  $q = 1.00$ .

#### 7.9.2.1 Pile e spalle da ponte

Le capacità dissipative delle singole sottostrutture sono variabili a seconda di che si tratti delle pile o delle spalle.

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al Capitolo 4, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che: per le strutture di calcestruzzo armato, nessuna sezione superi la curvatura convenzionale di prima plasticizzazione, come definita al § 7.4.4.1.2; per le strutture di calcestruzzo armato precompresso e per le strutture in carpenteria metallica, nessun materiale superi la deformazione di snervamento di progetto.

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, la struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che, sotto l'azione sismica relativa allo SLV, essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile nel quale la dissipazione sia limitata alle pile.

Ai soli fini del progetto dei pali di fondazione, con riferimento al §7.2.5, è possibile considerare una limitata capacità dissipativa, dividendo per 1.50 le sollecitazioni sismiche sui pali derivanti dall'analisi strutturale con comportamento non dissipativo. In questo caso, per una lunghezza pari a 10 diametri dalla sommità del palo, devono applicarsi i dettagli costruttivi di cui al §7.9.6.1 relativi alla CD"B".

Gli elementi ai quali non è mai richiesta capacità dissipativa devono mantenere un comportamento sostanzialmente elastico; essi sono: gli elementi progettati per avere un comportamento non dissipativo, le porzioni esterne alle zone dissipative delle pile, l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione, le spalle, le pile che non scambiano azioni orizzontali con l'impalcato.

Per le due componenti orizzontali dell'azione sismica, nel caso di comportamento strutturale non dissipativo  $q_0 = 1.00$ , mentre per comportamento strutturale dissipativo i valori di  $q_0$  sono quelli di Tab. 7.3.II con le seguenti:

$$\lambda(\alpha) = \begin{cases} 1.00 & \alpha \geq 3.00 \\ (\alpha/3)^{0.5} & 3.00 > \alpha \geq 1.00 \end{cases}$$

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 69     |

$\alpha = L/H$

L distanza della sezione di cerniera plastica dalla sezione di momento nullo

H dimensione della sezione nel piano di inflessione della cerniera plastica

Per gli elementi duttili di calcestruzzo armato si ha che per la scelta dei valori di  $q_0$  si ha:

$v_k < 0.30$

$q_0 =$  valori di Tab. 7.3.II

$0.30 < v_k < 0.60$

$q_0(v_k) = q_0(v_k=0.3) - (v_k / 0.3 - 1) * (q_0(v_k=0.3) - 1)$

$v_k = N_{Ed} / (A_c * f_{ck}) < 0.30$

sollecitazione di compressione normalizzata

$N_{Ed}$

sforzo di progetto

$A_c * f_{ck}$

resistenza a compressione semplice della sezione

In accordo al §7.9.2 delle NTC 2008, per le verifiche strutturali delle pile si considera classe di duttilità CD“B” e coefficiente di struttura  $q_0 = 1.50$ , per le spalle si considera coefficiente di struttura  $q_0 = 1.50$ .

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 70     |

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limSLV**

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0,242 g |
| $F_{a_0}$    | 2,452   |
| $T_C$        | 0,346 s |
| $S_S$        | 1,163   |
| $C_C$        | 1,360   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 1,000   |

**Parametri dipendenti**

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1,163   |
| $\eta$ | 1,000   |
| $T_B$  | 0,157 s |
| $T_C$  | 0,470 s |
| $T_D$  | 2,567 s |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

|       | T [s] | Se [g] |
|-------|-------|--------|
|       | 0,000 | 0,281  |
| $T_B$ | 0,157 | 0,689  |
| $T_C$ | 0,470 | 0,689  |
|       | 0,570 | 0,568  |
|       | 0,670 | 0,484  |
|       | 0,770 | 0,421  |
|       | 0,869 | 0,373  |
|       | 0,969 | 0,334  |
|       | 1,069 | 0,303  |
|       | 1,169 | 0,277  |
|       | 1,269 | 0,255  |
|       | 1,369 | 0,237  |
|       | 1,468 | 0,221  |
|       | 1,568 | 0,207  |
|       | 1,668 | 0,194  |
|       | 1,768 | 0,183  |
|       | 1,868 | 0,173  |
|       | 1,968 | 0,165  |
|       | 2,067 | 0,157  |
|       | 2,167 | 0,149  |
|       | 2,267 | 0,143  |
|       | 2,367 | 0,137  |
|       | 2,467 | 0,131  |
| $T_D$ | 2,567 | 0,126  |
|       | 2,635 | 0,120  |
|       | 2,703 | 0,114  |
|       | 2,771 | 0,108  |
|       | 2,840 | 0,103  |
|       | 2,908 | 0,098  |
|       | 2,976 | 0,094  |
|       | 3,044 | 0,090  |
|       | 3,113 | 0,086  |
|       | 3,181 | 0,082  |
|       | 3,249 | 0,079  |
|       | 3,317 | 0,076  |
|       | 3,386 | 0,073  |
|       | 3,454 | 0,070  |
|       | 3,522 | 0,067  |
|       | 3,590 | 0,064  |
|       | 3,659 | 0,062  |
|       | 3,727 | 0,060  |
|       | 3,795 | 0,058  |
|       | 3,863 | 0,056  |
|       | 3,932 | 0,054  |
|       | 4,000 | 0,052  |

Tabella 19 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta orizzontale allo SLV

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>71</b> |

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limiteSLV**

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_w$        | 0,160 g |
| $S_S$        | 1,000   |
| $S_T$        | 1,000   |
| q            | 1,000   |
| $T_B$        | 0,050 s |
| $T_C$        | 0,150 s |
| $T_D$        | 1,000 s |

**Parametri dipendenti**

|        |       |
|--------|-------|
| $F_v$  | 1,627 |
| S      | 1,000 |
| $\eta$ | 1,000 |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_w}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_w \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_w \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_w \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_w \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

|                  | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
|                  | 0,000 | 0,160  |
| $T_B \leftarrow$ | 0,050 | 0,393  |
| $T_C \leftarrow$ | 0,150 | 0,393  |
|                  | 0,235 | 0,251  |
|                  | 0,320 | 0,184  |
|                  | 0,405 | 0,146  |
|                  | 0,490 | 0,120  |
|                  | 0,575 | 0,103  |
|                  | 0,660 | 0,089  |
|                  | 0,745 | 0,079  |
|                  | 0,830 | 0,071  |
|                  | 0,915 | 0,064  |
| $T_D \leftarrow$ | 1,000 | 0,059  |
|                  | 1,094 | 0,049  |
|                  | 1,188 | 0,042  |
|                  | 1,281 | 0,036  |
|                  | 1,375 | 0,031  |
|                  | 1,469 | 0,027  |
|                  | 1,563 | 0,024  |
|                  | 1,656 | 0,021  |
|                  | 1,750 | 0,019  |
|                  | 1,844 | 0,017  |
|                  | 1,938 | 0,016  |
|                  | 2,031 | 0,014  |
|                  | 2,125 | 0,013  |
|                  | 2,219 | 0,012  |
|                  | 2,313 | 0,011  |
|                  | 2,406 | 0,010  |
|                  | 2,500 | 0,009  |
|                  | 2,594 | 0,009  |
|                  | 2,688 | 0,008  |
|                  | 2,781 | 0,008  |
|                  | 2,875 | 0,007  |
|                  | 2,969 | 0,007  |
|                  | 3,063 | 0,006  |
|                  | 3,156 | 0,006  |
|                  | 3,250 | 0,006  |
|                  | 3,344 | 0,005  |
|                  | 3,438 | 0,005  |
|                  | 3,531 | 0,005  |
|                  | 3,625 | 0,004  |
|                  | 3,719 | 0,004  |
|                  | 3,813 | 0,004  |
|                  | 3,906 | 0,004  |
|                  | 4,000 | 0,004  |

Tabella 20 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta verticale allo SLV

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 72     |

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limiti SLV**

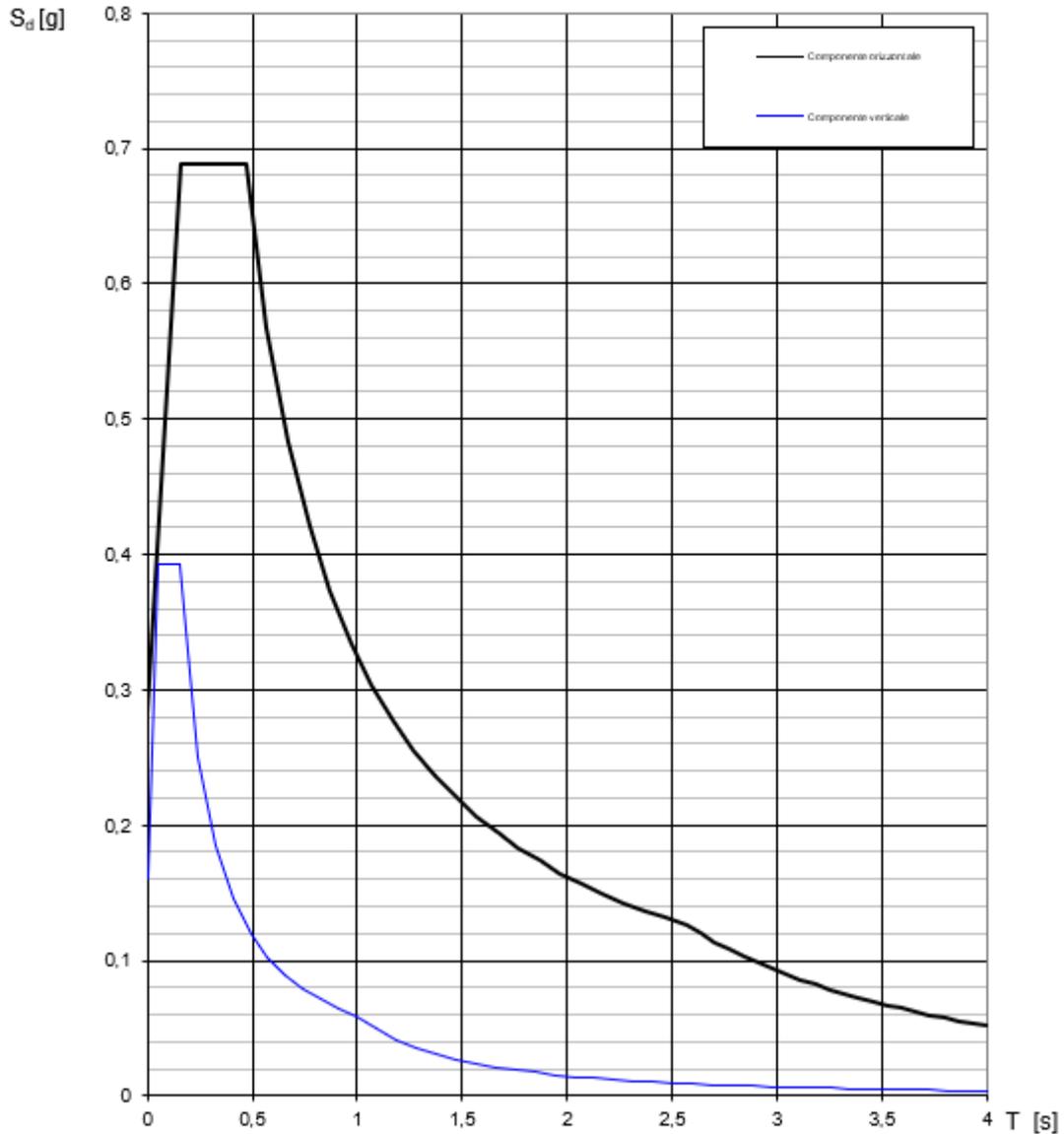


Figura 23 – Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale)

In accordo con le prescrizioni normative, lo spettro di risposta elastico è stato considerato solo ai fini della valutazione delle azioni in fondazione e per la valutazione delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 73     |

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limiti SLV**

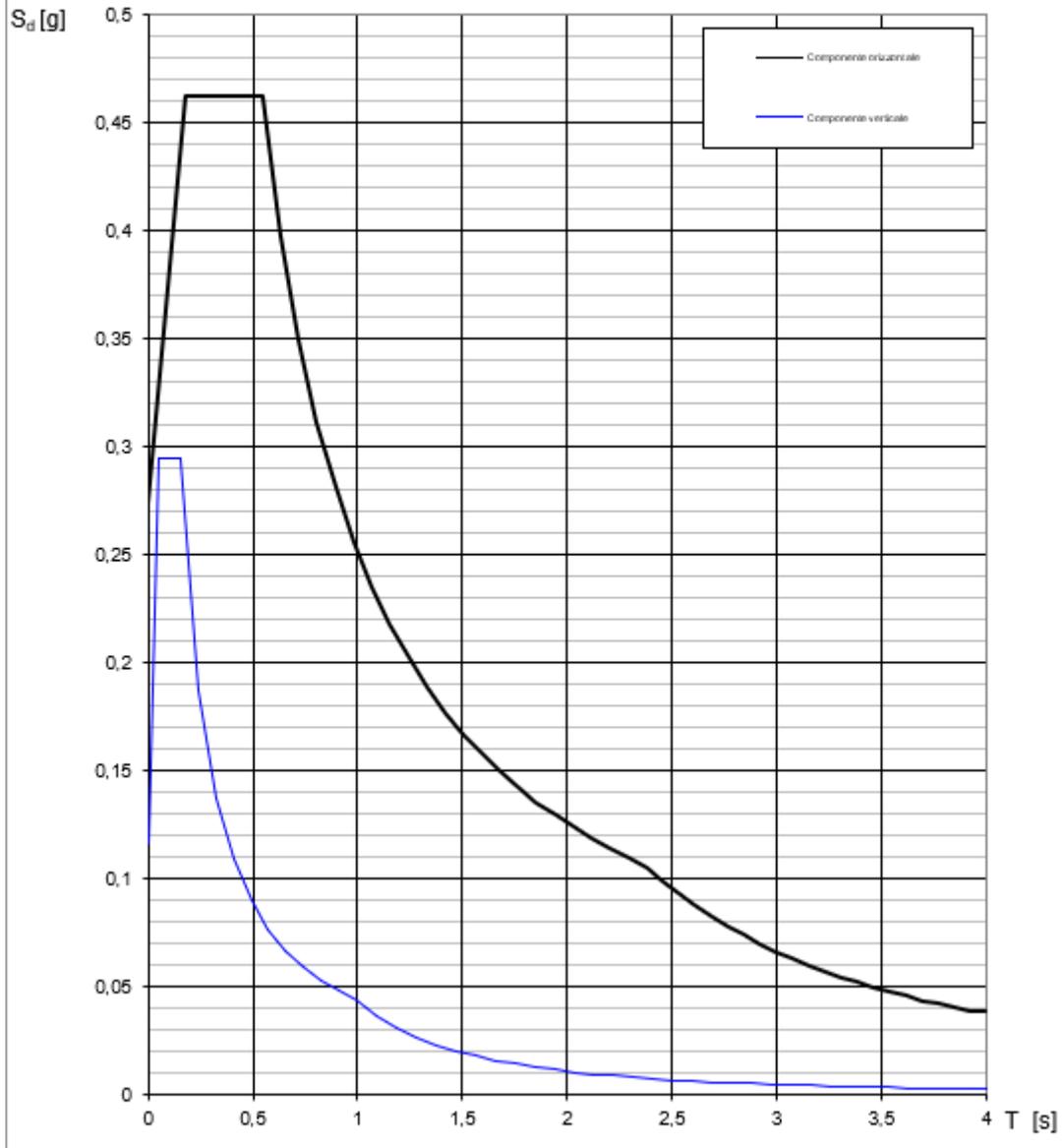


Figura 24 - Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale)

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>74</b> |

## 7.9.3 Amplificazione sismica di progetto

### 7.9.3.1 Metodo pseudostatico per muri

Con riferimento al § 7.11.6.2 delle NTC 2008 si esegue l'analisi con il metodo pseudostatico, dove l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

La deformabilità della parete viene tenuta in conto mediante dei coefficienti riduttivi correlati al massimo spostamento  $u_s$  che l'opera di altezza complessiva  $H$ , può ammettere senza riduzioni di resistenza ( $u_{s,max}$ ) e tale per cui sia verificata l'ipotesi di riduzione dell'azione sismica per duttilità strutturale ( $u_{s,min}$ ).

|   |   |
|---|---|
| $k_v = \beta_m \cdot S_s \cdot S_T \cdot a_g / g$ | coefficiente sismico orizzontale  |
| $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$                         | coefficiente sismico verticale (di solito non considerato nelle paratie)                                  |
| $S_s = 1.404$                                     | coefficiente di amplificazione stratigrafica orizzontale  |
| $S_T = 1.00$                                      | coefficiente di amplificazione topografica  |
| $a_g$   | accelerazione massima attesa al sito per lo Stato Limite considerato                                      |
| $g = 9.81 \text{ m/s}^2$                          | accelerazione di gravità  |
| $\beta_m = 1.00$                                  | (per muri non liberi di seguire spostamenti relativi rispetto al terreno, vedi §7.11.6.2.1 delle NTC2008) |

Si aggiunge che, secondo le NTC2018, i valori del coefficiente  $\beta_m$  possono eventualmente essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo §7.11.6.3.2 (coefficiente delle spinte  $\beta_m$  vs spostamenti orizzontali massimi  $u_s$ ).

Secondo il §3.10.3.1 del MdP del Corpo Stradale si ha infatti che:

*“Nelle analisi di muri su pali eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 adottando coefficiente  $\beta_m$  unitario.”*

### 7.9.3.2 Azioni inerziali masse

Le azioni inerziali  $E_h$  e  $E_v$  associate alle masse degli elementi strutturali dei carichi permanenti strutturali e non strutturali sono determinati incrementando le masse schematizzate nel modello di calcolo secondo gli spettri di progetto secondo le seguenti relazioni:

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| $E_h = G \cdot S_e(T)$    | azione inerziale orizzontale |
| $E_v = G \cdot S_{ve}(T)$ | azione inerziale verticale   |

Con riferimento a §3.2.4 delle NTC 2008, si considera in fase sismica il contributo delle azioni accidentali come previsto per i ponti ferroviari, pari al 20% del sovraccarico nominale:

$$G = G_1 + G_2 + \sum \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

|          |  |
|----------|--|
| $G$      | massa totale efficace  |
| $G_1$    | masse dei pesi propri strutturali                                  |
| $G_2$    | masse dei carichi permanenti non strutturali (permanenti, terreno) |
| $Q_{kj}$ | masse dei carichi accidentali                                      |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>75</b> |

$\Psi_{2j} = 0.2$  se ponti ferroviari (§5.2.2.8) o ponti stradali alto traffico (§5.1.3.12)

Le azioni inerziali orizzontali  $E_x$  e verticali  $E_y$  delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri  $G$  con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica  $k_h$  e  $k_v$ :

$$E_x = G \cdot k_h \quad \text{azione inerziale orizzontale}$$

$$E_y = G \cdot k_v \quad \text{azione inerziale verticale}$$

$$G = G_1 + G_2 + \Psi_{2j} \cdot Q \quad \text{masse efficaci sismiche}$$

## 7.9.4 Sovrappinte dinamiche del terreno

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

### 7.9.4.1 Azioni inerziali masse

Le sovrappinte  $\Delta S_{ah,E}$  sono calcolate in spinta attiva secondo il metodo di Mononome-Okabe:

$$\Delta S_{ah,E} = S_{ah,E} - S_{ah}$$

$$S_{ah} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot H^{*2} \cdot K_a \quad \text{spinta attiva statica sulla parete}$$

$$S_{ah,E} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^{*2} \cdot K_{aE} \quad \text{spinta attiva sismica sulla parete}$$

$$K_{aE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\rho + \delta) \cdot \text{sen}(\rho - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{coeff. spinta att. sismica (M-O)}$$

$K_a$  coefficiente di spinta attiva statico

$H^* = H + \Delta H$  altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\Delta H = 0$  incremento dell'altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\gamma^*(z)$  peso specifico del terreno

$\varphi$  angolo attrito del terreno

$\delta$  attrito tra terreno e parete

$\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

$k_h$  coefficiente di amplificazione orizzontale

$k_v$  coefficiente di amplificazione verticale

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v))$  terreni sopra falda  $\gamma^* = \gamma_{sat}$

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v)) \cdot (\gamma_{sat} / (\gamma_{sat} - \gamma_w))$  terreni sotto falda  $\gamma^* = \gamma'$

Restando a favore della sicurezza, la risultante  $\Delta S_{ah,E}$  viene applicata su tutta l'altezza  $H^*$  come una pressione orizzontale distribuita  $\Delta \sigma_{h,E}$  pari a:

$$\Delta \sigma_{h,E} = \Delta S_{ah,E} / H^*$$

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 76     |

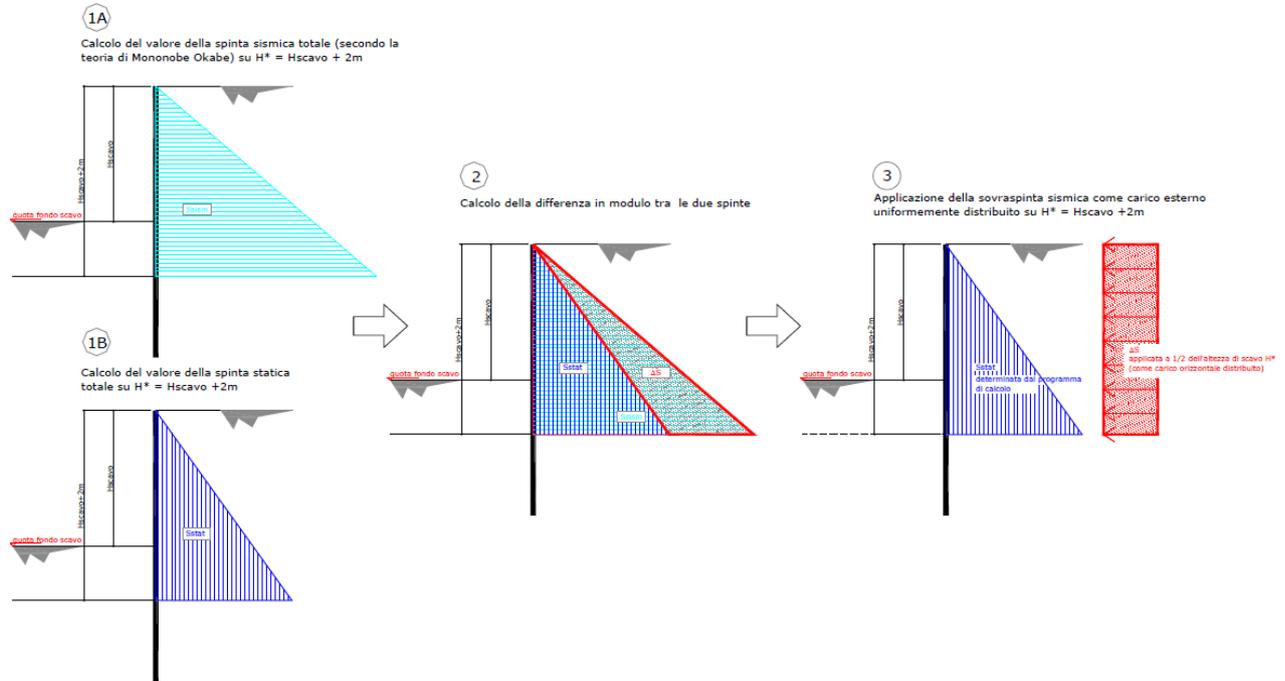


Figura 25 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

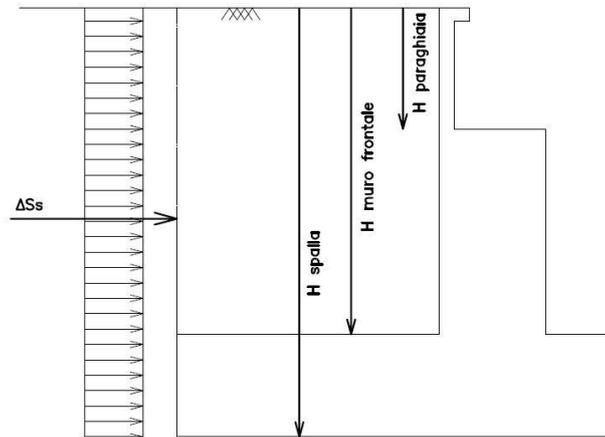


Figura 26: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

#### 7.9.4.2 Spinta attiva in Excel®

Si adotta la formulazione del metodo di Mononome-Okabe prima descritto.

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>77</b> |

### 7.10 VARIAZIONI TERMICHE (Q<sub>7</sub>)

Essendo le campate isostatiche, tale azione non rientra direttamente nel calcolo delle sottostrutture, ma viene inclusa indirettamente nelle valutazioni sulle azioni agli appoggi (escursioni ed attriti meccanici).

La variazione termica è definita secondo quanto riportato nel § 2.5.1.4.4.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture” che riprende il § 5.2.2.5.2 delle NTC08.

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per l’impalcato risulta  $\pm 15^\circ$ , ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili viene incrementata del 50% per una variazione totale di calcolo di  $\pm 22.5^\circ\text{C}$ .

### 7.11 ATTRITO (Q<sub>8</sub>)

| Nome         | Tipo                           | $\gamma_E$<br>(Fav / Sfav)                              | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|--------------|--------------------------------|---|----------|----------|----------|
| ATTRITO PERM | Permanenti non strutturali     | 1.00 / 1.50   | -        | -        | -        |
| ATTRITO VAR  | Variabili traffico ferroviario | EQU 0.00 / 1.45<br>(A1) 0.00 / 1.45<br>(A2) 0.00 / 1.25 | 0.80     | 0.50     | 0.00     |

Gli effetti dell’attrito sono valutati associando, in corrispondenza degli appoggi scorrevoli, alle reazioni verticali dovute a carichi permanenti ( $V_G$ ) e quelle dovute a carichi accidentali ( $V_Q$ ) le seguenti forze orizzontali in direzione longitudinale, dove il coefficiente di attrito  $f = 3\%$ .

$$Q_8 F_{a,G} = f \cdot (\sum V_{G,i})$$

$$Q_8 F_{a,Q} = f \cdot (\sum V_{Q,i})$$

Per le forze orizzontali associate ubicate ai singoli appoggi, vedi tabella scarichi impalcato.

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>78</b> |

## 7.12 SCARICHI AGLI APPOGGI

Dalle valutazioni sui carichi derivanti dagli impalcati in appoggio, effettuate mediante metodi semplificati e riportate nei capitoli precedenti per le varie tipologie di azione, si sono considerati i valori nominali degli scarichi riepilogati nella tabella seguente.

Tali scarichi sono stati confrontati rispetto alle calcolazioni di dettaglio effettuate mediante analisi FEM sui singoli impalcati, alle cui relazioni di calcolo si rimanda per ulteriori verifiche di confronto.

| IMPALCATO CAP L=25m            | Lato Appoggi Scorrevoli |        |       |                 |        |       |                |        |       |                |        |       |
|--------------------------------|-------------------------|--------|-------|-----------------|--------|-------|----------------|--------|-------|----------------|--------|-------|
|                                | Appoggio 5 (M)          |        |       | Appoggio 6 (UL) |        |       | Appoggio 7 (M) |        |       | Appoggio 8 (M) |        |       |
|                                | y (m)                   | x (m)  | z (m) | y (m)           | x (m)  | z (m) | y (m)          | x (m)  | z (m) | y (m)          | x (m)  | z (m) |
|                                | 0,00                    | -3,62  | -0,60 | 0,00            | -1,21  | -0,60 | 0,00           | 1,21   | -0,60 | 0,00           | 3,62   | -0,60 |
| Permanenti                     | Long.                   | Trasv. | Vert. | Long.           | Trasv. | Vert. | Long.          | Trasv. | Vert. | Long.          | Trasv. | Vert. |
|                                | [kN]                    | [kN]   | [kN]  | [kN]            | [kN]   | [kN]  | [kN]           | [kN]   | [kN]  | [kN]           | [kN]   | [kN]  |
| G1 (peso proprio)              | 0                       | 0      | 1075  | 0               | 0      | 475   | 0              | 0      | 475   | 0              | 0      | 1075  |
| <b>Ballast</b>                 |                         |        |       |                 |        |       |                |        |       |                |        |       |
| G2,1 (ballast)                 | 0                       | 0      | 325   | 0               | 0      | 500   | 0              | 0      | 500   | 0              | 0      | 325   |
| <b>Perm. non strutturali</b>   |                         |        |       |                 |        |       |                |        |       |                |        |       |
| G2,2 (velette)                 | 0                       | 0      | 225   | 0               | 0      | -138  | 0              | 0      | -138  | 0              | 0      | 225   |
| G2,3 (arredi)                  | 0                       | 0      | 425   | 0               | 0      | -225  | 0              | 0      | -225  | 0              | 0      | 425   |
| G2,4 (barriere)                | 0                       | 0      | 575   | 0               | 0      | -325  | 0              | 0      | -325  | 0              | 0      | 575   |
| Q8 Fa,G (attrito)              | 79                      | 0      | 0     | 9               | 0      | 0     | 9              | 0      | 0     | 79             | 0      | 0     |
| <b>Accidentali da traffico</b> |                         |        |       |                 |        |       |                |        |       |                |        |       |
| Q1 LM71_B1 (traffico)          | 0                       | 0      | -15   | 0               | 0      | 253   | 0              | 0      | 520   | 0              | 0      | 788   |
| Q1 LM71_B2 (traffico)          | 0                       | 0      | 788   | 0               | 0      | 520   | 0              | 0      | 253   | 0              | 0      | -15   |
| Q1 SW2_B1 (traffico)           | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 283   | 0              | 0      | 565   | 0              | 0      | 848   |
| Q3,a B1-SW2 (avv)              | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 20    | 0              | 0      | 40    | 0              | 0      | 60    |
| Q3,a B1-LM71 (avv)             | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 22    | 0              | 0      | 44    | 0              | 0      | 66    |
| Q3,a B2-LM71 (avv)             | 0                       | 0      | 66    | 0               | 0      | 44    | 0              | 0      | 22    | 0              | 0      | 0     |
| Q3,f B1-SW2 (fren)             | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 21    | 0              | 0      | 42    | 0              | 0      | 63    |
| Q3,f B1-LM71 (fren)            | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 13    | 0              | 0      | 27    | 0              | 0      | 40    |
| Q3,f B2-LM71 (fren)            | 0                       | 0      | 40    | 0               | 0      | 27    | 0              | 0      | 13    | 0              | 0      | 0     |
| Q4 B1-SW2 (centr)              | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 0     | 0              | 0      | 0     | 0              | 0      | 0     |
| Q4 B1-LM71 (centr)             | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 0     | 0              | 0      | 0     | 0              | 0      | 0     |
| Q4 B2-LM71 (centr)             | 0                       | 0      | 0     | 0               | 0      | 0     | 0              | 0      | 0     | 0              | 0      | 0     |
| Q5 B1-SW2 (serp)               | 0                       | 0      | -41   | 0               | 100    | -14   | 0              | 0      | 14    | 0              | 0      | 41    |
| Q5 B1-LM71 (serp)              | 0                       | 0      | -45   | 0               | 110    | -15   | 0              | 0      | 15    | 0              | 0      | 45    |
| Q5 B2-LM71 (serp)              | 0                       | 0      | -45   | 0               | 110    | -15   | 0              | 0      | 15    | 0              | 0      | 45    |
| Q8 Fa,Q (attrito)              | 24                      | 0      | 0     | 16              | 0      | 0     | 17             | 0      | 0     | 25             | 0      | 0     |
| <b>Effetti ambientali</b>      |                         |        |       |                 |        |       |                |        |       |                |        |       |
| Q6 (vento)                     | 0                       | 0      | -29   | 0               | 234    | 25    | 0              | 0      | 78    | 0              | 0      | 132   |

Tabella 21 – Scarichi caratteristici agli appoggi della spalla mobile

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 79     |

SPALLA S1

SPALLA S2

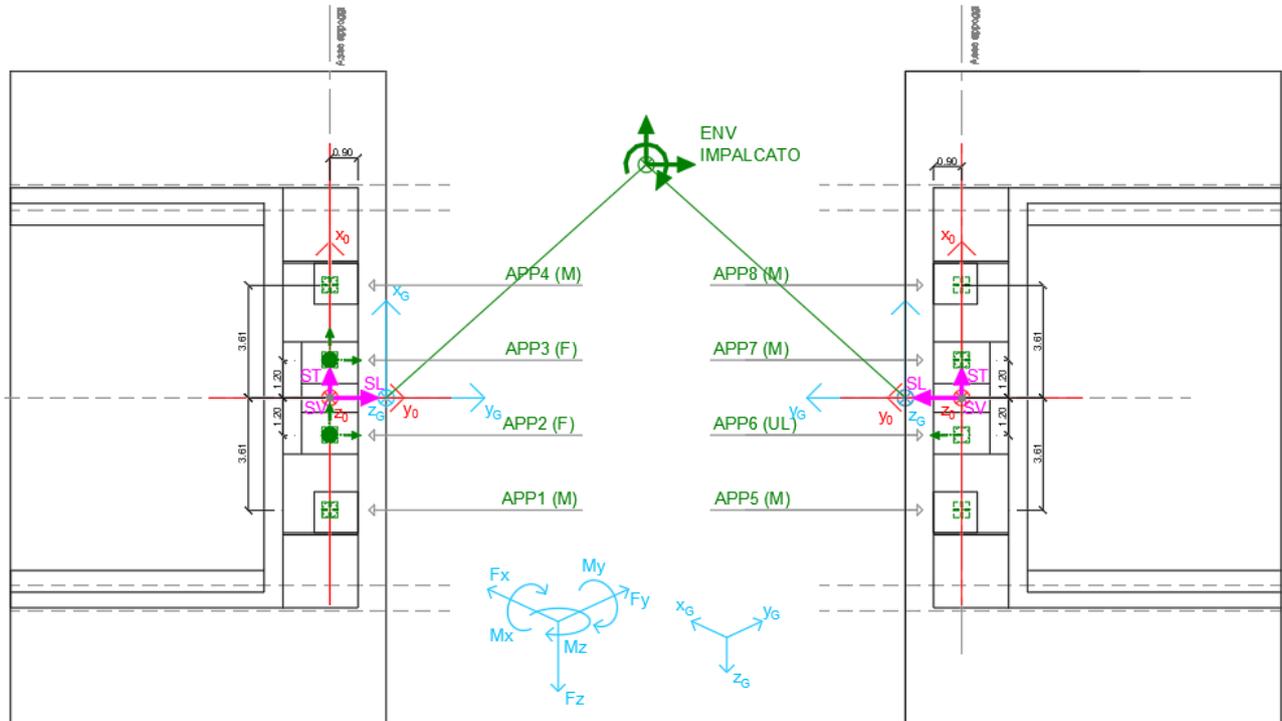


Figura 27- - Schema dei vincoli a terra impalcato

|   |  |   |  |   |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | COMMESSA  | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|   |  |   |  | LI0B  | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 80     |

## 8. COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate utilizzando i coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_i$  e i coefficienti di combinazione  $\psi_i$  di seguito riportati:

|   |             | Coefficiente  | EQU <sup>(1)</sup>  | A1 STR              | A2 GEO | Combinazione eccezionale | Combinazione Sismica |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|--------|--------------------------|----------------------|
| Carichi permanenti                                | favorevoli  | $\gamma_{G1}$ | 0,90                | 1,00                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,10                | 1,35                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
| Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> | favorevoli  | $\gamma_{G2}$ | 0,00                | 0,00                | 0,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,50                | 1,50                | 1,30   | 1,00                     | 1,00                 |
| Ballast <sup>(3)</sup>                            | favorevoli  | $\gamma_B$    | 0,90                | 1,00                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,50                | 1,50                | 1,30   | 1,00                     | 1,00                 |
| Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>      | favorevoli  | $\gamma_Q$    | 0,00                | 0,00                | 0,00   | 0,00                     | 0,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,45                | 1,45                | 1,25   | 0,20 <sup>(5)</sup>      | 0,20 <sup>(5)</sup>  |
| Carichi variabili                                 | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$ | 0,00                | 0,00                | 0,00   | 0,00                     | 0,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,50                | 1,50                | 1,30   | 1,00                     | 0,00                 |
| Precompressione                                   | favorevole  | $\gamma_P$    | 0,90                | 1,00                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevole |               | 1,00 <sup>(6)</sup> | 1,00 <sup>(7)</sup> | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

| Azioni           |   | $\psi_0$            | $\psi_1$            | $\psi_2$   |
|------------------|---|---------------------|---------------------|------------|
| Azioni singole   | Carico sul rilevato a tergo delle spalle                | 0,80                | 0,50                | 0,0        |
| da traffico      | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80                | 0,50                | 0,0        |
|                  | gr <sub>1</sub>   | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,0        |
| Gruppi di carico | gr <sub>2</sub>   | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(2)</sup> | -          |
|                  | gr <sub>3</sub>   | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,0        |
|                  | gr <sub>4</sub>   | 1,00                | 1,00 <sup>(2)</sup> | 0,0        |
|                  | Azioni del vento  | F <sub>wk</sub>     | 0,60                | 0,50       |
| Azioni da neve   | in fase di esecuzione<br>SLU e SLE                      | 0,80<br>0,0         | 0,0<br>0,0          | 0,0<br>0,0 |
| Azioni termiche  | T <sub>k</sub>  | 0,60                | 0,60                | 0,50       |

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 22 – Combinazioni di carico

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                     |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 81     |

## 8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Per la determinazione degli effetti delle azioni da traffico si fa riferimento ai gruppi di carico da 1 a 4 secondo la tabella riportata di seguito:

| TIPO DI CARICO | Azioni verticali     |               | Azioni orizzontali     |                |                | Commenti                            |
|----------------|----------------------|---------------|------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|
|                | Carico verticale (1) | Treno scarico | Frenatura e avviamento | Centrifuga     | Serpeggio      |                                     |
| Gruppo 1 (2)   | 1,00                 | -             | 0,5 (0,0)              | 1,0 (0,0)      | 1,0 (0,0)      | massima azione verticale e laterale |
| Gruppo 2 (2)   | -                    | 1,00          | 0,00                   | 1,0 (0,0)      | 1,0(0,0)       | stabilità laterale                  |
| Gruppo 3 (2)   | 1,0 (0,5)            | -             | 1,00                   | 0,5 (0,0)      | 0,5 (0,0)      | massima azione longitudinale        |
| Gruppo 4       | 0,8 (0,6; 0,4)       | -             | 0,8 (0,6; 0,4)         | 0,8 (0,6; 0,4) | 0,8 (0,6; 0,4) | fessurazione                        |

Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Nel caso in esame, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 che comportano le maggiori sollecitazioni per le strutture in elevazione e in fondazione.

Nella figura successiva vengono esplicitate le tipologie di combinazioni utilizzate:

- Tipo Comb
- 1  $1,35 \cdot Gk1 + 1,50 \cdot Gk2b + 1,35 \cdot Gk2v + 0,73 \cdot Qk3a, i + 0,73 \cdot Qk3f, i + 1,45 \cdot Qk4, i + 1,45 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
  - 2  $1,35 \cdot Gk1 + 1,50 \cdot Gk2b + 1,35 \cdot Gk2v + 1,45 \cdot Qk3a, i + 1,45 \cdot Qk3f, i + 0,73 \cdot Qk4, i + 0,73 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
  - 3  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 0,73 \cdot Qk3a, i + 0,73 \cdot Qk3f, i + 1,45 \cdot Qk4, i + 1,45 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
  - 4  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,45 \cdot Qk3a, i + 1,45 \cdot Qk3f, i + 0,73 \cdot Qk4, i + 0,73 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
  - 5  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,50 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk2g$
  - 6  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk2g + 0,73 \cdot Qk2q$
  - 7  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 0,8 \cdot Qk3a, i + 0,8 \cdot Qk3f, i + 1,00 \cdot Qk4 + 1,00 \cdot Qk5 + 0,6 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk1 + 1,00 \cdot Qk2g + 1,00 \cdot Qk2q$
  - 8  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk3a, i + 1,00 \cdot Qk3f, i + 0,8 \cdot Qk4 + 0,8 \cdot Qk5 + 0,6 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk1 + 1,00 \cdot Qk2g + 1,00 \cdot Qk2q$
  - 9  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk2g$
  - 10  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v$
  - 11  $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk2g$

Figura 28 - Tipologie di combinazioni di carico

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>82</b> |

| NomeEnv: | TipoComb: | NumComb: | Comb: | Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio) | Gk2b Ballast-G2,1 (ballast) | Gk2v-Perm. non str. vari | Gk3a-Traffico 1 | Gk3a-Traffico 2 | Gk3a-Traffico 3 | Gk3f-Traffico 1 | Gk3f-Traffico 2 | Gk3f-Traffico 3 | Gk4-Traffico 1 | Gk4-Traffico 2 | Gk4-Traffico 3 | Gk5-Traffico 1 | Gk5-Traffico 2 | Gk5-Traffico 3 | Gk6 vento-Q6 (vento) | Gk1-Traffico 1 | Gk1-Traffico 2 | Gk1-Traffico 3 | Gk2g attrito-Q8 Fa, G (attrito) | Gk2q attrito-Q8 Fa, Q (attrito) |
|----------|-----------|----------|-------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| SLU      | 1         | 1        | SLU1  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 2         | 2        | SLU2  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 1         | 3        | SLU3  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 2         | 4        | SLU4  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 1         | 5        | SLU5  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 2         | 6        | SLU6  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 3         | 7        | SLU7  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 4         | 8        | SLU8  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 3         | 9        | SLU9  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 4         | 10       | SLU10 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 3         | 11       | SLU11 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 4         | 12       | SLU12 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                            | 1,45                            |
| SLU      | 5         | 13       | SLU13 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,50                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                            | 0,00                            |
| SLU      | 5         | 14       | SLU14 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,50                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | 0,00                            |
| SLU      | 5         | 15       | SLU15 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,50                | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                            | 0,00                            |
| SLU      | 5         | 16       | SLU16 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,50                | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | 0,00                            |
| SLU      | 6         | 17       | SLU17 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                            | 0,73                            |
| SLU      | 6         | 18       | SLU18 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | -0,73                           |
| SLE RA   | 7         | 19       | RA1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                            | 1,00                            |
| SLE RA   | 8         | 20       | RA2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                            | 1,00                            |
| SLE RA   | 7         | 21       | RA3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 1,00                            | 1,00                            |
| SLE RA   | 8         | 22       | RA4   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 1,00                            | 1,00                            |
| SLE RA   | 7         | 23       | RA5   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 1,00                            | 0,50                            |
| SLE RA   | 8         | 24       | RA6   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 1,00                            | 0,50                            |
| SLE RA   | 7         | 25       | RA7   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | -1,00                           |
| SLE RA   | 8         | 26       | RA8   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | -1,00                           |
| SLE RA   | 7         | 27       | RA9   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | -1,00                           | -1,00                           |
| SLE RA   | 8         | 28       | RA10  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | -1,00                           | -1,00                           |
| SLE RA   | 7         | 29       | RA11  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | -1,00                           | -0,50                           |
| SLE RA   | 8         | 30       | RA12  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | -1,00                           | -0,50                           |
| SLE RA   | 9         | 31       | RA13  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | 0,00                            |
| SLE RA   | 9         | 32       | RA14  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | 0,00                            |
| SLE RA   | 9         | 33       | RA15  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                            | 1,00                            |
| SLE QP   | 10        | 34       | QP1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                            | 0,00                            |
| SLE QP   | 11        | 35       | QP2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                           | 0,00                            |
| SLE QP   | 11        | 36       | QP3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                            | 0,00                            |

**Tabella 23 – Combinazioni di carico Spalla (fondazione ed elevazione)**

|   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>  |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>83</b> |

## 9. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 9.1 ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

#### 9.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali (SLU STR)

Come riportato al §2.3 delle NTC 2008, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

|  |  |
|--|--|
| $E_d \leq R_d$                           |  |
| $E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$ | Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione  |
| $R_d = R(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$ | Valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico |
| $Y_F \cdot F_k$                          | Azioni di progetto   |
| $X_k / Y_M$                              | Proprietà del materiale di progetto                        |
| $a_d$                                    | Geometria di progetto                                      |
| $Y_M$                                    | Coefficiente parziale di sicurezza del materiale           |

##### 9.1.1.1 Verifica a presso/tenso flessione

Come previsto al §4.1.2.1.2.4 delle NTC 2008 con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| $M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$ |  |
| $M_{Rd}$                              | Valore di calcolo del momento resistente corrispondente a $N_{Ed}$ |
| $N_{Ed}$                              | Valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)        |
| $M_{Ed}$                              | Valore di calcolo della componente flettente dell'azione           |

##### 9.1.1.2 Verifica a taglio

Secondo quanto previsto §4.1.2.1.3 delle NTC 2008, indicato con  $V_{Ed}$  il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica in generale che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

*Elementi senza armature resistenti a taglio*

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left( 0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \text{Rapporto percentuale armatura in zona tesa } A_{sl}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{Tensione media di compressione nella sezione}$$

$d$  Altezza utile della sezione (mm)

$b_w$  Larghezza minima della sezione (mm)

*Elementi provvisti di armature resistenti a taglio*

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 84     |

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$$

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$\theta$$

$$\cot \theta \leq 2.5)$$

$\alpha$

$A_{sw}$

$s$

$$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$$

$\alpha_c$

Resistenza di calcolo a taglio

Resistenza a taglio-trazione

Resistenza a taglio-compressione

Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ( $1 \leq$

Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

Area dell'armatura trasversale

Interasse tra due armature trasversali consecutive

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

Coefficienti maggiorativi pari a:

1 per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$

1.25 per  $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$

$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$  per  $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

### 9.1.1.3 Verifica a punzonamento

In corrispondenza del collegamento tra setti, pilastri o pali di fondazione ed elementi piani (plinti, solette) si hanno sollecitazioni concentrate, con meccanismo resistente a taglio in condizioni di rottura SLU dipendente dalla geometria locale tra i due elementi e le loro condizioni al contorno.

Le verifiche a taglio-punzonamento vengono eseguite in accordo con le UNI EN 1992-1-1: 2005, dove il taglio sollecitante unitario  $v_{Ed}$  si assume distribuito sul perimetro  $u_i$  del cono di rottura:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

$\beta$  coeff. posizioni reciproche tra aree di carico (pilastro interno 1.15, spigolo 1.50, bordo 1.40)

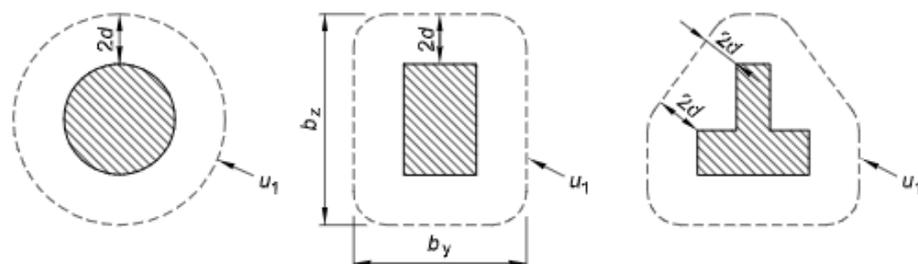
$V_{Ed}$  azione sollecitante di progetto

$u_i$  perimetro della sezione di verifica

$d = \frac{d_y + d_z}{2}$  altezza utile della sezione

$d_y, d_z$  altezze utili delle armature disposte nelle due direzioni principali

figura 6.13 Perimetri di verifica di base tipici intorno ad aree caricate



VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 85     |

figura 6.15 Perimetro di verifica di base per aree caricate in prossimità di bordi o di angoli

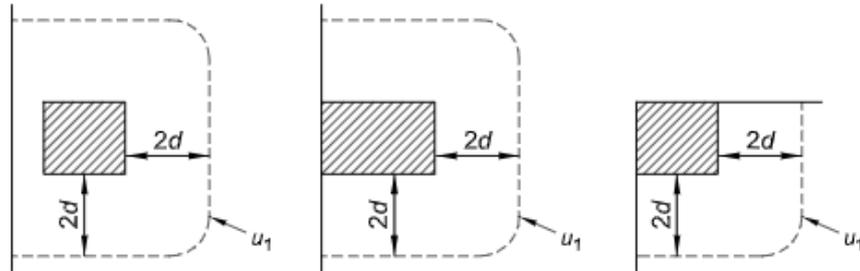


Figura 29 - Schemi aree di carico per diverse geometrie

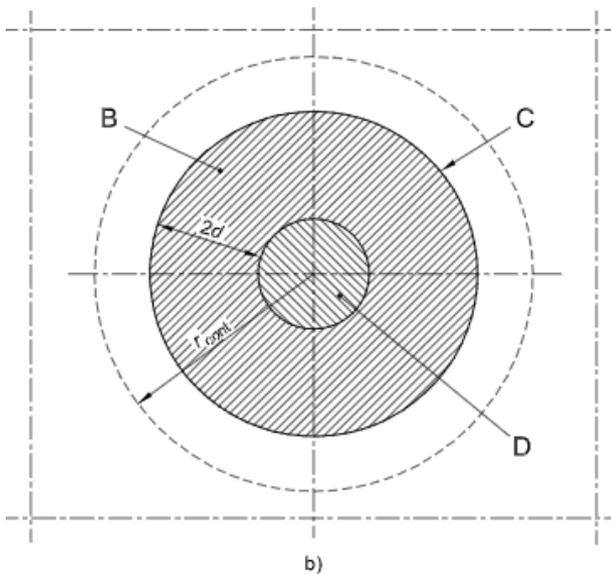
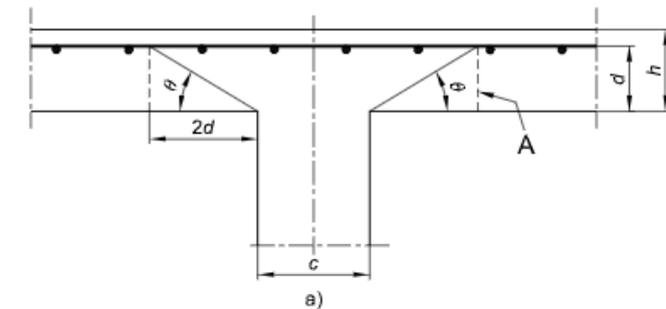


figura 6.12 Modello di verifica a punzonamento allo stato limite ultimo

Legenda

- a) Sezione
- b) Pianta
- A Sezione di base per la verifica
- B Area di verifica di base  $A_{cont}$
- C Perimetro di verifica di base,  $u_1$
- D Area caricata  $A_{load}$
- $r_{cont}$  Ulteriore perimetro di verifica
- $\theta = \arctan(1/2)$   
 $= 26,6^\circ$

Figura 30 – Modello di verifica a punzonamento SLU

Per un elemento a piastra e lungo le sezioni di verifica considerate, si definiscono le seguenti resistenze di progetto a taglio-punzonamento:

$$V_{Rd,c} = \max \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}; V_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \quad \text{per piastra senza armature a punzonamento}$$

$$V_{Rd,cs} = 0.75 \cdot V_{Rd,c} + 1.5 \cdot \left( \frac{d}{s_r} \right) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha \quad \text{per piastra con armature a punzonamento}$$

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 86     |

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

valore massimo assoluto

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$$

$$k = \min \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2 \right)$$

$$\rho_1 = \min \left( \sqrt{\rho_{1y} \cdot \rho_{1z}}; 0.02 \right)$$

$\rho_{1y}, \rho_{1z}$

percentuale di armatura longitudinale nelle due direzioni principali

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$$

$$\sigma_{c,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}, \quad \sigma_{c,z} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

tensioni normali nelle due direzioni principali

$N_{Ed,y}, N_{Ed,z}$

azioni normali nelle due direzioni principali

$A_{cy}, A_{cz}$

aree delle due direzioni principali

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}}$$

$$k_1 = 0.1$$

(annesso italiano all'Eurocodice)

$s_r$

passo radiale perimetri di armatura a taglio-punzonamento

$A_{sw}$

area armatura a taglio-punzonamento all'interno del perimetro di verifica

$$f_{ywd,ef} = \min(f_{ywd}; 250 + 0.25 \cdot d)$$

resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento

$\alpha$

angolo compreso tra l'armatura a taglio e il piano della piastra

La verifica da effettuare lungo il perimetro del pilastro  $u_0$ , descritto dall'area caricata  $A_{load}$ , è la seguente:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

|       |                                     |                   |
|-------|-------------------------------------|-------------------|
| $u_0$ | = sviluppo del perimetro pilastro   | pilastro interno  |
|       | = $c_2 + 3d \leq c_2 + 2 \cdot c_1$ | pilastro di bordo |
|       | = $3d \leq c_1 + c_2$               | pilastro d'angolo |

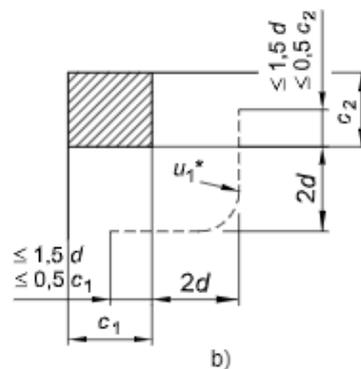
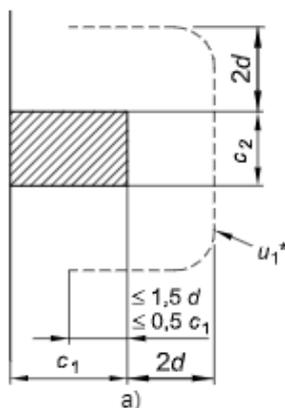


figura 6.20 Perimetro di verifica equivalente  $u_1$ .  
 Legenda  
 a) Pilastro di bordo  
 b) Pilastro d'angolo

Figura 31 – Geometria dei perimetri pilastri per elementi d'angolo e di bordo

Le verifiche da effettuare lungo il perimetro di base  $u_1$  sono le seguenti:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \text{piastra senza armature a taglio-punzonamento}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cs} \quad \text{piastra con armature a taglio-punzonamento}$$

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>87</b> |

## 9.1.2 Stati Limite Ultimi di esercizio (SLE STR, SLD)

### 9.1.2.1 Limiti tensionali in esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 delle NTC 2008, la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$E_d \leq C_d$$

$$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione}$$

$$C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate}$$

Le verifiche si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai valori limite delle tensioni riportati al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1 del MdP ITF:

|              |                               |                                |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|
|              | Combinazione quasi permanente | $\sigma_c < 0.40 \cdot f_{ck}$ |
| Acciaio teso | Combinazione rara             | $\sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$ |

### 9.1.2.2 Verifiche agli Stati Limite di Fessurazione

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al §4.1.2.2.4 delle NTC 2008. Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione). Si distinguono i seguenti casi:

|  |   |
|--|---|
| Combinazioni di azioni                     | Rara (RA)<br>Quasi Permanente (QP)  |
| Condizioni ambientali                      | Ordinarie (Gruppo A)<br>Aggressive (Gruppo B)<br>Molto aggressive (Gruppo C)  |
| Sensibilità delle armature alla corrosione | Sensibili (acciai da precompresso)<br>Poco sensibili (acciai ordinari)        |
| Stato limite                               | Apertura fessure (AF)<br>Formazione fessure (FF)<br>Decompressione (D)        |
| Apertura delle fessure                     | $w_1 = 0.20 \text{ mm}$<br>$w_2 = 0.30 \text{ mm}$<br>$w_3 = 0.40 \text{ mm}$ |

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Tabella 24 - Condizioni ambientali e classi di esposizione secondo NTC 2008

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>88</b> |

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

| Gruppi di Esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura           |            |                  |            |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|------------------|------------|
|                    |                       |                        | Sensibile          |            | Poco sensibile   |            |
|                    |                       |                        | Stato limite       | $w_k$      | Stato limite     | $w_k$      |
| A                  | Ordinarie             | frequente              | apertura fessure   | $\leq w_2$ | apertura fessure | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | apertura fessure   | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
| B                  | Aggressive            | frequente              | apertura fessure   | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | apertura fessure | $\leq w_1$ |
| C                  | Molto aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | apertura fessure | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | apertura fessure | $\leq w_1$ |

Tabella 25 - Stati limite di fessurazione secondo NTC 2008

Il calcolo, condotto con riferimento alla procedura analitica prevista al §C4.1.2.2.4 del **Errore. L'origine r** **iferimento non è stata trovata.**, prevede i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure ( $\Delta_{sm}$ );
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura ( $\varepsilon_{sm}$ );
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio  $w_m$  e valore di calcolo  $w_k$ ).

Come riportato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4 del MdP ITF, la verifica allo stato limite di apertura delle fessure viene calcolata con la combinazione caratteristica (rara) nei riguardi dello stato limite di esercizio. I limiti per l'apertura convenzionale delle fessure vengono valutati secondo le condizioni ambientali della struttura.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura. Si distinguono i seguenti casi:

| Elemento strutturale | Classi di esposizione | Gruppo di esigenza | Condizioni ambientali | Combinaz. di azioni | Stato limite | $w_k$                        |
|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------|------------------------------|
| Elevazioni           | XC4 – XS1             | B                  | Aggressive            | RA                  | AF           | $\leq w_1 = 0.20 \text{ mm}$ |
| Fondazioni           | XC2                   | A                  | Ordinarie             | RA                  | AF           | $\leq w_2 = 0.30 \text{ mm}$ |

Tabella 26 – Riepilogo stati limite di fessurazione di verifica

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 89     |

## 10. MODELLO DI CALCOLO

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo preparato specificatamente per ricavare le sollecitazioni globali partendo dagli scarichi appoggi dell'impalcato.

A tali sollecitazioni sono aggiunti i pesi propri degli elementi strutturali, del terreno di riempimento della spalla, le spinte del terreno di rilevato e, in condizioni sismiche, le masse, secondo le ipotesi illustrate nell'analisi dei carichi.

Vengono schematizzate ed analizzate le singole parti della struttura, a partire dal muro frontale e muri laterali che vengono modellati come delle mensole incastrate alla base.

Il solettone di fondazione viene considerato come una piastra rigida su pali.

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

| Parametri Geotecnici |         |       |
|----------------------|---------|-------|
| $\gamma$             | $\phi'$ | $c'$  |
| [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]     | [kPa] |
| 20                   | 38      | 0     |

Tabella 27 – Parametri geotecnici terreno di riempimento

Tutte le azioni e le combinazioni di carico considerate per le verifiche strutturali e geotecniche sono state sviluppate nell'ipotesi A1-M1.

### 10.1.1 Condizioni statiche

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta.

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno; pertanto, la spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete  $k_0$ .

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore equivalente pari ad entrambi i binari caricati con dei modelli di carico LM71, non amplificato per il coefficiente dinamico.

### 10.1.2 Condizioni sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica viene calcolata con la teoria di Mononome-Okabe con  $\beta_m = 1.00$ , in quanto si considera la spalla debolmente deformabile in condizione sismica.

In fase sismica si considerano inoltre le azioni orizzontali e verticali dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

|  |                                 |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |

## 11. ANALISI SPALLA MOBILE S2

### 11.1 AZIONE IMPALCATI

Mediante l'ausilio di un foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) derivanti dagli scarichi degli impalcati in appoggio, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione spalla, secondo lo schema di riferimento, a quota estradosso muro frontale, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

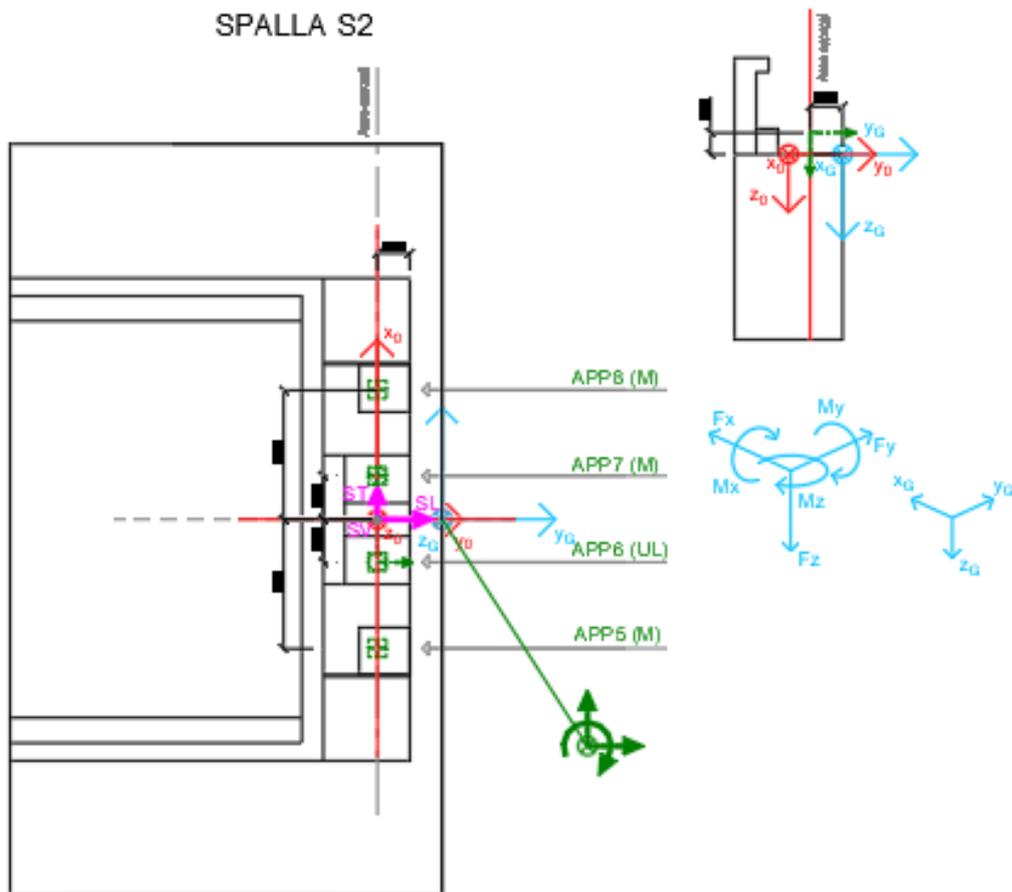


Figura 32 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>91</b> |

| NOME: <b>SPALLA 2</b>                         |                      | CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO |                      |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |                     |                     |                       |                       |                       |     |
|---|----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|
| LATO APPOGGI SCORREVOLI (IMPALCATO CAP L=25m) |                      |                             |                      |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |                     |                     |                       |                       |                       |     |
| APPOGGIO 5 (M)                                | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN)        | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |     |
| G1 (peso proprio)                             | 0                    | 0                           | 1075                 | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 3887                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 1075                  | -968                  | 3887                  | 0   |
| G2,1 (ballast)                                | 0                    | 0                           | 325                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 1175                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 325                   | -293                  | 1175                  | 0   |
| G2,2 (velette)                                | 0                    | 0                           | 225                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 813                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 225                   | -203                  | 813                   | 0   |
| G2,3 (arredi)                                 | 0                    | 0                           | 425                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 1536                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 425                   | -383                  | 1536                  | 0   |
| G2,4 (barriere)                               | 0                    | 0                           | 575                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 2079                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 575                   | -518                  | 2079                  | 0   |
| Q3,a B1-SW2 (aw)                              | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q3,a B1-LM71 (aw)                             | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q3,a B2-LM71 (aw)                             | 0                    | 0                           | 66                   | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 237                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 66                    | -59                   | 237                   | 0   |
| Q3,f B1-SW2 (fren)                            | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q3,f B1-LM71 (fren)                           | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q3,f B2-LM71 (fren)                           | 0                    | 0                           | 40                   | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 144                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 40                    | -36                   | 144                   | 0   |
| Q4 B1-SW2 (centr)                             | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q4 B1-LM71 (centr)                            | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q4 B2-LM71 (centr)                            | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q5 B1-SW2 (serp)                              | 0                    | 0                           | -41                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -149                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -41                   | 37                    | -149                  | 0   |
| Q5 B1-LM71 (serp)                             | 0                    | 0                           | -45                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -164                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -45                   | 41                    | -164                  | 0   |
| Q5 B2-LM71 (serp)                             | 0                    | 0                           | -45                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -164                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -45                   | 41                    | -164                  | 0   |
| Q6 (vento)                                    | 0                    | 0                           | -29                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -106                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -29                   | 26                    | -106                  | 0   |
| Q1 LM71_B1 (traffico)                         | 0                    | 0                           | -15                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -56                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -15                   | 14                    | -56                   | 0   |
| Q1 LM71_B2 (traffico)                         | 0                    | 0                           | 788                  | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 2850                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 788                   | -709                  | 2850                  | 0   |
| Q1 SW2_B1 (traffico)                          | 0                    | 0                           | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q8 Fa,G (attrito)                             | 0                    | 79                          | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 47                    | 0                     | -285                  | 0                   | 79                  | 0                   | 47                    | 0                     | -285                  | 0   |
| Q8 Fa,Q (attrito)                             | 0                    | 24                          | 0                    | -3,62              | 0,00               | -0,60              | 14                    | 0                     | -85                   | 0                   | 24                  | 0                   | 14                    | 0                     | -85                   | 0   |
| APPOGGIO 6 (UL)                               | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN)        | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |     |
| G1 (peso proprio)                             | 0                    | 0                           | 475                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 573                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 475                   | -428                  | 573                   | 0   |
| G2,1 (ballast)                                | 0                    | 0                           | 500                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 603                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 500                   | -450                  | 603                   | 0   |
| G2,2 (velette)                                | 0                    | 0                           | -138                 | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -166                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -138                  | 124                   | -166                  | 0   |
| G2,3 (arredi)                                 | 0                    | 0                           | -225                 | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -271                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -225                  | 203                   | -271                  | 0   |
| G2,4 (barriere)                               | 0                    | 0                           | -325                 | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -392                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -325                  | 293                   | -392                  | 0   |
| Q3,a B1-SW2 (aw)                              | 0                    | 0                           | 20                   | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 24                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 20                    | -18                   | 24                    | 0   |
| Q3,a B1-LM71 (aw)                             | 0                    | 0                           | 22                   | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 26                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 22                    | -20                   | 26                    | 0   |
| Q3,a B2-LM71 (aw)                             | 0                    | 0                           | 44                   | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 53                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 44                    | -39                   | 53                    | 0   |
| Q3,f B1-SW2 (fren)                            | 0                    | 0                           | 21                   | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 25                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 21                    | -19                   | 25                    | 0   |
| Q3,f B1-LM71 (fren)                           | 0                    | 0                           | 13                   | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 16                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 13                    | -12                   | 16                    | 0   |
| Q3,f B2-LM71 (fren)                           | 0                    | 0                           | 27                   | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 32                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 27                    | -24                   | 32                    | 0   |
| Q4 B1-SW2 (centr)                             | 0                    | 0                           | 0                    | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q4 B1-LM71 (centr)                            | 0                    | 0                           | 0                    | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q4 B2-LM71 (centr)                            | 0                    | 0                           | 0                    | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q5 B1-SW2 (serp)                              | 100                  | 0                           | -14                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -77                   | 0                     | 100                 | 0                   | 0                   | -14                   | 12                    | -77                   | 90  |
| Q5 B1-LM71 (serp)                             | 110                  | 0                           | -15                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -84                   | 0                     | 110                 | 0                   | 0                   | -15                   | 14                    | -84                   | 99  |
| Q5 B2-LM71 (serp)                             | 110                  | 0                           | -15                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -84                   | 0                     | 110                 | 0                   | 0                   | -15                   | 14                    | -84                   | 99  |
| Q6 (vento)                                    | 234                  | 0                           | 25                   | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | -111                  | 0                     | 234                 | 0                   | 0                   | 25                    | -22                   | -111                  | 211 |
| Q1 LM71_B1 (traffico)                         | 0                    | 0                           | 253                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 304                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 253                   | -227                  | 304                   | 0   |
| Q1 LM71_B2 (traffico)                         | 0                    | 0                           | 520                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 627                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 520                   | -468                  | 627                   | 0   |
| Q1 SW2_B1 (traffico)                          | 0                    | 0                           | 283                  | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 0                     | 340                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 283                   | -254                  | 340                   | 0   |
| Q8 Fa,G (attrito)                             | 0                    | 9                           | 0                    | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 5                     | 0                     | -10                   | 0                   | 9                   | 0                   | 5                     | 0                     | -10                   | 0   |
| Q8 Fa,Q (attrito)                             | 0                    | 16                          | 0                    | -1,21              | 0,00               | -0,60              | 9                     | 0                     | -19                   | 0                   | 16                  | 0                   | 9                     | 0                     | -19                   | 0   |
| APPOGGIO 7 (M)                                | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN)        | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |     |
| G1 (peso proprio)                             | 0                    | 0                           | 475                  | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -573                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 475                   | -428                  | -573                  | 0   |
| G2,1 (ballast)                                | 0                    | 0                           | 500                  | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -603                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 500                   | -450                  | -603                  | 0   |
| G2,2 (velette)                                | 0                    | 0                           | -138                 | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 166                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -138                  | 124                   | 166                   | 0   |
| G2,3 (arredi)                                 | 0                    | 0                           | -225                 | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 271                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -225                  | 203                   | 271                   | 0   |
| G2,4 (barriere)                               | 0                    | 0                           | -325                 | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 392                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | -325                  | 293                   | 392                   | 0   |
| Q3,a B1-SW2 (aw)                              | 0                    | 0                           | 40                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -48                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 40                    | -36                   | -48                   | 0   |
| Q3,a B1-LM71 (aw)                             | 0                    | 0                           | 44                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -53                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 44                    | -39                   | -53                   | 0   |
| Q3,a B2-LM71 (aw)                             | 0                    | 0                           | 22                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -26                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 22                    | -20                   | -26                   | 0   |
| Q3,f B1-SW2 (fren)                            | 0                    | 0                           | 42                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -51                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 42                    | -38                   | -51                   | 0   |
| Q3,f B1-LM71 (fren)                           | 0                    | 0                           | 27                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -32                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 27                    | -24                   | -32                   | 0   |
| Q3,f B2-LM71 (fren)                           | 0                    | 0                           | 13                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -16                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 13                    | -12                   | -16                   | 0   |
| Q4 B1-SW2 (centr)                             | 0                    | 0                           | 0                    | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q4 B1-LM71 (centr)                            | 0                    | 0                           | 0                    | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q4 B2-LM71 (centr)                            | 0                    | 0                           | 0                    | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0   |
| Q5 B1-SW2 (serp)                              | 0                    | 0                           | 14                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -17                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 14                    | -12                   | -17                   | 0   |
| Q5 B1-LM71 (serp)                             | 0                    | 0                           | 15                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -18                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 15                    | -14                   | -18                   | 0   |
| Q5 B2-LM71 (serp)                             | 0                    | 0                           | 15                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -18                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 15                    | -14                   | -18                   | 0   |
| Q6 (vento)                                    | 0                    | 0                           | 78                   | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -95                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 78                    | -71                   | -95                   | 0   |
| Q1 LM71_B1 (traffico)                         | 0                    | 0                           | 520                  | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -627                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 520                   | -468                  | -627                  | 0   |
| Q1 LM71_B2 (traffico)                         | 0                    | 0                           | 253                  | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -304                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 253                   | -227                  | -304                  | 0   |
| Q1 SW2_B1 (traffico)                          | 0                    | 0                           | 565                  | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -681                  | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 565                   | -509                  | -681                  | 0   |
| Q8 Fa,G (attrito)                             | 0                    | 9                           | 0                    | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 5                     | 0                     | 10                    | 0                   | 9                   | 0                   | 5                     | 0                     | 10                    | 0   |
| Q8 Fa,Q (attrito)                             | 0                    | 17                          | 0                    | 1,21               | 0,00               | -0,60              | 10                    | 0                     | 20                    | 0                   | 17                  | 0                   | 10                    | 0                     | 20                    | 0   |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>92</b> |

| APPOGGIO 8 (M)        | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN) | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| G1 (peso proprio)     | 0                    | 0                    | 1075                 | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -3887                 | 0                     | 0                   | 0                   | 1075                | -968                  | -3887                 | 0                     |
| G2,1 (ballast)        | 0                    | 0                    | 325                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -1175                 | 0                     | 0                   | 0                   | 325                 | -293                  | -1175                 | 0                     |
| G2,2 (velette)        | 0                    | 0                    | 225                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -813                  | 0                     | 0                   | 0                   | 225                 | -203                  | -813                  | 0                     |
| G2,3 (arredi)         | 0                    | 0                    | 425                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -1536                 | 0                     | 0                   | 0                   | 425                 | -383                  | -1536                 | 0                     |
| G2,4 (barriere)       | 0                    | 0                    | 575                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -2079                 | 0                     | 0                   | 0                   | 575                 | -518                  | -2079                 | 0                     |
| Q3,a B1-SW2 (aw)      | 0                    | 0                    | 60                   | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -216                  | 0                     | 0                   | 0                   | 60                  | -54                   | -216                  | 0                     |
| Q3,a B1-LM71 (aw)     | 0                    | 0                    | 66                   | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -237                  | 0                     | 0                   | 0                   | 66                  | -59                   | -237                  | 0                     |
| Q3,a B2-LM71 (aw)     | 0                    | 0                    | 0                    | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |
| Q3,f B1-SW2 (fren)    | 0                    | 0                    | 63                   | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -229                  | 0                     | 0                   | 0                   | 63                  | -57                   | -229                  | 0                     |
| Q3,f B1-LM71 (fren)   | 0                    | 0                    | 40                   | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -144                  | 0                     | 0                   | 0                   | 40                  | -36                   | -144                  | 0                     |
| Q3,f B2-LM71 (fren)   | 0                    | 0                    | 0                    | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |
| Q4 B1-SW2 (centr)     | 0                    | 0                    | 0                    | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |
| Q4 B1-LM71 (centr)    | 0                    | 0                    | 0                    | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |
| Q4 B2-LM71 (centr)    | 0                    | 0                    | 0                    | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |
| Q5 B1-SW2 (serp)      | 0                    | 0                    | 41                   | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -149                  | 0                     | 0                   | 0                   | 41                  | -37                   | -149                  | 0                     |
| Q5 B1-LM71 (serp)     | 0                    | 0                    | 45                   | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -164                  | 0                     | 0                   | 0                   | 45                  | -41                   | -164                  | 0                     |
| Q5 B2-LM71 (serp)     | 0                    | 0                    | 45                   | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -164                  | 0                     | 0                   | 0                   | 45                  | -41                   | -164                  | 0                     |
| Q6 (vento)            | 0                    | 0                    | 132                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -478                  | 0                     | 0                   | 0                   | 132                 | -119                  | -478                  | 0                     |
| Q1 LM71_B1 (traffico) | 0                    | 0                    | 788                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -2850                 | 0                     | 0                   | 0                   | 788                 | -709                  | -2850                 | 0                     |
| Q1 LM71_B2 (traffico) | 0                    | 0                    | -15                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | 56                    | 0                     | 0                   | 0                   | -15                 | 14                    | 56                    | 0                     |
| Q1 SW2_B1 (traffico)  | 0                    | 0                    | 848                  | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 0                     | -3064                 | 0                     | 0                   | 0                   | 848                 | -763                  | -3064                 | 0                     |
| Q8 Fa,G (attrito)     | 0                    | 79                   | 0                    | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 47                    | 0                     | 285                   | 0                   | 79                  | 0                   | 47                    | 0                     | 285                   |
| Q8 Fa,Q (attrito)     | 0                    | 25                   | 0                    | 3,62               | 0,00               | -0,60              | 15                    | 0                     | 92                    | 0                   | 25                  | 0                   | 15                    | 0                     | 92                    |

Tabella 28 - Riepilogo azioni elementari derivanti dagli scarichi degli impalcati

| Tipo azione        | Descrizione azione | V <sub>trav</sub>   | V <sub>long</sub>   | N <sub>vert</sub>   | M <sub>long</sub>    | M <sub>trav</sub>    | M <sub>torc</sub>    |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                    |                    | F <sub>x</sub> [kN] | F <sub>y</sub> [kN] | F <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
| Gk1 Perm. Str.     | G1 (peso proprio)  | 0                   | 0                   | 3101                | -2791                | 0                    | 0                    |
| Gk2b Ballast       | G2,1 (ballast)     | 0                   | 0                   | 1650                | -1485                | 0                    | 0                    |
| Gk2v               | G2,2 (arredi vari) | 0                   | 0                   | 1075                | -968                 | 0                    | 0                    |
| Qk3a<br>Avviamento | Traffico 1         | 0                   | 0                   | 131                 | -118                 | -264                 | 0                    |
|                    | Traffico 2         | 0                   | 0                   | 119                 | -107                 | -240                 | 0                    |
|                    | Traffico 3         | 0                   | 0                   | 119                 | -107                 | -240                 | 0                    |
| Qk3f<br>Frenatura  | Traffico 1         | 0                   | 0                   | 80                  | -72                  | 160                  | 0                    |
|                    | Traffico 2         | 0                   | 0                   | 80                  | -72                  | 160                  | 0                    |
|                    | Traffico 3         | 0                   | 0                   | 127                 | -114                 | -254                 | 0                    |
| Qk4<br>Centrifuga  | Traffico 1         | 0                   | 0                   | 0                   | 0                    | 0                    | 0                    |
|                    | Traffico 2         | 0                   | 0                   | 0                   | 0                    | 0                    | 0                    |
|                    | Traffico 3         | 0                   | 0                   | 0                   | 0                    | 0                    | 0                    |
| Qk5<br>Serpeggio   | Traffico 1         | 220                 | 0                   | 0                   | 0                    | -861                 | 198                  |
|                    | Traffico 2         | 210                 | 0                   | 0                   | 0                    | -822                 | 189                  |
|                    | Traffico 3         | 100                 | 0                   | 0                   | 0                    | -391                 | 90                   |
| Qk6 vento          | Q6 (vento)         | 234                 | 0                   | 206                 | -186                 | -789                 | 211                  |
| Qk1<br>Treno       | Traffico 1         | 0                   | 0                   | 3092                | -2783                | 0                    | 0                    |
|                    | Traffico 2         | 0                   | 0                   | 3241                | -2917                | -176                 | 0                    |
|                    | Traffico 3         | 0                   | 0                   | 1695                | -1526                | -3404                | 0                    |
| Qk2g attrito       | Q8 Fa,G (attrito)  | 0                   | 175                 | 0                   | 105                  | 0                    | 0                    |
| Qk2q attrito       | Q8 Fa,Q (attrito)  | 0                   | 82                  | 0                   | 49                   | 0                    | 8                    |

Tabella 29 - Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso muro frontale)

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>93</b> |

| NomeEnv: | TipoComb: | NumComb: | Comb: | Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio) | Gk2b Ballast-G2,1 (ballast) | Gk2v-Perm. non str. vari | Gk3a-Traffico 1 | Gk3a-Traffico 2 | Gk3a-Traffico 3 | Gk3f-Traffico 1 | Gk3f-Traffico 2 | Gk3f-Traffico 3 | Gk4-Traffico 1 | Gk4-Traffico 2 | Gk4-Traffico 3 | Gk5-Traffico 1 | Gk5-Traffico 2 | Gk5-Traffico 3 | Gk6 vento-Q6 (vento) | Gk1-Traffico 1 | Gk1-Traffico 2 | Gk1-Traffico 3 | Gk2g attrito-Q8 Fa.G (attrito) | Gk2q attrito-Q8 Fa.Q (attrito) |
|----------|-----------|----------|-------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| SLU      | 1         | 1        | SLU1  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 2         | 2        | SLU2  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 1         | 3        | SLU3  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 2         | 4        | SLU4  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 1         | 5        | SLU5  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 2         | 6        | SLU6  | 1,35                             | 1,50                        | 1,35                     | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 3         | 7        | SLU7  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 4         | 8        | SLU8  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,90                 | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 3         | 9        | SLU9  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 4         | 10       | SLU10 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,90                 | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 3         | 11       | SLU11 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00            | 0,00            | 0,73            | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 4         | 12       | SLU12 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00            | 0,00            | 1,45            | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,00           | 0,00           | 0,73           | 0,90                 | 0,00           | 0,00           | 1,45           | 1,35                           | 1,45                           |
| SLU      | 5         | 13       | SLU13 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,50                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                           | 0,00                           |
| SLU      | 5         | 14       | SLU14 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,50                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | 0,00                           |
| SLU      | 5         | 15       | SLU15 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,50                | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                           | 0,00                           |
| SLU      | 5         | 16       | SLU16 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,50                | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | 0,00                           |
| SLU      | 6         | 17       | SLU17 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                           | 0,73                           |
| SLU      | 6         | 18       | SLU18 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | -0,73                          |
| SLE RA   | 7         | 19       | RA1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                           | 1,00                           |
| SLE RA   | 8         | 20       | RA2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                           | 1,00                           |
| SLE RA   | 7         | 21       | RA3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 1,00                           | 1,00                           |
| SLE RA   | 8         | 22       | RA4   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 1,00                           | 1,00                           |
| SLE RA   | 7         | 23       | RA5   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 1,00                           | 0,50                           |
| SLE RA   | 8         | 24       | RA6   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 1,00                           | 0,50                           |
| SLE RA   | 7         | 25       | RA7   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | -1,00                          |
| SLE RA   | 8         | 26       | RA8   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,60                 | 1,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | -1,00                          |
| SLE RA   | 7         | 27       | RA9   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | -1,00                          | -1,00                          |
| SLE RA   | 8         | 28       | RA10  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,60                 | 0,00           | 1,00           | 0,00           | -1,00                          | -1,00                          |
| SLE RA   | 7         | 29       | RA11  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00            | 0,00            | 0,80            | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | -1,00                          | -0,50                          |
| SLE RA   | 8         | 30       | RA12  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00            | 0,00            | 1,00            | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,00           | 0,00           | 0,80           | 0,60                 | 0,00           | 0,00           | 1,00           | -1,00                          | -0,50                          |
| SLE RA   | 9         | 31       | RA13  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | 0,00                           |
| SLE RA   | 9         | 32       | RA14  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | 0,00                           |
| SLE RA   | 9         | 33       | RA15  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                           | 1,00                           |
| SLE QP   | 10        | 34       | QP1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                           | 0,00                           |
| SLE QP   | 11        | 35       | QP2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | -1,00                          | 0,00                           |
| SLE QP   | 11        | 36       | QP3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                     | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00                 | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00                           | 0,00                           |

Tabella 30 – Combinazioni di carico adottate

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>94</b> |

| INVILUPPO: SLU         |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> | M <sub>torc</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          | Mz (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLU4       | 13286             | 363                | -1677              | 354               | -11745            | 338               |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLU15      | 5517              | -351               | 1184               | 175               | -4860             | -316              |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLU7       | 10647             | 530                | -2034              | 354               | -9370             | 488               |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLU16      | 5517              | -351               | 1184               | -175              | -5070             | -316              |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLU15      | 5517              | -351               | 1184               | 175               | -4860             | -316              |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLU6       | 11113             | 283                | -6646              | 354               | -9789             | 267               |
| V <sub>long</sub> Max  | SLU11      | 8648              | 356                | -6572              | 354               | -7570             | 332               |
| V <sub>long</sub> Min  | SLU18      | 5826              | 0                  | 0                  | -234              | -5384             | -6                |
| M <sub>long</sub> Max  | SLU15      | 5517              | -351               | 1184               | 175               | -4860             | -316              |
| M <sub>long</sub> Min  | SLU4       | 13286             | 363                | -1677              | 354               | -11745            | 338               |
| M <sub>torc</sub> Max  | SLU7       | 10647             | 530                | -2034              | 354               | -9370             | 488               |
| M <sub>torc</sub> Min  | SLU16      | 5517              | -351               | 1184               | -175              | -5070             | -316              |

*Tabella 31 – ENV SLU - Azioni totali involuppo*

| INVILUPPO: SLE RA      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> | M <sub>torc</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          | Mz (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max  | RA4        | 9390              | 308                | -1387              | 256               | -8297             | 286               |
| N <sub>vert</sub> Min  | RA14       | 5620              | -234               | 789                | -175              | -5163             | -211              |
| V <sub>trasv</sub> Max | RA1        | 9210              | 360                | -1418              | 256               | -8135             | 332               |
| V <sub>trasv</sub> Min | RA14       | 5620              | -234               | 789                | -175              | -5163             | -211              |
| M <sub>trasv</sub> Max | RA14       | 5620              | -234               | 789                | -175              | -5163             | -211              |
| M <sub>trasv</sub> Min | RA12       | 7891              | 220                | -4685              | -216              | -7231             | 194               |
| V <sub>long</sub> Max  | RA15       | 5826              | 0                  | 0                  | 256               | -5090             | 8                 |
| V <sub>long</sub> Min  | RA10       | 9390              | 308                | -1387              | -256              | -8604             | 270               |
| M <sub>long</sub> Max  | RA15       | 5826              | 0                  | 0                  | 256               | -5090             | 8                 |
| M <sub>long</sub> Min  | RA10       | 9390              | 308                | -1387              | -256              | -8604             | 270               |
| M <sub>torc</sub> Max  | RA1        | 9210              | 360                | -1418              | 256               | -8135             | 332               |
| M <sub>torc</sub> Min  | RA14       | 5620              | -234               | 789                | -175              | -5163             | -211              |
| INVILUPPO: SLE QP      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> | M <sub>torc</sub> |
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          | Mz (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max  | QP3        | 5826              | 0                  | 0                  | 175               | -5139             | 0                 |
| N <sub>vert</sub> Min  | QP2        | 5826              | 0                  | 0                  | -175              | -5348             | 0                 |
| V <sub>trasv</sub> Max | QP3        | 5826              | 0                  | 0                  | 175               | -5139             | 0                 |
| V <sub>trasv</sub> Min | QP2        | 5826              | 0                  | 0                  | -175              | -5348             | 0                 |
| M <sub>trasv</sub> Max | QP3        | 5826              | 0                  | 0                  | 175               | -5139             | 0                 |
| M <sub>trasv</sub> Min | QP2        | 5826              | 0                  | 0                  | -175              | -5348             | 0                 |

**LINEA PESCARA – BARI**

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

|  |             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| <b>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br/>Relazione di calcolo Spalla S2</b> | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 95     |

|                       |     |      |   |   |      |       |   |
|-----------------------|-----|------|---|---|------|-------|---|
| V <sub>long</sub> Max | QP3 | 5826 | 0 | 0 | 175  | -5139 | 0 |
| V <sub>long</sub> Min | QP2 | 5826 | 0 | 0 | -175 | -5348 | 0 |
| M <sub>long</sub> Max | QP3 | 5826 | 0 | 0 | 175  | -5139 | 0 |
| M <sub>long</sub> Min | QP2 | 5826 | 0 | 0 | -175 | -5348 | 0 |
| M <sub>torc</sub> Max | QP3 | 5826 | 0 | 0 | 175  | -5139 | 0 |
| M <sub>torc</sub> Min | QP2 | 5826 | 0 | 0 | -175 | -5348 | 0 |

*Tabella 32 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involucro*

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 96     |

## 11.2 SOLLECITAZIONI ELEVAZIONE

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli inviluppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione pila a quota estradosso fondazione, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

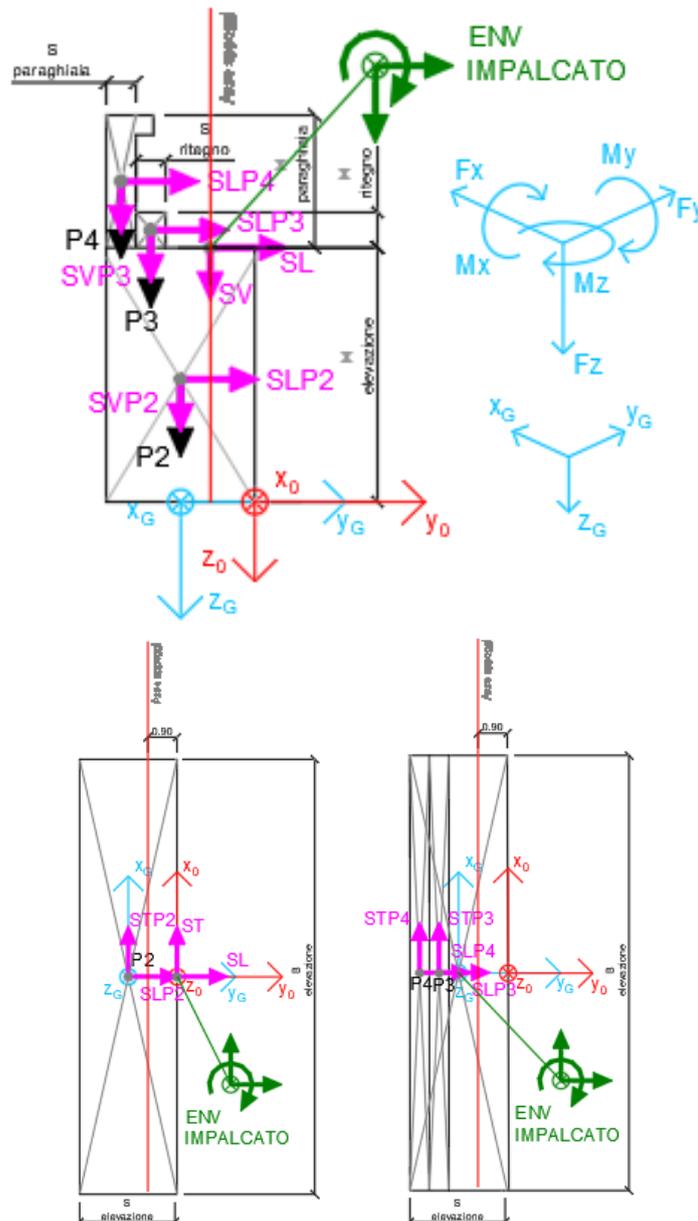


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>97</b> |

### 11.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

| NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2           |      |                      |                      | CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO  |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|-------------------------------------|------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|
| PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)  |      | 0,242                |                      | Coeff. sismico orizz. kh             |                    |                    |                    | 0,2814                |                       |                       |                     | Coeff. spinta attiva sismica kaE |                     |                       |                       | 0,3878                |     |
| Coeff. stratigrafico S <sub>s</sub> |      | 1,163                |                      | Coeff. sismico vert. kv              |                    |                    |                    | 0,1407                |                       |                       |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
| NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2           |      |                      |                      | CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN) | F <sub>z0</sub> (kN)                 | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m)              | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |     |
| Sisma long                          | SLP2 | 0                    | 1282                 | 0                                    | 0,00               | -1,50              | -2,25              | 2885                  | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     | SLP3 | 0                    | 52                   | 0                                    | 0,00               | -2,10              | -4,96              | 260                   | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     | SLP4 | 0                    | 177                  | 0                                    | 0,00               | -2,70              | -6,05              | 1069                  | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      |                      | 0                    | 1511                                 | 0                  |                    |                    |                       | 4214                  | 0                     | 0                   | 0                                | 1511                | 0                     | 4214                  | 0                     | 0   |
| Sisma trasv                         | STP2 | 1282                 | 0                    | 0                                    | 0,00               | -1,50              | -2,25              | 0                     | -2885                 | 1924                  |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     | STP3 | 52                   | 0                    | 0                                    | 0,00               | -2,10              | -4,96              | 0                     | -260                  | 110                   |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     | STP4 | 177                  | 0                    | 0                                    | 0,00               | -2,70              | -6,05              | 0                     | -1069                 | 477                   |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      |                      | 1511                 | 0                                    | 0                  |                    |                    |                       | 0                     | -4214                 | 2511                | 1511                             | 0                   | 0                     | 0                     | -4214                 | 243 |
| Sisma vert                          | SVP2 | 0                    | 0                    | 641                                  | 0,00               | -1,50              | -2,25              | -962                  | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     | SVP3 | 0                    | 0                    | 26                                   | 0,00               | -2,10              | -4,96              | -55                   | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     | SVP4 | 0                    | 0                    | 88                                   | 0,00               | -2,70              | -6,05              | -239                  | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      |                      | 0                    | 0                                    | 756                |                    |                    |                       | -1255                 | 0                     | 0                   | 0                                | 0                   | 756                   | -122                  | 0                     | 0   |
| Sisma ballast long                  | SGBH | 0                    | 204                  | 0                                    | 0,00               | -3,00              | -3,80              | 775                   | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      | 0                    | 204                  | 0                                    |                    |                    |                    | 775                   | 0                     | 0                     | 0                   | 204                              | 0                   | 775                   | 0                     | 0                     |     |
| Sisma terreno long                  | STHL | 0                    | 1594                 | 0                                    | 0,00               | -3,00              | -3,80              | 6059                  | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      | 0                    | 1594                 | 0                                    |                    |                    |                    | 6059                  | 0                     | 0                     | 0                   | 1594                             | 0                   | 6059                  | 0                     | 0                     |     |
| Sisma impalcato long                | SL   | 0                    | 0                    | 0                                    | 0,00               | 0,00               | -4,50              | 0                     | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      | 0                    | 0                    | 0                                    |                    |                    |                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                                | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |     |
| Sisma impalcato trasv               | ST   | 2552                 | 0                    | 0                                    | 0,00               | 0,00               | -4,50              | 0                     | -11483                | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      | 2552                 | 0                    | 0                                    |                    |                    |                    | 0                     | -11483                | 0                     | 2552                | 0                                | 0                   | 0                     | -11483                | -3828                 |     |
| Sisma impalcato vert                | SV   | 0                    | 0                    | 1276                                 | 0,00               | 0,00               | -4,50              | 0                     | 0                     | 0                     |                     |                                  |                     |                       |                       |                       |     |
|                                     |      | 0                    | 0                    | 1276                                 |                    |                    |                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                                | 1276                | 1914                  | 0                     | 0                     |     |

Tabella 33 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>98</b> |

| NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2 |                      |                               |                      | PARAMETRI DI CALCOLO ELEVAZIONE |                    |                    |                       |                             |                       |                     |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|---------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|
| H paraghiaia (m)          | 3,10                 | H elevazione (m)              | 4,50                 | Peso terreno (kN/m3)            | 20,00              |                    |                       | Carico variab. Q LM71 (kPa) | 23,15                 |                     |                     |                     |                       |                       |                       |      |
| S paraghiaia (m)          | 0,60                 | S elevazione (m)              | 3,00                 | Angolo di attrito terreno (*)   | 38,00              |                    |                       | XG elevazione               | 0,00                  |                     |                     |                     |                       |                       |                       |      |
| H ritegno (m)             | 0,92                 | B elevazione (m)              | 13,50                | Coeff. spinta attiva statica ka | 0,2379             |                    |                       | YG elevazione               | -1,50                 |                     |                     |                     |                       |                       |                       |      |
| S ritegno (m)             | 0,60                 | Carico perm. Gb ballast (kPa) | 9,72                 | Coeff. spinta riposo statica k0 | 0,3843             |                    |                       | ZG elevazione               | 0,00                  |                     |                     |                     |                       |                       |                       |      |
| NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2 |                      |                               |                      | CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA     |                    |                    |                       |                             |                       |                     |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN)          | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m)              | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm)       | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |      |
| Peso proprio              | P2                   | 0                             | 0                    | 4556                            | 0,00               | -1,50              | -2,25                 | -6834                       | 0                     | 0                   |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           | P3                   | 0                             | 0                    | 186                             | 0,00               | -2,10              | -4,96                 | -391                        | 0                     | 0                   |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           | P4                   | 0                             | 0                    | 628                             | 0,00               | -2,70              | -6,05                 | -1695                       | 0                     | 0                   |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           |                      | 0                             | 0                    | 5370                            |                    |                    |                       | -8921                       | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 5370                  | -865                  | 0                     |      |
| Ballast                   | GBH                  | 0                             | 383                  | 0                               | 0,00               | -3,00              | -3,80                 | 1456                        | 0                     | 0                   |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           |                      | 0                             | 383                  | 0                               |                    |                    |                       | 1456                        | 0                     | 0                   | 0                   | 383                 | 0                     | 1456                  | 0                     |      |
| Spinta terreno            | THL                  | 0                             | 2997                 | 0                               | 0,00               | -3,00              | -2,53                 | 7592                        | 0                     | 0                   |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           |                      | 0                             | 2997                 | 0                               |                    |                    |                       | 7592                        | 0                     | 0                   | 0                   | 2997                | 0                     | 7592                  | 0                     |      |
| Sovraccarico long         | Q1                   | 0                             | 913                  | 0                               | 0,00               | -3,00              | -3,80                 | 3469                        | 0                     | 0                   |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           |                      | 0                             | 913                  | 0                               |                    |                    |                       | 3469                        | 0                     | 0                   | 0                   | 913                 | 0                     | 3469                  | 0                     |      |
| NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2 |                      |                               |                      | CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO     |                    |                    |                       |                             |                       |                     |                     |                     |                       |                       |                       |      |
|                           | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN)          | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m)              | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm)       | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |      |
| ENV                       | Nvert Max            | 363                           | 354                  | 13286                           | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -11745                      | -1677                 | 338                 | 363                 | 354                 | 13286                 | 9779                  | -3310                 | -206 |
| SLU                       | Nvert Min            | -351                          | 175                  | 5517                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -4860                       | 1184                  | -316                | -351                | 175                 | 5517                  | 4201                  | 2764                  | 211  |
|                           | Vtrasv Max           | 530                           | 354                  | 10647                           | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -9370                       | -2034                 | 488                 | 530                 | 354                 | 10647                 | 8196                  | -4418                 | -306 |
|                           | Vtrasv Min           | -351                          | -175                 | 5517                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5070                       | 1184                  | -316                | -351                | -175                | 5517                  | 2419                  | 2764                  | 211  |
|                           | Mlong Max            | -351                          | 175                  | 5517                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -4860                       | 1184                  | -316                | -351                | 175                 | 5517                  | 4201                  | 2764                  | 211  |
|                           | Mlong Min            | 363                           | 354                  | 13286                           | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -11745                      | -1677                 | 338                 | 363                 | 354                 | 13286                 | 9779                  | -3310                 | -206 |
|                           | Vlong Max            | 356                           | 354                  | 8648                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -7570                       | -6572                 | 332                 | 356                 | 354                 | 8648                  | 6996                  | -8172                 | -202 |
|                           | Vlong Min            | 0                             | -234                 | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5384                       | 0                     | -6                  | 0                   | -234                | 5826                  | 2302                  | 0                     | -6   |
|                           | Mtrasv Max           | -351                          | 175                  | 5517                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -4860                       | 1184                  | -316                | -351                | 175                 | 5517                  | 4201                  | 2764                  | 211  |
|                           | Mtrasv Min           | 283                           | 354                  | 11113                           | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -9789                       | -6646                 | 267                 | 283                 | 354                 | 11113                 | 8475                  | -7921                 | -158 |
|                           | Mtorc Max            | 530                           | 354                  | 10647                           | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -9370                       | -2034                 | 488                 | 530                 | 354                 | 10647                 | 8196                  | -4418                 | -306 |
|                           | Mtorc Min            | -351                          | -175                 | 5517                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5070                       | 1184                  | -316                | -351                | -175                | 5517                  | 2419                  | 2764                  | 211  |
| ENV                       | Nvert Max            | 308                           | 256                  | 9390                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -8297                       | -1387                 | 286                 | 308                 | 256                 | 9390                  | 6941                  | -2775                 | -177 |
| SLR                       | Nvert Min            | -234                          | -175                 | 5620                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5163                       | 789                   | -211                | -234                | -175                | 5620                  | 2480                  | 1842                  | 140  |
|                           | Vtrasv Max           | 360                           | 256                  | 9210                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -8135                       | -1418                 | 332                 | 360                 | 256                 | 9210                  | 6834                  | -3040                 | -208 |
|                           | Vtrasv Min           | -234                          | -175                 | 5620                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5163                       | 789                   | -211                | -234                | -175                | 5620                  | 2480                  | 1842                  | 140  |
|                           | Mtrasv Max           | -234                          | -175                 | 5620                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5163                       | 789                   | -211                | -234                | -175                | 5620                  | 2480                  | 1842                  | 140  |
|                           | Mtrasv Min           | 220                           | -216                 | 7891                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -7231                       | -4685                 | 194                 | 220                 | -216                | 7891                  | 3635                  | -5677                 | -136 |
|                           | Vlong Max            | 0                             | 256                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5090                       | 0                     | 8                   | 0                   | 256                 | 5826                  | 4803                  | 0                     | 8    |
|                           | Vlong Min            | 308                           | -256                 | 9390                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -8604                       | -1387                 | 270                 | 308                 | -256                | 9390                  | 4326                  | -2775                 | -193 |
|                           | Mlong Max            | 0                             | 256                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5090                       | 0                     | 8                   | 0                   | 256                 | 5826                  | 4803                  | 0                     | 8    |
|                           | Mlong Min            | 308                           | -256                 | 9390                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -8604                       | -1387                 | 270                 | 308                 | -256                | 9390                  | 4326                  | -2775                 | -193 |
|                           | Mtorc Max            | 360                           | 256                  | 9210                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -8135                       | -1418                 | 332                 | 360                 | 256                 | 9210                  | 6834                  | -3040                 | -208 |
|                           | Mtorc Min            | -234                          | -175                 | 5620                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5163                       | 789                   | -211                | -234                | -175                | 5620                  | 2480                  | 1842                  | 140  |
| ENV                       | Nvert Max            | 0                             | 175                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5139                       | 0                     | 0                   | 0                   | 175                 | 5826                  | 4387                  | 0                     | 0    |
| SLE                       | Nvert Min            | 0                             | -175                 | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5348                       | 0                     | 0                   | 0                   | -175                | 5826                  | 2604                  | 0                     | 0    |
| QP                        | Vtrasv Max           | 0                             | 175                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5139                       | 0                     | 0                   | 0                   | 175                 | 5826                  | 4387                  | 0                     | 0    |
|                           | Vtrasv Min           | 0                             | -175                 | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5348                       | 0                     | 0                   | 0                   | -175                | 5826                  | 2604                  | 0                     | 0    |
|                           | Mtrasv Max           | 0                             | 175                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5139                       | 0                     | 0                   | 0                   | 175                 | 5826                  | 4387                  | 0                     | 0    |
|                           | Mtrasv Min           | 0                             | -175                 | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5348                       | 0                     | 0                   | 0                   | -175                | 5826                  | 2604                  | 0                     | 0    |
|                           | Vlong Max            | 0                             | 175                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5139                       | 0                     | 0                   | 0                   | 175                 | 5826                  | 4387                  | 0                     | 0    |
|                           | Vlong Min            | 0                             | -175                 | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5348                       | 0                     | 0                   | 0                   | -175                | 5826                  | 2604                  | 0                     | 0    |
|                           | Mlong Max            | 0                             | 175                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5139                       | 0                     | 0                   | 0                   | 175                 | 5826                  | 4387                  | 0                     | 0    |
|                           | Mlong Min            | 0                             | -175                 | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5348                       | 0                     | 0                   | 0                   | -175                | 5826                  | 2604                  | 0                     | 0    |
|                           | Mtorc Max            | 0                             | 175                  | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5139                       | 0                     | 0                   | 0                   | 175                 | 5826                  | 4387                  | 0                     | 0    |
|                           | Mtorc Min            | 0                             | -175                 | 5826                            | 0,00               | 0,00               | -4,50                 | -5348                       | 0                     | 0                   | 0                   | -175                | 5826                  | 2604                  | 0                     | 0    |

Tabella 34 – Riepilogo azioni elementari statiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 99     |

| Tipo azione         | Descrizione azione | V <sub>trasv</sub>  | V <sub>long</sub>   | N <sub>vert</sub>   | M <sub>long</sub>    | M <sub>trasv</sub>   | M <sub>torc</sub>    |
|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                     |                    | F <sub>x</sub> [kN] | F <sub>y</sub> [kN] | F <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
| Gk1 Perm. Str.      | G1 (peso proprio)  | 0                   | 0                   | 5370                | -865                 | 0                    | 0                    |
| Gk2b Ballast        | G2,1 (ballast)     | 0                   | 383                 | 0                   | 1456                 | 0                    | 0                    |
| Gk2 Perm. Non Str.  | G2,2 (terreno)     | 0                   | 2997                | 0                   | 7592                 | 0                    | 0                    |
| SLU<br>Impalcato    | Nvert Max          | 363                 | 354                 | 13286               | 9779                 | -3310                | -206                 |
|                     | Nvert Min          | -351                | 175                 | 5517                | 4201                 | 2764                 | 211                  |
|                     | Vtrasv Max         | 530                 | 354                 | 10647               | 8196                 | -4418                | -306                 |
|                     | Vtrasv Min         | -351                | -175                | 5517                | 2419                 | 2764                 | 211                  |
|                     | Mtrasv Max         | -351                | 175                 | 5517                | 4201                 | 2764                 | 211                  |
|                     | Mtrasv Min         | 363                 | 354                 | 13286               | 9779                 | -3310                | -206                 |
|                     | Vlong Max          | 356                 | 354                 | 8648                | 6996                 | -8172                | -202                 |
|                     | Vlong Min          | 0                   | -234                | 5826                | 2302                 | 0                    | -6                   |
|                     | Mlong Max          | -351                | 175                 | 5517                | 4201                 | 2764                 | 211                  |
|                     | Mlong Min          | 283                 | 354                 | 11113               | 8475                 | -7921                | -158                 |
|                     | Mtorc Max          | 530                 | 354                 | 10647               | 8196                 | -4418                | -306                 |
|                     | Mtorc Min          | -351                | -175                | 5517                | 2419                 | 2764                 | 211                  |
| SLE RA<br>Impalcato | Nvert Max          | 308                 | 256                 | 9390                | 6941                 | -2775                | -177                 |
|                     | Nvert Min          | -234                | -175                | 5620                | 2480                 | 1842                 | 140                  |
|                     | Vtrasv Max         | 360                 | 256                 | 9210                | 6834                 | -3040                | -208                 |
|                     | Vtrasv Min         | -234                | -175                | 5620                | 2480                 | 1842                 | 140                  |
|                     | Mtrasv Max         | -234                | -175                | 5620                | 2480                 | 1842                 | 140                  |
|                     | Mtrasv Min         | 220                 | -216                | 7891                | 3635                 | -5677                | -136                 |
|                     | Vlong Max          | 0                   | 256                 | 5826                | 4803                 | 0                    | 8                    |
|                     | Vlong Min          | 308                 | -256                | 9390                | 4326                 | -2775                | -193                 |
|                     | Mlong Max          | 0                   | 256                 | 5826                | 4803                 | 0                    | 8                    |
|                     | Mlong Min          | 308                 | -256                | 9390                | 4326                 | -2775                | -193                 |
|                     | Mtorc Max          | 360                 | 256                 | 9210                | 6834                 | -3040                | -208                 |
|                     | Mtorc Min          | -234                | -175                | 5620                | 2480                 | 1842                 | 140                  |
| SLE QP<br>Impalcato | Nvert Max          | 0                   | 175                 | 5826                | 4387                 | 0                    | 0                    |
|                     | Nvert Min          | 0                   | -175                | 5826                | 2604                 | 0                    | 0                    |
|                     | Vtrasv Max         | 0                   | 175                 | 5826                | 4387                 | 0                    | 0                    |
|                     | Vtrasv Min         | 0                   | -175                | 5826                | 2604                 | 0                    | 0                    |
|                     | Mtrasv Max         | 0                   | 175                 | 5826                | 4387                 | 0                    | 0                    |
|                     | Mtrasv Min         | 0                   | -175                | 5826                | 2604                 | 0                    | 0                    |
|                     | Vlong Max          | 0                   | 175                 | 5826                | 4387                 | 0                    | 0                    |
|                     | Vlong Min          | 0                   | -175                | 5826                | 2604                 | 0                    | 0                    |
|                     | Mlong Max          | 0                   | 175                 | 5826                | 4387                 | 0                    | 0                    |
|                     | Mlong Min          | 0                   | -175                | 5826                | 2604                 | 0                    | 0                    |
|                     | Mtorc Max          | 0                   | 175                 | 5826                | 4387                 | 0                    | 0                    |
|                     | Mtorc Min          | 0                   | -175                | 5826                | 2604                 | 0                    | 0                    |

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 100    |

|       |                   |      |      |      |       |        |       |
|-------|-------------------|------|------|------|-------|--------|-------|
| Qk1   | Q (acc. Traffico) | 0    | 913  | 0    | 3469  | 0      | 0     |
| E     | Sisma long        | 0    | 3310 | 0    | 11048 | 0      | 0     |
| Sisma | Sisma trasv       | 4063 | 0    | 0    | 0     | -15697 | -3584 |
|       | Sisma vert        | 0    | 0    | 2032 | 1792  | 0      | 0     |

*Tabella 35 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)*



**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 102    |

| <b>INVILUPPO: SLU</b>  |                   | <b>N<sub>vert</sub></b> | <b>V<sub>trasv</sub></b> | <b>M<sub>trasv</sub></b> | <b>V<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>torc</sub></b> |
|------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Tipologia Comb.</b> | <b>Nome Comb.</b> | <b>Fz (kN)</b>          | <b>Fx (kN)</b>           | <b>My (kNm)</b>          | <b>Fy (kN)</b>          | <b>Mx (kNm)</b>         | <b>Mz (kNm)</b>         |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLU6              | 20536                   | 363                      | -3310                    | 6748                    | 27213                   | -206                    |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLU24             | 10887                   | -351                     | 2764                     | 4529                    | 15632                   | 211                     |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLU3              | 17897                   | 530                      | -4418                    | 6748                    | 25630                   | -306                    |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLU24             | 10887                   | -351                     | 2764                     | 4529                    | 15632                   | 211                     |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLU2              | 12767                   | -351                     | 2764                     | 6569                    | 21636                   | 211                     |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLU19             | 14018                   | 356                      | -8172                    | 5058                    | 20209                   | -202                    |
| V <sub>long</sub> Max  | SLU11             | 17897                   | 530                      | -4418                    | 6748                    | 25630                   | -306                    |
| V <sub>long</sub> Min  | SLU20             | 11196                   | 0                        | 0                        | 4470                    | 15515                   | -6                      |
| M <sub>long</sub> Max  | SLU6              | 20536                   | 363                      | -3310                    | 6748                    | 27213                   | -206                    |
| M <sub>long</sub> Min  | SLU20             | 11196                   | 0                        | 0                        | 4470                    | 15515                   | -6                      |
| M <sub>torc</sub> Max  | SLU2              | 12767                   | -351                     | 2764                     | 6569                    | 21636                   | 211                     |
| M <sub>torc</sub> Min  | SLU15             | 16018                   | 530                      | -4418                    | 5058                    | 21408                   | -306                    |
| <b>INVILUPPO: SLV</b>  |                   | <b>N<sub>vert</sub></b> | <b>V<sub>trasv</sub></b> | <b>M<sub>trasv</sub></b> | <b>V<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>torc</sub></b> |
| <b>Tipologia Comb.</b> | <b>Nome Comb.</b> | <b>Fz (kN)</b>          | <b>Fx (kN)</b>           | <b>My (kNm)</b>          | <b>Fy (kN)</b>          | <b>Mx (kNm)</b>         | <b>Mz (kNm)</b>         |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLV5              | 13228                   | 4063                     | -15697                   | 4548                    | 17677                   | -3584                   |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLV6              | 9165                    | 4063                     | -15697                   | 4548                    | 14093                   | -3584                   |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLV5              | 13228                   | 4063                     | -15697                   | 4548                    | 17677                   | -3584                   |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLV2              | 10587                   | 1219                     | -4709                    | 6865                    | 23080                   | -1075                   |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLV1              | 11806                   | 1219                     | -4709                    | 6865                    | 24156                   | -1075                   |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLV6              | 9165                    | 4063                     | -15697                   | 4548                    | 14093                   | -3584                   |
| V <sub>long</sub> Max  | SLV1              | 11806                   | 1219                     | -4709                    | 6865                    | 24156                   | -1075                   |
| V <sub>long</sub> Min  | SLV6              | 9165                    | 4063                     | -15697                   | 4548                    | 14093                   | -3584                   |
| M <sub>long</sub> Max  | SLV1              | 11806                   | 1219                     | -4709                    | 6865                    | 24156                   | -1075                   |
| M <sub>long</sub> Min  | SLV6              | 9165                    | 4063                     | -15697                   | 4548                    | 14093                   | -3584                   |
| M <sub>torc</sub> Max  | SLV1              | 11806                   | 1219                     | -4709                    | 6865                    | 24156                   | -1075                   |
| M <sub>torc</sub> Min  | SLV6              | 9165                    | 4063                     | -15697                   | 4548                    | 14093                   | -3584                   |

*Tabella 37 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo*

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 103    |

| <b>INVILUPPO: SLE RA</b> |                   | <b>N<sub>vert</sub></b> | <b>V<sub>trasv</sub></b> | <b>M<sub>trasv</sub></b> | <b>V<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>torc</sub></b> |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Tipologia Comb.</b>   | <b>Nome Comb.</b> | <b>Fz (kN)</b>          | <b>Fx (kN)</b>           | <b>My (kNm)</b>          | <b>Fy (kN)</b>          | <b>Mx (kNm)</b>         | <b>Mz (kNm)</b>         |
| N <sub>vert</sub> Max    | RA1               | 14760                   | 308                      | -2775                    | 4549                    | 18594                   | -177                    |
| N <sub>vert</sub> Min    | RA12              | 10990                   | -234                     | 1842                     | 4118                    | 14133                   | 140                     |
| V <sub>trasv</sub> Max   | RA3               | 14580                   | 360                      | -3040                    | 4549                    | 18486                   | -208                    |
| V <sub>trasv</sub> Min   | RA12              | 10990                   | -234                     | 1842                     | 4118                    | 14133                   | 140                     |
| M <sub>trasv</sub> Max   | RA12              | 10990                   | -234                     | 1842                     | 4118                    | 14133                   | 140                     |
| M <sub>trasv</sub> Min   | RA6               | 13261                   | 220                      | -5677                    | 4077                    | 15287                   | -136                    |
| V <sub>long</sub> Max    | RA11              | 14580                   | 360                      | -3040                    | 4549                    | 18486                   | -208                    |
| V <sub>long</sub> Min    | RA8               | 14760                   | 308                      | -2775                    | 4037                    | 15978                   | -193                    |
| M <sub>long</sub> Max    | RA1               | 14760                   | 308                      | -2775                    | 4549                    | 18594                   | -177                    |
| M <sub>long</sub> Min    | RA12              | 10990                   | -234                     | 1842                     | 4118                    | 14133                   | 140                     |
| M <sub>torc</sub> Max    | RA12              | 10990                   | -234                     | 1842                     | 4118                    | 14133                   | 140                     |
| M <sub>torc</sub> Min    | RA3               | 14580                   | 360                      | -3040                    | 4549                    | 18486                   | -208                    |
| <b>INVILUPPO: SLE QP</b> |                   | <b>N<sub>vert</sub></b> | <b>V<sub>trasv</sub></b> | <b>M<sub>trasv</sub></b> | <b>V<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>long</sub></b> | <b>M<sub>torc</sub></b> |
| <b>Tipologia Comb.</b>   | <b>Nome Comb.</b> | <b>Fz (kN)</b>          | <b>Fx (kN)</b>           | <b>My (kNm)</b>          | <b>Fy (kN)</b>          | <b>Mx (kNm)</b>         | <b>Mz (kNm)</b>         |
| N <sub>vert</sub> Max    | QP1               | 11196                   | 0                        | 0                        | 3555                    | 12570                   | 0                       |
| N <sub>vert</sub> Min    | QP12              | 11196                   | 0                        | 0                        | 3205                    | 10788                   | 0                       |
| V <sub>trasv</sub> Max   | QP1               | 11196                   | 0                        | 0                        | 3555                    | 12570                   | 0                       |
| V <sub>trasv</sub> Min   | QP12              | 11196                   | 0                        | 0                        | 3205                    | 10788                   | 0                       |
| M <sub>trasv</sub> Max   | QP1               | 11196                   | 0                        | 0                        | 3555                    | 12570                   | 0                       |
| M <sub>trasv</sub> Min   | QP12              | 11196                   | 0                        | 0                        | 3205                    | 10788                   | 0                       |
| V <sub>long</sub> Max    | QP1               | 11196                   | 0                        | 0                        | 3555                    | 12570                   | 0                       |
| V <sub>long</sub> Min    | QP12              | 11196                   | 0                        | 0                        | 3205                    | 10788                   | 0                       |
| M <sub>long</sub> Max    | QP1               | 11196                   | 0                        | 0                        | 3555                    | 12570                   | 0                       |
| M <sub>long</sub> Min    | QP12              | 11196                   | 0                        | 0                        | 3205                    | 10788                   | 0                       |
| M <sub>torc</sub> Max    | QP1               | 11196                   | 0                        | 0                        | 3555                    | 12570                   | 0                       |
| M <sub>torc</sub> Min    | QP12              | 11196                   | 0                        | 0                        | 3205                    | 10788                   | 0                       |

*Tabella 38 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo*

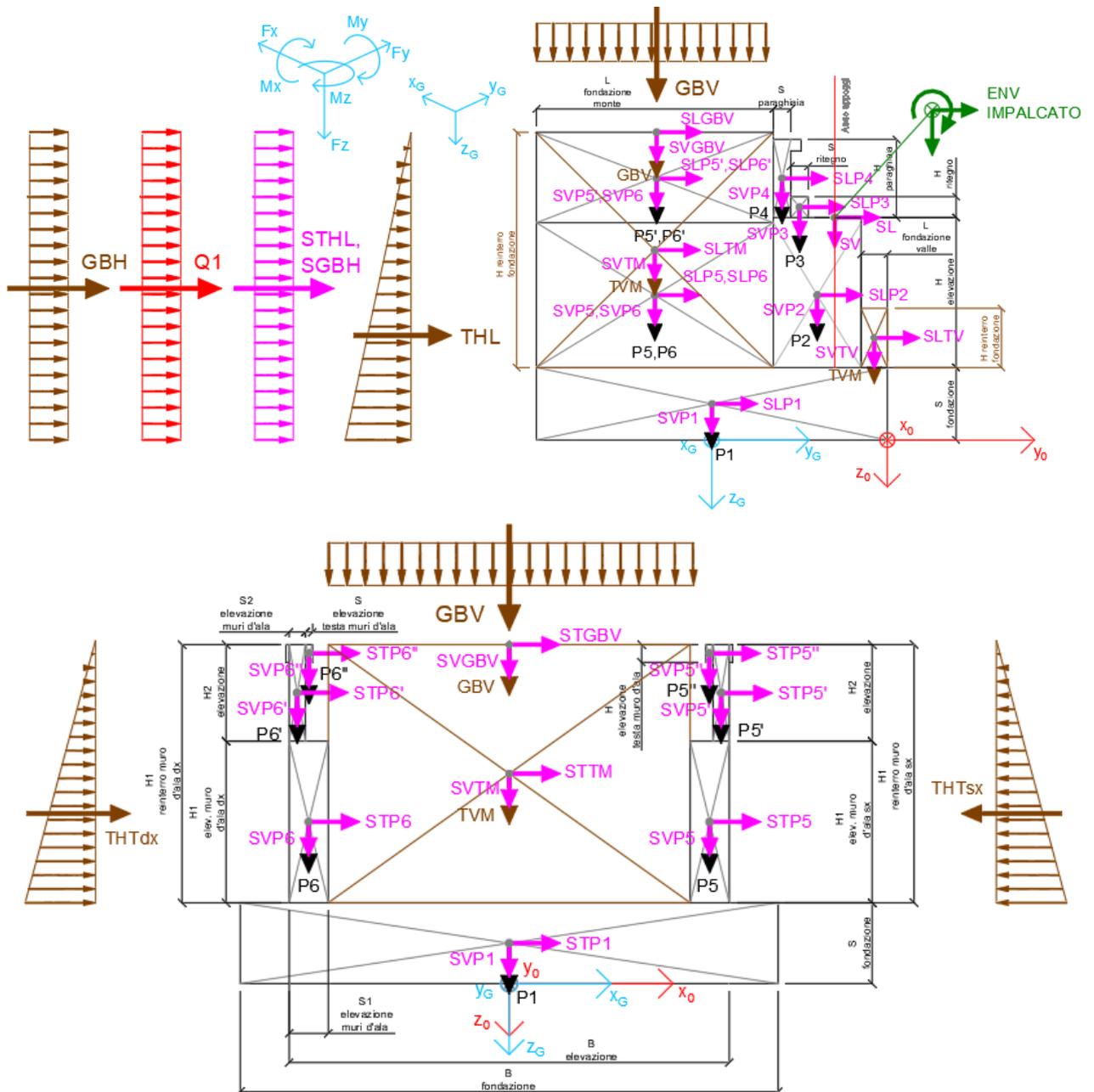
**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 104    |

### 11.3 SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli involuppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al centro palificata a quota testa pali., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.



**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 105    |

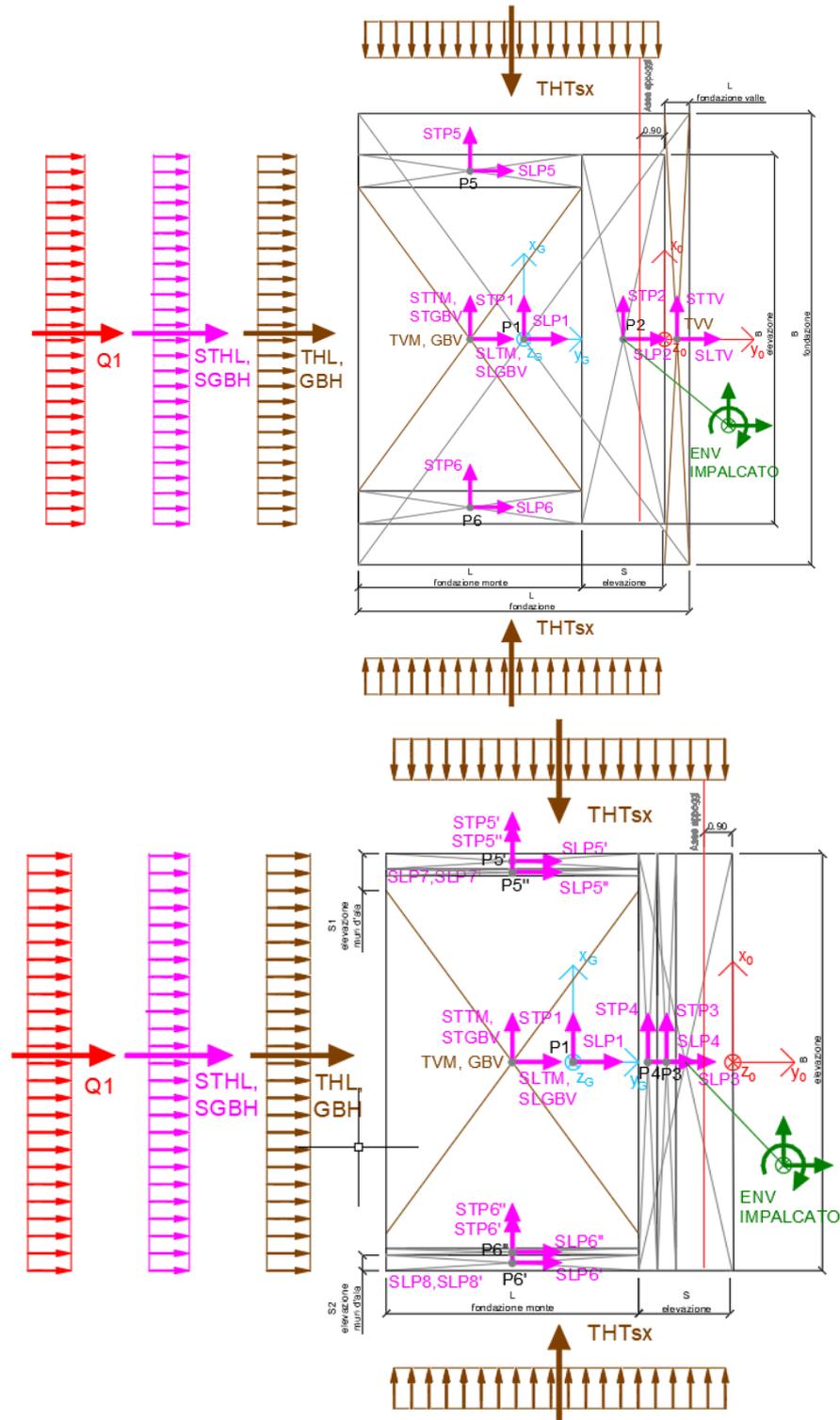


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>106</b> |

### 11.3.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

| NOME: FONDAZIONE SPALLA 2          |                      |                      | CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO  |                    |                    |                                      |                       |                       |                       |                     |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--|--|--|--|--|
| PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g) |                      |                      | 0,242                                |                    |                    | Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub> |                       |                       | 0,2814                |                     |                     | Coeff. spinta attiva sismica k <sub>AE</sub> |                       |                       |                       | 0,3878 |  |  |  |  |  |
| Coeff. stratigrafico SS            |                      |                      | 1,163                                |                    |                    | Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>  |                       |                       | 0,1407                |                     |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
| NOME: FONDAZIONE SPALLA 2          |                      |                      | CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA |                    |                    |                                      |                       |                       |                       |                     |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN) | F <sub>z0</sub> (kN)                 | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m)                   | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m)                          | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |        |  |  |  |  |  |
| Sisma long                         | SLP1                 | 0                    | 3483                                 | 0                  | 0,00               | -6,00                                | -1,25                 | 4354                  | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP2                 | 0                    | 1282                                 | 0                  | 0,00               | -2,40                                | -4,75                 | 6091                  | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP3                 | 0                    | 52                                   | 0                  | 0,00               | -3,00                                | -7,46                 | 391                   | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP4                 | 0                    | 177                                  | 0                  | 0,00               | -3,60                                | -8,55                 | 1511                  | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP5                 | 0                    | 308                                  | 0                  | 6,15               | -7,95                                | -4,75                 | 1462                  | 0                     | 1893                |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP5*                | 0                    | 95                                   | 0                  | 6,50               | -7,95                                | -8,66                 | 819                   | 0                     | 615                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP5*                | 0                    | 7                                    | 0                  | 6,36               | -7,95                                | -10,05                | 69                    | 0                     | 44                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP6                 | 0                    | 308                                  | 0                  | -6,15              | -7,95                                | -4,75                 | 1462                  | 0                     | -1893               |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP6*                | 0                    | 95                                   | 0                  | -6,50              | -7,95                                | -8,66                 | 819                   | 0                     | -615                |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP6*                | 0                    | 7                                    | 0                  | -6,36              | -7,95                                | -10,05                | 69                    | 0                     | -44                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP7                 | 0                    | 5                                    | 0                  | 6,50               | -13,50                               | -10,07                | 53                    | 0                     | 34                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP7*                | 0                    | 12                                   | 0                  | 6,50               | -13,00                               | -9,09                 | 105                   | 0                     | 75                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP8                 | 0                    | 5                                    | 0                  | -6,50              | -13,50                               | -10,07                | 53                    | 0                     | -34                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLP8*                | 0                    | 12                                   | 0                  | -6,50              | -13,00                               | -9,09                 | 105                   | 0                     | -75                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 5847                                 | 0                  |                    |                                      |                       | 17365                 | 0                     | 0                   | 5847                | 0  | 17365                 | 0                     | 0                     |        |  |  |  |  |  |
| Sisma trasv                        | STP1                 | 3483                 | 0                                    | 0                  | 0,00               | -6,00                                | -1,25                 | 0                     | -4354                 | 20897               |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP2                 | 1282                 | 0                                    | 0                  | 0,00               | -2,40                                | -4,75                 | 0                     | -6091                 | 3078                |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP3                 | 52                   | 0                                    | 0                  | 0,00               | -3,00                                | -7,46                 | 0                     | -391                  | 157                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP4                 | 177                  | 0                                    | 0                  | 0,00               | -3,60                                | -8,55                 | 0                     | -1511                 | 636                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP5                 | 308                  | 0                                    | 0                  | 6,15               | -7,95                                | -4,75                 | 0                     | -1462                 | 2447                |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP5*                | 95                   | 0                                    | 0                  | 6,50               | -7,95                                | -8,66                 | 0                     | -819                  | 752                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP5*                | 7                    | 0                                    | 0                  | 6,36               | -7,95                                | -10,05                | 0                     | -69                   | 55                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP6                 | 308                  | 0                                    | 0                  | -6,15              | -7,95                                | -4,75                 | 0                     | -1462                 | 2447                |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP6*                | 95                   | 0                                    | 0                  | -6,50              | -7,95                                | -8,66                 | 0                     | -819                  | 752                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP6*                | 7                    | 0                                    | 0                  | -6,36              | -7,95                                | -10,05                | 0                     | -69                   | 55                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP7                 | 5                    | 0                                    | 0                  | 6,50               | -13,50                               | -10,07                | 0                     | -53                   | 71                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP7*                | 12                   | 0                                    | 0                  | 6,50               | -13,00                               | -9,09                 | 0                     | -105                  | 151                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP8                 | 5                    | 0                                    | 0                  | -6,50              | -13,50                               | -10,07                | 0                     | -53                   | 71                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STP8*                | 12                   | 0                                    | 0                  | -6,50              | -13,00                               | -9,09                 | 0                     | -105                  | 151                 |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 5847                 | 0                                    | 0                  |                    |                                      |                       | 0                     | -17365                | 31720               | 5847                | 0  | 0                     | -17365                | -3360                 |        |  |  |  |  |  |
| Sisma vert                         | SVP1                 | 0                    | 0                                    | 1741               | 0,00               | -6,00                                | -1,25                 | -10449                | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP2                 | 0                    | 0                                    | 641                | 0,00               | -2,40                                | -4,75                 | -1539                 | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP3                 | 0                    | 0                                    | 26                 | 0,00               | -3,00                                | -7,46                 | -79                   | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP4                 | 0                    | 0                                    | 88                 | 0,00               | -3,60                                | -8,55                 | -318                  | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP5                 | 0                    | 0                                    | 154                | 6,15               | -7,95                                | -4,75                 | -1223                 | -946                  | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP5*                | 0                    | 0                                    | 47                 | 6,50               | -7,95                                | -8,66                 | -376                  | -307                  | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP5*                | 0                    | 0                                    | 3                  | 6,36               | -7,95                                | -10,05                | -27                   | -22                   | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP6                 | 0                    | 0                                    | 154                | -6,15              | -7,95                                | -4,75                 | -1223                 | 946                   | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP6*                | 0                    | 0                                    | 47                 | -6,50              | -7,95                                | -8,66                 | -376                  | 307                   | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP6*                | 0                    | 0                                    | 3                  | -6,36              | -7,95                                | -10,05                | -27                   | 22                    | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP7                 | 0                    | 0                                    | 3                  | 6,50               | -13,50                               | -10,07                | -36                   | -17                   | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP7*                | 0                    | 0                                    | 6                  | 6,50               | -13,00                               | -9,09                 | -75                   | -38                   | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP8                 | 0                    | 0                                    | 3                  | -6,50              | -13,50                               | -10,07                | -36                   | 17                    | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVP8*                | 0                    | 0                                    | 6                  | -6,50              | -13,00                               | -9,09                 | -75                   | 38                    | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 0                                    | 2923               |                    |                                      |                       | -15860                | 0                     | 0                   | 0                   | 0  | 2923                  | 1680                  | 0                     |        |  |  |  |  |  |
| Sisma ballast long                 | SLGBV                | 0                    | 299                                  | 0                  | 0,00               | -7,95                                | -10,32                | 3087                  | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SGBH                 | 0                    | 271                                  | 0                  | 0,00               | -12,00                               | -5,05                 | 1368                  | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 570                                  | 0                  |                    |                                      |                       | 4455                  | 0                     | 0                   | 570                 | 0  | 4455                  | 0                     | 0                     |        |  |  |  |  |  |
| Sisma ballast trasv                | STGBV                | 299                  | 0                                    | 0                  | 0,00               | -7,95                                | -10,32                | 0                     | -3087                 | 2378                |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 299                  | 0                                    | 0                  |                    |                                      |                       | 0                     | -3087                 | 2378                | 299                 | 0  | 0                     | -3087                 | 583                   |        |  |  |  |  |  |
| Sisma ballast vert                 | SVGBV                | 0                    | 0                                    | 150                | 0,00               | -7,95                                | -10,32                | -1189                 | 0                     | 0                   |                     |  | 150                   | -292                  | 0                     |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 0                                    | 150                |                    |                                      |                       | -1189                 | 0                     | 0                   |                     |  | 150                   | -292                  | 0                     |        |  |  |  |  |  |
| Sisma terreno long                 | SLVM                 | 0                    | 3846                                 | 0                  | 0,00               | -7,95                                | -6,30                 | 24232                 | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SLVV                 | 0                    | 167                                  | 0                  | 0,00               | -0,45                                | -3,50                 | 585                   | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STHL                 | 0                    | 2816                                 | 0                  | 0,00               | -12,00                               | -3,37                 | 9480                  | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 6829                                 | 0                  |                    |                                      |                       | 34297                 | 0                     | 0                   | 6829                | 0  | 34297                 | 0                     | 0                     |        |  |  |  |  |  |
| Sisma terreno trasv                | STTM                 | 3846                 | 0                                    | 0                  | 0,00               | -7,95                                | -6,30                 | 0                     | -24232                | 30578               |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | STTV                 | 167                  | 0                                    | 0                  | 0,00               | -0,45                                | -3,50                 | 0                     | -585                  | 75                  |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 4014                 | 0                                    | 0                  |                    |                                      |                       | 0                     | -24817                | 30654               | 4014                | 0  | 0                     | -24817                | 6573                  |        |  |  |  |  |  |
| Sisma terreno vert                 | SVTM                 | 0                    | 0                                    | 1923               | 0,00               | -7,95                                | -6,30                 | -15289                | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    | SVTV                 | 0                    | 0                                    | 84                 | 0,00               | -0,45                                | -3,50                 | -38                   | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 0                                    | 2007               |                    |                                      |                       | -15327                | 0                     | 0                   | 0                   | 2007   | -3286                 | 0                     | 0                     |        |  |  |  |  |  |
| Sisma impalcato long               | SL                   | 0                    | 0                                    | 0                  | 0,00               | -0,90                                | -7,00                 | 0                     | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 0                                    | 0                  |                    |                                      |                       | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0  | 0                     | 0                     | 0                     |        |  |  |  |  |  |
| Sisma impalcato trasv              | ST                   | 2552                 | 0                                    | 0                  | 0,00               | -0,90                                | -7,00                 | 0                     | -17863                | 2297                |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 2552                 | 0                                    | 0                  |                    |                                      |                       | 0                     | -17863                | 2297                | 2552                | 0  | 0                     | -17863                | -13014                |        |  |  |  |  |  |
| Sisma impalcato vert               | SV                   | 0                    | 0                                    | 1276               | 0,00               | -0,90                                | -7,00                 | -1148                 | 0                     | 0                   |                     |  |                       |                       |                       |        |  |  |  |  |  |
|                                    |                      | 0                    | 0                                    | 1276               |                    |                                      |                       | -1148                 | 0                     | 0                   | 0                   | 1276   | 6507                  | 0                     | 0                     |        |  |  |  |  |  |

Tabella 39 – Riepilogo azioni elementari sismiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

|             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>107</b> |

| NOME: FONDAZIONE SPALLA 1 |       |                              |       | PARAMETRI DI CALCOLO FONDAZIONE |      |   |        |                           |       |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|-------|------------------------------|-------|---------------------------------|------|---|--------|---------------------------|-------|--|--|--|--|--|--|
| H paragonata (m)          | 3,10  | S fondazione (m)             | 2,50  | S2 elevazione muri d'ala (m)    | 0,50 | H elev. testa muro d'ala (m)                | 0,55   | Carico variabile (kPa)    | 23,15 |  |  |  |  |  |  |
| S paragonata (m)          | 0,60  | L fondazione monte (m)       | 8,10  | H1 elev. muro d'ala sx (m)      | 5,00 | H1 orecchia (m)                             | 2,20   | Carico ballast (kPa)      | 9,72  |  |  |  |  |  |  |
| H ritengo (m)             | 0,92  | L fondazione valle (m)       | 0,90  | H1 elev. muro d'ala dx (m)      | 5,00 | H2 orecchia (m)                             | 0,50   |                           |       |  |  |  |  |  |  |
| S ritengo (m)             | 0,60  | L fondazione (m)             | 12,00 | H reintro muro d'ala sx (m)     | 8,32 | S orecchia (m)                              | 3,10   |                           |       |  |  |  |  |  |  |
| H elevazione (m)          | 5,00  | B fondazione (m)             | 16,50 | H reintro muro d'ala dx (m)     | 8,32 | Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )           | 20,00  | X <sub>G</sub> fondazione | 0,00  |  |  |  |  |  |  |
| S elevazione (m)          | 3,00  | H reintro fondaz. valle (m)  | 1,50  | H2 elev. muro d'ala (m)         | 3,32 | Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub> | 0,2379 | Y <sub>G</sub> fondazione | -6,00 |  |  |  |  |  |  |
| B elevazione (m)          | 13,50 | S1 elevazione muri d'ala (m) | 1,20  | S elev. testa muri d'ala (m)    | 0,22 | Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub> | 0,3843 | Z <sub>G</sub> fondazione | 0,00  |  |  |  |  |  |  |

| NOME: FONDAZIONE SPALLA 1 |       |       |      | CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA |                      |                      |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |                     |                     |                       |                       |                       |   |
|---------------------------|-------|-------|------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|
|                           |       |       |      | F <sub>x0</sub> (kN)        | F <sub>y0</sub> (kN) | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |   |
| Peso proprio              | P1    | 0     | 0    | 12375                       | 0,00                 | -6,00                | -1,25              | -74250             | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 21527                 | 13253                 | 0                     | 0 |
|                           | P2    | 0     | 0    | 5063                        | 0,00                 | -2,40                | -5,00              | -12150             | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P3    | 0     | 0    | 186                         | 0,00                 | -3,00                | -7,96              | -559               | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P4    | 0     | 0    | 628                         | 0,00                 | -3,60                | -9,05              | -2260              | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P5    | 0     | 0    | 1215                        | 6,15                 | -7,95                | -5,00              | -9659              | -7472              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P5'   | 0     | 0    | 336                         | 6,50                 | -7,95                | -9,16              | -2672              | -2185              | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P5''  | 0     | 0    | 25                          | 6,36                 | -7,95                | -10,55             | -195               | -156               | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P6    | 0     | 0    | 1215                        | -6,15                | -7,95                | -5,00              | -9659              | 7472               | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P6'   | 0     | 0    | 336                         | -6,50                | -7,95                | -9,16              | -2672              | 2185               | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | P6''  | 0     | 0    | 25                          | -6,36                | -7,95                | -10,55             | -195               | 156                | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
| P7                        | 0     | 0     | 19   | 6,50                        | -13,55               | -10,57               | -263               | -126               | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |   |
| P7'                       | 0     | 0     | 43   | 6,50                        | -13,03               | -9,59                | -556               | -277               | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |   |
| P7''                      | 0     | 0     | 19   | 6,50                        | -13,55               | -10,57               | -263               | 126                | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |   |
| P8                        | 0     | 0     | 43   | -6,50                       | -13,03               | -9,59                | -556               | 277                | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |   |
| P8'                       | 0     | 0     | 19   | -6,50                       | -13,55               | -10,57               | -263               | 126                | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |   |
| P8''                      | 0     | 0     | 43   | -6,50                       | -13,03               | -9,59                | -556               | 277                | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     |   |
| Ballast                   | GBV   | 0     | 0    | 1063                        | 0,00                 | -7,95                | -10,82             | -8449              | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 21527                 | 13253                 | 0                     | 0 |
|                           | GBH   | 0     | 535  | 0                           | 0,00                 | -12,00               | -5,30              | 2833               | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
| Spinta terreno            | THL   | 0     | 535  | 1063                        | 0,00                 | -12,00               | -3,53              | 20599              | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 535                 | 1063                | 761                   | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | THTsx | 4994  | 0    | 0                           | 6,75                 | -6,45                | -3,61              | 0                  | -18013             | 32214                 | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | THTdx | -4994 | 0    | 0                           | -6,75                | -6,45                | -3,61              | 0                  | 18013              | -32214                | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | TVM   | 0     | 0    | 14565                       | 0,00                 | -7,95                | -6,55              | -115795            | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
|                           | TVV   | 0     | 0    | 446                         | 0,00                 | -0,45                | -3,25              | -200               | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0 |
| Sovraccarico long         | Q1    | 0     | 5830 | 15011                       | 0,00                 | -12,00               | -5,30              | -95397             | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 5830                | 15011               | -5331                 | 0                     | 0                     | 0 |
|                           |       | 0     | 1273 | 0                           | 0,00                 | -12,00               | -5,30              | 6748               | 0                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0                   | 1273                | 0                   | 6748                  | 0                     | 0                     | 0 |

| NOME: FONDAZIONE SPALLA 1 |            |      |      | CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO |                      |                      |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |                     |                     |                       |                       |                       |  |
|---------------------------|------------|------|------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
|                           |            |      |      | F <sub>x0</sub> (kN)        | F <sub>y0</sub> (kN) | F <sub>z0</sub> (kN) | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m) | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |  |
| ENV SLU                   | Nvert Max  | 515  | 1351 | 12853                       | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -10757             | -2099              | 876                   | 515                   | 1351                  | 12853               | 64928               | -5963               | -1752                 |                       |                       |  |
|                           | Nvert Min  | -351 | 175  | 5517                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -4860              | 1184               | -316                  | -351                  | 175                   | 5517                | 24586               | 3817                | 1475                  |                       |                       |  |
|                           | Vtrasv Max | 530  | 1411 | 10342                       | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -8461              | -1883              | 1009                  | 530                   | 1411                  | 10342               | 54864               | -5856               | -1693                 |                       |                       |  |
|                           | Vtrasv Min | -351 | -175 | 5517                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5070              | 1184               | -316                  | -351                  | -175                  | 5517                | 21754               | 3817                | 1475                  |                       |                       |  |
|                           | Mlong Max  | -351 | 175  | 5517                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -4860              | 1184               | -316                  | -351                  | 175                   | 5517                | 24586               | 3817                | 1475                  |                       |                       |  |
|                           | Mlong Min  | 515  | 1351 | 12853                       | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -10757             | -2099              | 876                   | 515                   | 1351                  | 12853               | 64928               | -5963               | -1752                 |                       |                       |  |
|                           | Vlong Max  | 283  | 2819 | 8113                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5610              | -5213              | 5217                  | 283                   | 2819                  | 8113                | 56910               | -7337               | 3773                  |                       |                       |  |
|                           | Vlong Min  | 0    | -234 | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5384              | 0                  | -6                    | 0                     | -234                  | 5826                | 22574               | 0                   | -6                    |                       |                       |  |
|                           | Mtrasv Max | -351 | 175  | 5517                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -4860              | 1184               | -316                  | -351                  | 175                   | 5517                | 24586               | 3817                | 1475                  |                       |                       |  |
|                           | Mtrasv Min | 356  | 1587 | 10578                       | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -8568              | -5855              | 2807                  | 356                   | 1587                  | 10578               | 57279               | -8523               | 993                   |                       |                       |  |
|                           | Mtorc Max  | 283  | 2819 | 8113                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5610              | -5213              | 5217                  | 283                   | 2819                  | 8113                | 56910               | -7337               | 3773                  |                       |                       |  |
|                           | Mtorc Min  | -351 | -175 | 5517                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5070              | 1184               | -316                  | -351                  | -175                  | 5517                | 21754               | 3817                | 1475                  |                       |                       |  |
| ENV SLE RA                | Nvert Max  | 350  | 1356 | 9031                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -7314              | -1407              | 765                   | 350                   | 1356                  | 9031                | 48919               | -4036               | -1022                 |                       |                       |  |
|                           | Nvert Min  | -234 | -175 | 5620                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5163              | 789                | -211                  | -234                  | -175                  | 5620                | 22187               | 2545                | 983                   |                       |                       |  |
|                           | Vtrasv Max | 360  | 1422 | 8873                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -7132              | -1251              | 907                   | 360                   | 1422                  | 8873                | 48787               | -3955               | -932                  |                       |                       |  |
|                           | Vtrasv Min | -234 | -175 | 5620                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5163              | 789                | -211                  | -234                  | -175                  | 5620                | 22187               | 2545                | 983                   |                       |                       |  |
|                           | Mtrasv Max | -234 | -175 | 5620                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5163              | 789                | -211                  | -234                  | -175                  | 5620                | 22187               | 2545                | 983                   |                       |                       |  |
|                           | Mtrasv Min | 240  | 1144 | 7448                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -6017              | -3874              | 2944                  | 240                   | 1144                  | 7448                | 40551               | -5677               | 1717                  |                       |                       |  |
|                           | Vlong Max  | 220  | 1916 | 7399                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5510              | -3697              | 3617                  | 220                   | 1916                  | 7399                | 46591               | -5350               | 2492                  |                       |                       |  |
|                           | Vlong Min  | -234 | -175 | 5620                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5163              | 789                | -211                  | -234                  | -175                  | 5620                | 22187               | 2545                | 983                   |                       |                       |  |
|                           | Mlong Max  | 0    | 256  | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5090              | 0                  | 8                     | 0                     | 256                   | 5826                | 26546               | 0                   | 8                     |                       |                       |  |
|                           | Mlong Min  | 350  | 844  | 9031                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -7622              | -1407              | 749                   | 350                   | 844                   | 9031                | 44765               | -4036               | -1038                 |                       |                       |  |
|                           | Mtorc Max  | 220  | 1916 | 7399                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5510              | -3697              | 3617                  | 220                   | 1916                  | 7399                | 46591               | -5350               | 2492                  |                       |                       |  |
|                           | Mtorc Min  | -234 | -175 | 5620                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5163              | 789                | -211                  | -234                  | -175                  | 5620                | 22187               | 2545                | 983                   |                       |                       |  |
| ENV SLE QP                | Nvert Max  | 0    | 175  | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5139              | 0                  | 0                     | 0                     | 175                   | 5826                | 25885               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Nvert Min  | 0    | -175 | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5348              | 0                  | 0                     | 0                     | -175                  | 5826                | 23053               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Vtrasv Max | 0    | 175  | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5139              | 0                  | 0                     | 0                     | 175                   | 5826                | 25885               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Vtrasv Min | 0    | -175 | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5348              | 0                  | 0                     | 0                     | -175                  | 5826                | 23053               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Mtrasv Max | 0    | 175  | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5139              | 0                  | 0                     | 0                     | 175                   | 5826                | 25885               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Mtrasv Min | 0    | -175 | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5348              | 0                  | 0                     | 0                     | -175                  | 5826                | 23053               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Vlong Max  | 0    | 175  | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5139              | 0                  | 0                     | 0                     | 175                   | 5826                | 25885               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Vlong Min  | 0    | -175 | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5348              | 0                  | 0                     | 0                     | -175                  | 5826                | 23053               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Mlong Max  | 0    | 175  | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5139              | 0                  | 0                     | 0                     | 175                   | 5826                | 25885               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Mlong Min  | 0    | -175 | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5348              | 0                  | 0                     | 0                     | -175                  | 5826                | 23053               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |
|                           | Mtorc Max  | 0    | 175  | 5826                        | 0,00                 | -0,90                | -7,50              | -5139              | 0                  | 0                     | 0                     | 175                   | 5826                | 25885               | 0                   | 0                     |                       |                       |  |

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 108    |

| Tipo azione         | Descrizione azione | V <sub>trasv</sub><br>F <sub>x</sub> [kN] | V <sub>long</sub><br>F <sub>y</sub> [kN] | N <sub>vert</sub><br>F <sub>z</sub> [kN] | M <sub>long</sub><br>M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>trasv</sub><br>M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>torc</sub><br>M <sub>z</sub> [kNm] |
|---------------------|--------------------|---|--|--|---|--|---|
| Gk1 Perm. Str.      | G1 (peso proprio)  | 0   | 0  | 20774                                    | 11938                                     | 0  | 0   |
| Gk2b Ballast        | G2,1 (ballast)     | 0   | 509                                      | 1063                                     | 500                                       | 0  | 0   |
| Gk2 Perm. Non Str.  | G2,2 (terreno)     | 0   | 5293                                     | 14260                                    | -5533                                     | 0  | 0   |
| SLU<br>Impalcato    | Nvert Max          | 363                                       | 354                                      | 13286                                    | 58494                                     | -4217                                      | -1513                                     |
|                     | Nvert Min          | -351                                      | 175                                      | 5517                                     | 24498                                     | 3642                                       | 1475                                      |
|                     | Vtrasv Max         | 530                                       | 354                                      | 10647                                    | 47412                                     | -5742                                      | -2213                                     |
|                     | Vtrasv Min         | -351                                      | -175                                     | 5517                                     | 21841                                     | 3642                                       | 1475                                      |
|                     | Mtrasv Max         | -351                                      | 175                                      | 5517                                     | 24498                                     | 3642                                       | 1475                                      |
|                     | Mtrasv Min         | 363                                       | 354                                      | 13286                                    | 58494                                     | -4217                                      | -1513                                     |
|                     | Vlong Max          | 356                                       | 354                                      | 8648                                     | 39013                                     | -9062                                      | -1482                                     |
|                     | Vlong Min          | 0   | -234                                     | 5826                                     | 22691                                     | 0  | -6  |
|                     | Mlong Max          | -351                                      | 175                                      | 5517                                     | 24498                                     | 3642                                       | 1475                                      |
|                     | Mlong Min          | 283                                       | 354                                      | 11113                                    | 49366                                     | -8629                                      | -1178                                     |
|                     | Mtorc Max          | 530                                       | 354                                      | 10647                                    | 47412                                     | -5742                                      | -2213                                     |
| Mtorc Min           | -351               | -175                                      | 5517                                     | 21841                                    | 3642                                      | 1475                                       |   |
| SLE RA<br>Impalcato | Nvert Max          | 308                                       | 256                                      | 9390                                     | 41385                                     | -3546                                      | -1288                                     |
|                     | Nvert Min          | -234                                      | -175                                     | 5620                                     | 22275                                     | 2428                                       | 983                                       |
|                     | Vtrasv Max         | 360                                       | 256                                      | 9210                                     | 40631                                     | -3941                                      | -1506                                     |
|                     | Vtrasv Min         | -234                                      | -175                                     | 5620                                     | 22275                                     | 2428                                       | 983                                       |
|                     | Mtrasv Max         | -234                                      | -175                                     | 5620                                     | 22275                                     | 2428                                       | 983                                       |
|                     | Mtrasv Min         | 220                                       | -216                                     | 7891                                     | 31503                                     | -6228                                      | -930                                      |
|                     | Vlong Max          | 0   | 256                                      | 5826                                     | 26418                                     | 0  | 8   |
|                     | Vlong Min          | 308                                       | -256                                     | 9390                                     | 37488                                     | -3546                                      | -1304                                     |
|                     | Mlong Max          | 0   | 256                                      | 5826                                     | 26418                                     | 0  | 8   |
|                     | Mlong Min          | 308                                       | -256                                     | 9390                                     | 37488                                     | -3546                                      | -1304                                     |
|                     | Mtorc Max          | 360                                       | 256                                      | 9210                                     | 40631                                     | -3941                                      | -1506                                     |
| Mtorc Min           | -234               | -175                                      | 5620                                     | 22275                                    | 2428                                      | 983  |   |
| SLE QP<br>Impalcato | Nvert Max          | 0   | 175                                      | 5826                                     | 25798                                     | 0  | 0   |
|                     | Nvert Min          | 0   | -175                                     | 5826                                     | 23141                                     | 0  | 0   |
|                     | Vtrasv Max         | 0   | 175                                      | 5826                                     | 25798                                     | 0  | 0   |
|                     | Vtrasv Min         | 0   | -175                                     | 5826                                     | 23141                                     | 0  | 0   |
|                     | Mtrasv Max         | 0   | 175                                      | 5826                                     | 25798                                     | 0  | 0   |
|                     | Mtrasv Min         | 0   | -175                                     | 5826                                     | 23141                                     | 0  | 0   |
|                     | Vlong Max          | 0   | 175                                      | 5826                                     | 25798                                     | 0  | 0   |
|                     | Vlong Min          | 0   | -175                                     | 5826                                     | 23141                                     | 0  | 0   |
|                     | Mlong Max          | 0   | 175                                      | 5826                                     | 25798                                     | 0  | 0   |
|                     | Mlong Min          | 0   | -175                                     | 5826                                     | 23141                                     | 0  | 0   |
|                     | Mtorc Max          | 0   | 175                                      | 5826                                     | 25798                                     | 0  | 0   |
| Mtorc Min           | 0                  | -175                                      | 5826                                     | 23141                                    | 0   | 0  |   |

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 109    |

|       |                   |       |       |      |       |        |       |
|-------|-------------------|-------|-------|------|-------|--------|-------|
| Qk1   | Q (acc. Traffico) | 0     | 1213  | 0    | 6126  | 0      | 0     |
| E     | Sisma long        | 0     | 13246 | 0    | 56117 | 0      | 0     |
| Sisma | Sisma trasv       | 12711 | 0     | 0    | 0     | -63131 | -9218 |
|       | Sisma vert        | 0     | 0     | 6356 | 4609  | 0      | 0     |

*Tabella 41 – Risultanti azioni elementari al centro della palificata G (quota testa palo)*



**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 111    |

| INVILUPPO: SLU         |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> | M <sub>torc</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          | Mz (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLU6       | 64315             | 363                | -4217              | 10817             | 75943             | -1513             |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLU24      | 41613             | -351               | 3642               | 7386              | 37629             | 1475              |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLU3       | 61676             | 530                | -5742              | 10817             | 64861             | -2213             |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLU24      | 41613             | -351               | 3642               | 7386              | 37629             | 1475              |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLU6       | 56546             | -351               | 3642               | 10637             | 41947             | 1475              |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLU24      | 44744             | 356                | -9062              | 7915              | 54800             | -1482             |
| V <sub>long</sub> Max  | SLU11      | 61676             | 530                | -5742              | 10817             | 64861             | -2213             |
| V <sub>long</sub> Min  | SLU20      | 41923             | 0                  | 0                  | 7327              | 38478             | -6                |
| M <sub>long</sub> Max  | SLU2       | 64315             | 363                | -4217              | 10817             | 75943             | -1513             |
| M <sub>long</sub> Min  | SLU19      | 41613             | -351               | 3642               | 7386              | 37629             | 1475              |
| M <sub>torc</sub> Max  | SLU2       | 56546             | -351               | 3642               | 10637             | 41947             | 1475              |
| M <sub>torc</sub> Min  | SLU15      | 46744             | 530                | -5742              | 7915              | 63199             | -2213             |
| INVILUPPO: SLV         |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> | M <sub>torc</sub> |
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          | Mz (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLV5       | 48278             | 3813               | -18939             | 9951              | 54146             | -2766             |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLV6       | 35567             | 3813               | -18939             | 9951              | 44928             | -2766             |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLV3       | 43829             | 12711              | -63131             | 9951              | 50920             | -9218             |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLV6       | 35567             | 3813               | -18939             | 9951              | 44928             | -2766             |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLV1       | 43829             | 3813               | -18939             | 19223             | 90201             | -2766             |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLV6       | 40016             | 12711              | -63131             | 9951              | 48154             | -9218             |
| V <sub>long</sub> Max  | SLV1       | 43829             | 3813               | -18939             | 19223             | 90201             | -2766             |
| V <sub>long</sub> Min  | SLV6       | 35567             | 3813               | -18939             | 9951              | 44928             | -2766             |
| M <sub>long</sub> Max  | SLV1       | 43829             | 3813               | -18939             | 19223             | 90201             | -2766             |
| M <sub>long</sub> Min  | SLV4       | 35567             | 3813               | -18939             | 9951              | 44928             | -2766             |
| M <sub>torc</sub> Max  | SLV5       | 48278             | 3813               | -18939             | 9951              | 54146             | -2766             |
| M <sub>torc</sub> Min  | SLV4       | 40016             | 12711              | -63131             | 9951              | 48154             | -9218             |

Tabella 43 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 112    |

| INVILUPPO: SLE RA      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> | M <sub>torc</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          | Mz (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max  | RA1        | 45486             | 308                | -3546              | 7272              | 54415             | -1288             |
| N <sub>vert</sub> Min  | RA12       | 41716             | -234               | 2428               | 6840              | 35305             | 983               |
| V <sub>trasv</sub> Max | RA3        | 45307             | 360                | -3941              | 7272              | 53662             | -1506             |
| V <sub>trasv</sub> Min | RA12       | 41716             | -234               | 2428               | 6840              | 35305             | 983               |
| M <sub>trasv</sub> Max | RA1        | 41716             | -234               | 2428               | 6840              | 35305             | 983               |
| M <sub>trasv</sub> Min | RA12       | 43987             | 220                | -6228              | 6800              | 44533             | -930              |
| V <sub>long</sub> Max  | RA11       | 45307             | 360                | -3941              | 7272              | 53662             | -1506             |
| V <sub>long</sub> Min  | RA8        | 45486             | 308                | -3546              | 6759              | 50518             | -1304             |
| M <sub>long</sub> Max  | RA12       | 45486             | 308                | -3546              | 7272              | 54415             | -1288             |
| M <sub>long</sub> Min  | RA6        | 41716             | -234               | 2428               | 6840              | 35305             | 983               |
| M <sub>torc</sub> Max  | RA12       | 41716             | -234               | 2428               | 6840              | 35305             | 983               |
| M <sub>torc</sub> Min  | RA3        | 45307             | 360                | -3941              | 7272              | 53662             | -1506             |
| INVILUPPO: SLE QP      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> | M <sub>torc</sub> |
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          | Mz (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max  | QP1        | 41923             | 0                  | 0                  | 5977              | 32702             | 0                 |
| N <sub>vert</sub> Min  | QP12       | 41923             | 0                  | 0                  | 5627              | 30045             | 0                 |
| V <sub>trasv</sub> Max | QP1        | 41923             | 0                  | 0                  | 5977              | 32702             | 0                 |
| V <sub>trasv</sub> Min | QP12       | 41923             | 0                  | 0                  | 5627              | 30045             | 0                 |
| M <sub>trasv</sub> Max | QP1        | 41923             | 0                  | 0                  | 5977              | 32702             | 0                 |
| M <sub>trasv</sub> Min | QP12       | 41923             | 0                  | 0                  | 5627              | 30045             | 0                 |
| V <sub>long</sub> Max  | QP1        | 41923             | 0                  | 0                  | 5977              | 32702             | 0                 |
| V <sub>long</sub> Min  | QP12       | 41923             | 0                  | 0                  | 5627              | 30045             | 0                 |
| M <sub>long</sub> Max  | QP1        | 41923             | 0                  | 0                  | 5977              | 32702             | 0                 |
| M <sub>long</sub> Min  | QP12       | 41923             | 0                  | 0                  | 5627              | 30045             | 0                 |
| M <sub>torc</sub> Max  | QP1        | 41923             | 0                  | 0                  | 5977              | 32702             | 0                 |
| M <sub>torc</sub> Min  | QP12       | 41923             | 0                  | 0                  | 5627              | 30045             | 0                 |

Tabella 44 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 113    |

### 11.4 SOLLECITAZIONI MURO PARAGHIAIA

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro paraghiaia della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro del muro paraghiaia a quota estradosso elevazione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

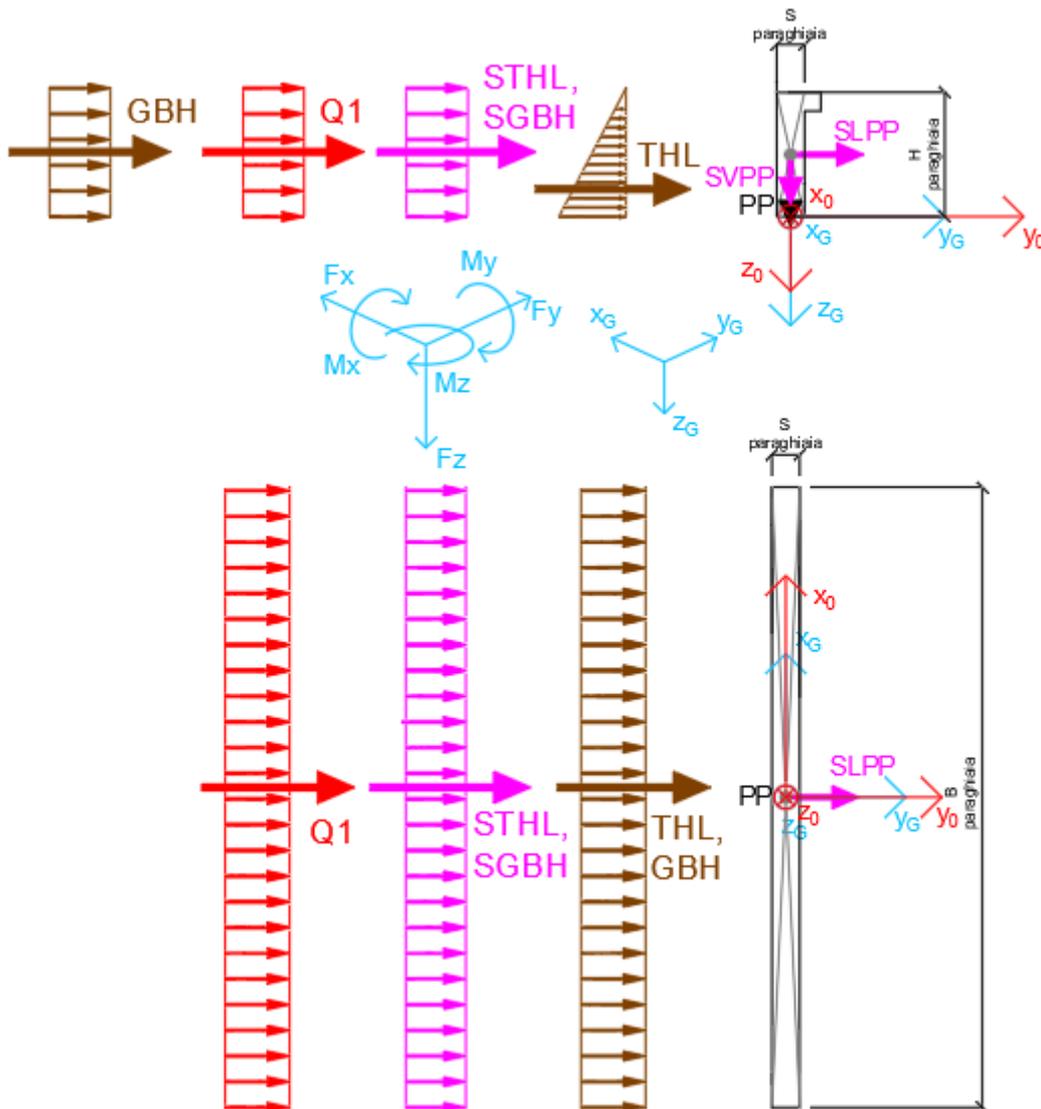


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.p.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>114</b> |

### 11.4.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

| NOME: MURO PARAGHIAIA      |       |                             |               | CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO  |           |                                       |           |                |                |                |              |              |              |                |                |                |
|----------------------------|-------|-----------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| PGA orizzontale $a_g$ (g)  | 0,242 | Coeff. sismico orizz. $k_h$ |               | 0,2814                               |           | Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$ |           |                |                |                |              | 0,3878       |              |                |                |                |
| Coeff. stratigrafico $S_s$ | 1,163 | Coeff. sismico vert. $k_v$  |               | 0,1407                               |           |                                       |           |                |                |                |              |              |              |                |                |                |
| NOME: MURO PARAGHIAIA      |       |                             |               | CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA |           |                                       |           |                |                |                |              |              |              |                |                |                |
|                            |       | $F_{x0}$ (kN)               | $F_{y0}$ (kN) | $F_{z0}$ (kN)                        | $x_0$ (m) | $y_0$ (m)                             | $z_0$ (m) | $M_{x0}$ (kNm) | $M_{y0}$ (kNm) | $M_{z0}$ (kNm) | $F_{xG}$ (m) | $F_{yG}$ (m) | $F_{zG}$ (m) | $M_{xG}$ (kNm) | $M_{yG}$ (kNm) | $M_{zG}$ (kNm) |
| Sisma long                 | SLPP  | 0                           | 177           | 0                                    | 0,00      | 0,00                                  | -1,55     | 274            | 0              | 0              | 0            | 177          | 0            | 274            | 0              | 0              |
|                            |       | 0                           | 177           | 0                                    |           |                                       |           | 274            | 0              | 0              | 0            | 177          | 0            | 274            | 0              | 0              |
| Sisma vert                 | SVPP  | 0                           | 0             | 88                                   | 0,00      | 0,00                                  | -1,55     | 0              | 0              | 0              | 0            | 0            | 88           | 0              | 0              | 0              |
|                            |       | 0                           | 0             | 88                                   |           |                                       |           | 0              | 0              | 0              | 0            | 0            | 88           | 0              | 0              | 0              |
| Sisma ballast long         | SGBH  | 0                           | 83            | 0                                    | 0,00      | -0,30                                 | -1,55     | 129            | 0              | 0              | 0            | 83           | 0            | 129            | 0              | 0              |
|                            |       | 0                           | 83            | 0                                    |           |                                       |           | 129            | 0              | 0              | 0            | 83           | 0            | 129            | 0              | 0              |
| Sisma terreno long         | SHTL  | 0                           | 265           | 0                                    | 0,00      | -0,30                                 | -1,55     | 411            | 0              | 0              | 0            | 265          | 0            | 411            | 0              | 0              |
|                            |       | 0                           | 265           | 0                                    |           |                                       |           | 411            | 0              | 0              | 0            | 265          | 0            | 411            | 0              | 0              |

Tabella 45 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

| NOME: MURO PARAGHIAIA |       |                                   |               | PARAMETRI DI CALCOLO MURO PARAGHIAIA |           |  |           |                |                |                |              |              |              |                |                |                |
|-----------------------|-------|-----------------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------|--|-----------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| H paraghiaia (m)      | 3,10  | Carico perm. Gb ballast (kPa)     |               | 9,72                                 |           | Angolo di attrito terreno ( $^\circ$ ) |           | 38,00          |                | XG elevazione  |              | 0,00         |              |                |                |                |
| S paraghiaia (m)      | 0,60  | Carico variab. Q LM71 (kPa)       |               | 56,18                                |           | Coeff. spinta attiva statica $k_a$     |           | 0,2379         |                | YG elevazione  |              | 0,00         |              |                |                |                |
| B paraghiaia (m)      | 13,50 | Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> ) |               | 20,00                                |           | Coeff. spinta riposo statica $k_0$     |           | 0,3843         |                | ZG elevazione  |              | 0,00         |              |                |                |                |
| NOME: MURO PARAGHIAIA |       |                                   |               | CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA          |           |  |           |                |                |                |              |              |              |                |                |                |
|                       |       | $F_{x0}$ (kN)                     | $F_{y0}$ (kN) | $F_{z0}$ (kN)                        | $x_0$ (m) | $y_0$ (m)                              | $z_0$ (m) | $M_{x0}$ (kNm) | $M_{y0}$ (kNm) | $M_{z0}$ (kNm) | $F_{xG}$ (m) | $F_{yG}$ (m) | $F_{zG}$ (m) | $M_{xG}$ (kNm) | $M_{yG}$ (kNm) | $M_{zG}$ (kNm) |
| Peso proprio          | PP    | 0                                 | 0             | 628                                  | 0,00      | 0,00                                   | -1,55     | 0              | 0              | 0              | 0            | 0            | 628          | 0              | 0              | 0              |
|                       |       | 0                                 | 0             | 628                                  |           |  |           | 0              | 0              | 0              | 0            | 0            | 628          | 0              | 0              | 0              |
| Ballast               | GBH   | 0                                 | 156           | 0                                    | 0,00      | -0,30                                  | -1,55     | 242            | 0              | 0              | 0            | 156          | 0            | 242            | 0              | 0              |
|                       |       | 0                                 | 156           | 0                                    |           |  |           | 242            | 0              | 0              | 0            | 156          | 0            | 242            | 0              | 0              |
| Spinta terreno        | THL   | 0                                 | 499           | 0                                    | 0,00      | -0,30                                  | -1,03     | 515            | 0              | 0              | 0            | 499          | 0            | 515            | 0              | 0              |
|                       |       | 0                                 | 499           | 0                                    |           |  |           | 515            | 0              | 0              | 0            | 499          | 0            | 515            | 0              | 0              |
| Sovaccarico long      | Q1    | 0                                 | 904           | 0                                    | 0,00      | -0,30                                  | -1,55     | 1401           | 0              | 0              | 0            | 904          | 0            | 1401           | 0              | 0              |
|                       |       | 0                                 | 904           | 0                                    |           |  |           | 1401           | 0              | 0              | 0            | 904          | 0            | 1401           | 0              | 0              |

Tabella 46 – Riepilogo azioni elementari statiche

| Tipo azione        | Descrizione azione | $V_{trasv}$<br>$F_x$ [kN] | $V_{long}$<br>$F_y$ [kN] | $N_{vert}$<br>$F_z$ [kN] | $M_{long}$<br>$M_x$ [kNm] | $M_{trasv}$<br>$M_y$ [kNm] | $M_{torc}$<br>$M_z$ [kNm] |
|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Gk1 Perm. Str.     | G1 (peso proprio)  | 0                         | 0                        | 628                      | 0                         | 0                          | 0                         |
| Gk2b Ballast       | G2,1 (ballast)     | 0                         | 156                      | 0                        | 242                       | 0                          | 0                         |
| Gk2 Perm. Non Str. | G2,2 (terreno)     | 0                         | 499                      | 0                        | 515                       | 0                          | 0                         |
| Qk1                | Q (acc. Traffico)  | 0                         | 904                      | 0                        | 1401                      | 0                          | 0                         |
| E<br>Sisma         | Sisma long         | 0                         | 525                      | 0                        | 814                       | 0                          | 0                         |
|                    | Sisma vert         | 0                         | 0                        | 88                       | 0                         | 0                          | 0                         |
|                    | -Sisma vert        | 0                         | 0                        | -88                      | 0                         | 0                          | 0                         |

Tabella 47 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 115    |

| NomeEnv: | TipoComb: | NumComb: | Comb: | Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio) | Gk2b Ballast-G2,1 (ballast) | Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (terreno) | Qk1-Q (acc. Traffico) | E-Sisma long | E-Sisma vert | E--Sisma vert |
|----------|-----------|----------|-------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------|
| SLU      | 1         | 1        | SLU1  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                              | 0,00                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLU      | 2         | 2        | SLU2  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                              | 1,45                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLU      | 3         | 3        | SLU3  | 1,00                             | 1,50                        | 1,50                              | 0,00                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLU      | 4         | 4        | SLU4  | 1,00                             | 1,50                        | 1,50                              | 1,45                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLU      | 5         | 5        | SLU5  | 1,00                             | 0,00                        | 0,00                              | 1,45                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLV      | 6         | 6        | SLV1  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                              | 0,00                  | 1,00         | 0,30         | 0,00          |
| SLV      | 6         | 7        | SLV2  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                              | 0,00                  | 1,00         | 0,00         | 0,30          |
| SLV      | 6         | 8        | SLV3  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                              | 0,00                  | 0,30         | 1,00         | 0,00          |
| SLV      | 6         | 9        | SLV4  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                              | 0,00                  | 0,30         | 0,00         | 1,00          |
| SLE RA   | 7         | 10       | RA1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                              | 1,00                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLE RA   | 8         | 11       | RA2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                              | 0,00                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLE QP   | 8         | 12       | QP1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                              | 0,00                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| SLE QP   | 9         | 13       | QP2   | 1,00                             | 0,00                        | 0,00                              | 0,00                  | 0,00         | 0,00         | 0,00          |

*Tabella 48 – Combinazioni di carico adottate*

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 116    |

| INVILUPPO: SLU        |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> |
|-----------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tipologia Comb.       | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max | SLU2       | 847               | 2293              | 3167              |
| N <sub>vert</sub> Min | SLU5       | 628               | 1310              | 2031              |
| V <sub>long</sub> Max | SLU2       | 847               | 2293              | 3167              |
| V <sub>long</sub> Min | SLU3       | 628               | 982               | 1136              |
| M <sub>long</sub> Max | SLU2       | 847               | 2293              | 3167              |
| M <sub>long</sub> Min | SLU3       | 628               | 982               | 1136              |
| INVILUPPO: SLV        |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> |
| Tipologia Comb.       | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max | SLV3       | 716               | 812               | 1002              |
| N <sub>vert</sub> Min | SLV4       | 539               | 812               | 1002              |
| V <sub>long</sub> Max | SLV1       | 654               | 1180              | 1571              |
| V <sub>long</sub> Min | SLV4       | 539               | 812               | 1002              |
| M <sub>long</sub> Max | SLV1       | 654               | 1180              | 1571              |
| M <sub>long</sub> Min | SLV4       | 539               | 812               | 1002              |

Tabella 49 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

| INVILUPPO: SLE RA     |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> |
|-----------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tipologia Comb.       | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max | RA1        | 628               | 1559              | 2158              |
| N <sub>vert</sub> Min | RA2        | 628               | 655               | 758               |
| V <sub>long</sub> Max | RA1        | 628               | 1559              | 2158              |
| V <sub>long</sub> Min | RA2        | 628               | 655               | 758               |
| M <sub>long</sub> Max | RA1        | 628               | 1559              | 2158              |
| M <sub>long</sub> Min | RA2        | 628               | 655               | 758               |
| INVILUPPO: SLE QP     |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>long</sub> | M <sub>long</sub> |
| Tipologia Comb.       | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fy (kN)           | Mx (kNm)          |
| N <sub>vert</sub> Max | QP1        | 628               | 655               | 758               |
| N <sub>vert</sub> Min | QP2        | 628               | 0                 | 0                 |
| V <sub>long</sub> Max | QP1        | 628               | 655               | 758               |
| V <sub>long</sub> Min | QP2        | 628               | 0                 | 0                 |
| M <sub>long</sub> Max | QP1        | 628               | 655               | 758               |
| M <sub>long</sub> Min | QP2        | 628               | 0                 | 0                 |

Tabella 50 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOLGIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 117    |

## 11.5 SOLLECITAZIONI MURO D'ALA

### 11.5.1 Sezione superiore muro d'ala

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala alla quota del ringrosso della sezione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

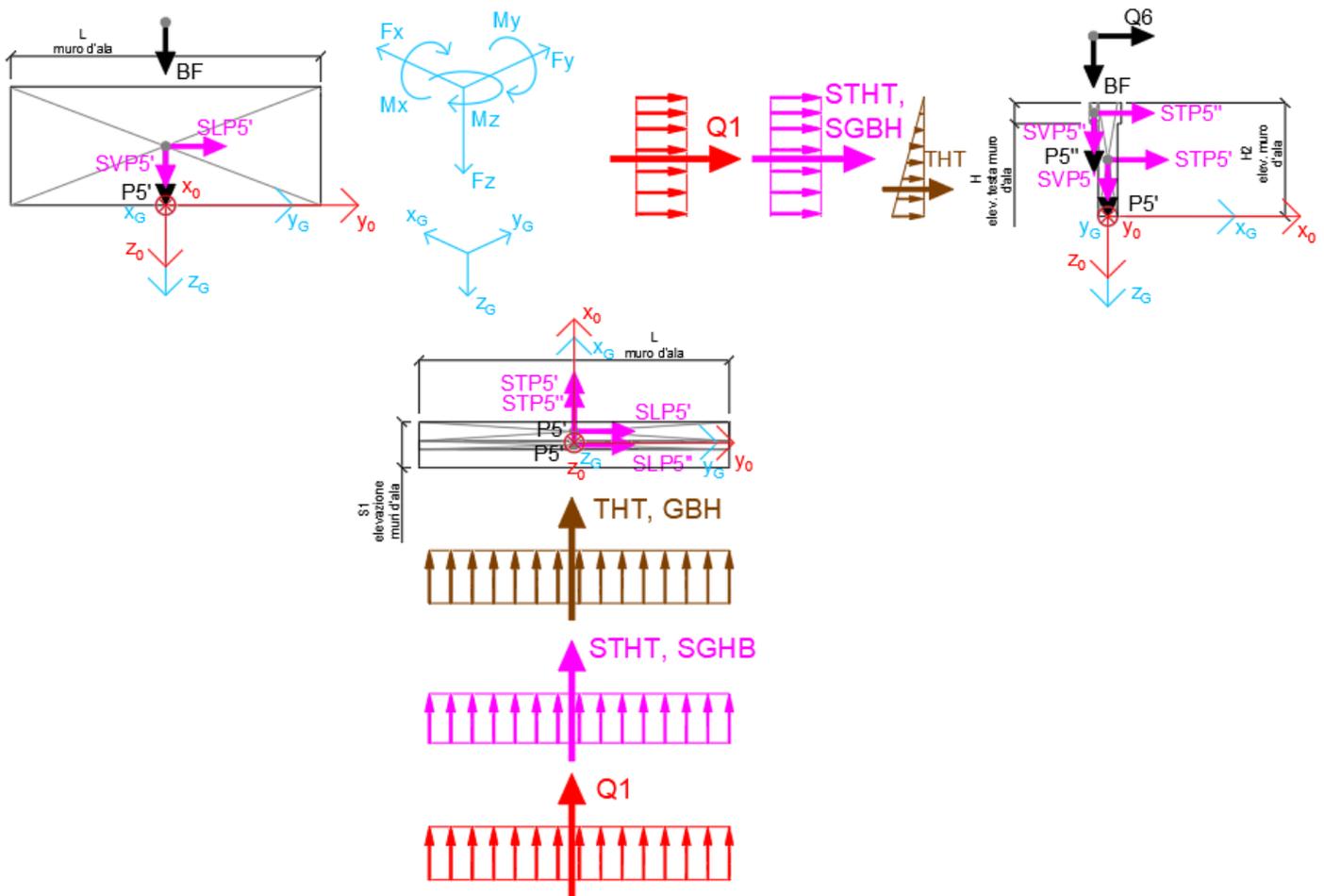


Figura 33 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>118</b> |

### 11.5.1.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

| NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 2 |               |               |               | CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO  |           |           |                |                |                |              |              |                                       |                |                |                |        |  |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------------------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------|--|
| PGA orizzontale $a_g$ (g)          |               | 0,242         |               | Coeff. sismico orizz. $k_h$          |           |           |                | 0,2814         |                |              |              | Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$ |                |                |                | 0,3878 |  |
| Coeff. stratigrafico SS            |               | 1,163         |               | Coeff. sismico vert. $k_v$           |           |           |                | 0,1407         |                |              |              |                                       |                |                |                |        |  |
| NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 2 |               |               |               | CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA |           |           |                |                |                |              |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | $F_{x0}$ (kN) | $F_{y0}$ (kN) | $F_{z0}$ (kN) | $x_0$ (m)                            | $y_0$ (m) | $z_0$ (m) | $M_{x0}$ (kNm) | $M_{y0}$ (kNm) | $M_{z0}$ (kNm) | $F_{xG}$ (m) | $F_{yG}$ (m) | $F_{zG}$ (m)                          | $M_{xG}$ (kNm) | $M_{yG}$ (kNm) | $M_{zG}$ (kNm) |        |  |
| Sisma trasv                        | STP5'         | 95            | 0             | 0                                    | 0,00      | 0,00      | -1,66          | 0              | -157           | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | STP5"         | 7             | 0             | 0                                    | 0,49      | 0,00      | -3,05          | 0              | -21            | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | STP7          | 5             | 0             | 0                                    | 0,00      | -5,55     | -3,07          | 0              | -16            | 29           |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | STP7'         | 12            | 0             | 0                                    | 0,00      | -5,05     | -2,09          | 0              | -24            | 59           |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | 118           | 0             | 0             |                                      |           |           | 0              | -218           | 88             | 118          | 0            | 0                                     | 0              | -218           | 88             |        |  |
| Sisma vert                         | SVP5'         | 0             | 0             | 47                                   | 0,00      | 0,00      | -1,66          | 0              | 0              | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | SVP5"         | 0             | 0             | 3                                    | 0,49      | 0,00      | -3,05          | 0              | -2             | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | SVP7          | 0             | 0             | 3                                    | 0,00      | -5,55     | -3,07          | -15            | 0              | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | SVP7'         | 0             | 0             | 6                                    | 0,00      | -5,05     | -2,09          | -29            | 0              | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    | 0             | 0             | 59            |                                      |           |           | -44            | -2             | 0              | 0            | 0            | 59                                    | -44            | -2             | 0              |        |  |
| Sisma ballast trasv                | SGBH          | 53            | 0             | 0                                    | -0,25     | 0,00      | -1,66          | 0              | -89            | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    |               | 53            | 0             | 0                                    |           |           |                | 0              | -89            | 0            | 53           | 0                                     | 0              | 0              | -89            |        |  |
| Sisma terreno trasv                | STHT          | 183           | 0             | 0                                    | -0,25     | 0,00      | -1,11          | 0              | -202           | 0            |              |                                       |                |                |                |        |  |
|                                    |               | 183           | 0             | 0                                    |           |           |                | 0              | -202           | 0            | 183          | 0                                     | 0              | 0              | -202           |        |  |

Tabella 51 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

| NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 2 |               |               |               | PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA |           |           |                |                                    |                |              |              |                             |                |                |                |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------|-----------|-----------|----------------|------------------------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| S1 elevazione muri d'ala (m)       |               | 1,20          |               | L muro d'ala (m)                |           | 8,10      |                | S orecchia (m)                     |                | 3,00         |              | Carico variab. Q LM71 (kPa) |                | 23,15          |                |
| S2 elevazione muri d'ala (m)       |               | 0,50          |               | S elev. testa muri d'ala (m)    |           | 0,22      |                | Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )  |                | 20,00        |              | Carico ballast (kPa)        |                | 9,72           |                |
| H1 elev. muro d'ala sx (m)         |               | 4,50          |               | H elev. testa muro d'ala (m)    |           | 0,55      |                | Coeff. spinta attiva statica $k_a$ |                | 0,2379       |              | $X_G$ muro sx               |                | 0,00           |                |
| H2 elev. muro d'ala (m)            |               | 3,32          |               | H1 orecchia (m)                 |           | 2,20      |                | Coeff. spinta riposo statica $k_0$ |                | 0,3843       |              | $Y_G$ muro sx               |                | 0,00           |                |
| H reinterro muro d'ala sx (m)      |               | 7,82          |               | H2 orecchia (m)                 |           | 0,50      |                |                                    |                |              |              | $Z_G$ muro sx               |                | 0,00           |                |
| NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 2 |               |               |               | CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA     |           |           |                |                                    |                |              |              |                             |                |                |                |
|                                    | $F_{x0}$ (kN) | $F_{y0}$ (kN) | $F_{z0}$ (kN) | $x_0$ (m)                       | $y_0$ (m) | $z_0$ (m) | $M_{x0}$ (kNm) | $M_{y0}$ (kNm)                     | $M_{z0}$ (kNm) | $F_{xG}$ (m) | $F_{yG}$ (m) | $F_{zG}$ (m)                | $M_{xG}$ (kNm) | $M_{yG}$ (kNm) | $M_{zG}$ (kNm) |
| Peso proprio                       | P5'           | 0             | 0             | 336                             | 0,00      | 0,00      | -1,66          | 0                                  | 0              | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    | P5"           | 0             | 0             | 25                              | 0,49      | 0,00      | -3,05          | 0                                  | -12            | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    | P7            | 0             | 0             | 19                              | 0,00      | -5,55     | -3,07          | -104                               | 0              | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    | P7'           | 0             | 0             | 41                              | 0,00      | -5,05     | -2,09          | -208                               | 0              | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    |               | 0             | 0             | 421                             |           |           |                | -312                               | -12            | 0            | 0            | 0                           | 421            | -312           | -12            |
| Barriera fonoaassorbente           | BF            | 0             | 0             | 162                             | -0,35     | 0,00      | -5,82          | 0                                  | 57             | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    |               | 0             | 0             | 162                             |           |           |                | 0                                  | 57             | 0            | 0            | 0                           | 162            | 0              | 57             |
| Ballast                            | GBH           | 100           | 0             | 0                               | -0,25     | 0,00      | -1,66          | 0                                  | -167           | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    |               | 100           | 0             | 0                               |           |           |                | 0                                  | -167           | 0            | 100          | 0                           | 0              | 0              | -167           |
| Spinta terreno                     | THT           | 343           | 0             | 0                               | -0,25     | 0,00      | -1,11          | 0                                  | -380           | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    |               | 343           | 0             | 0                               |           |           |                | 0                                  | -380           | 0            | 343          | 0                           | 0              | 0              | -380           |
| Sovraccarico traffico              | Q1            | 239           | 0             | 0                               | -0,25     | 0,00      | -1,66          | 0                                  | -397           | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    |               | 239           | 0             | 0                               |           |           |                | 0                                  | -397           | 0            | 239          | 0                           | 0              | 0              | -397           |
| Vento                              | Q6            | 81            | 0             | 0                               | -0,35     | 0,00      | -5,82          | 0                                  | -469           | 0            |              |                             |                |                |                |
|                                    |               | 81            | 0             | 0                               |           |           |                | 0                                  | -469           | 0            | 81           | 0                           | 0              | 0              | -469           |

Tabella 52 – Riepilogo azioni elementari statiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 119    |

| Tipo azione              | Descrizione azione | V <sub>trasv</sub><br>F <sub>x</sub> [kN] | V <sub>long</sub><br>F <sub>y</sub> [kN] | N <sub>vert</sub><br>F <sub>z</sub> [kN] | M <sub>long</sub><br>M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>trasv</sub><br>M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>torc</sub><br>M <sub>z</sub> [kNm] |
|--------------------------|--------------------|---|--|--|---|--|---|
| Gk1 Perm. Str.           | G1 (peso proprio)  | 0   | 0  | 421                                      | -312                                      | -12  | 0   |
| Gk2b Ballast             | G2,1 (ballast)     | 100                                       | 0  | 0  | 0   | -167                                       | 0   |
| Gk2 Perm. Non Str.       | G2,2 (barriera)    | 0   | 0  | 162                                      | 0   | 57   | 0   |
| Gk2 Perm. Non Str. altri | G2,3 (terreno)     | 343                                       | 0  | 0  | 0   | -380                                       | 0   |
| Qk1                      | Q (acc. Traffico)  | 239                                       | 0  | 0  | 0   | -397                                       | 0   |
| Qk6<br>Vento             | Vento MAX          | 81  | 0  | 0  | 0   | -469                                       | 0   |
|                          | Vento MIN          | -81                                       | 0  | 0  | 0   | 469  | 0   |
| E<br>Sisma               | Sisma trasv        | 354                                       | 0  | 0  | 0   | -509                                       | 88  |
|                          | -Sisma trasv       | -354                                      | 0  | 0  | 0   | 509  | -88                                       |
|                          | Sisma vert         | 0   | 0  | 59                                       | -44                                       | -2   | 0   |
|                          | -Sisma vert        | 0   | 0  | -59                                      | 44  | 2  | 0   |

**Tabella 53 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota ringrosso sezione)**

| NomeEnv: | TipoComb: | NumComb: | Comb: | Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio) | Gk2b Ballast-G2,1 (ballast) | Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (barriera) | Gk2 Perm. Non Str. altri-G2,3 (terreno) | Qk1-Q (acc. Traffico) | Qk6-Vento MAX | Qk6-Vento MIN | E-Sisma trasv | E-Sisma trasv | E-Sisma vert | E-Sisma vert |
|----------|-----------|----------|-------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| SLU      | 1         | 1        | SLU1  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 2         | 2        | SLU2  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                                    | 1,45                  | 0,90          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 2         | 3        | SLU3  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                                    | 1,45                  | 0,00          | 0,90          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 3         | 4        | SLU4  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                                    | 0,00                  | 1,50          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 4         | 5        | SLU5  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                                    | 1,45                  | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 6        | SLV1  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 7        | SLV2  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 1,00          | 0,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 8        | SLV3  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 9        | SLV4  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 1,00          | 0,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 10       | SLV5  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 0,00          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 11       | SLV6  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,30          | 0,00          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 12       | SLV7  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 0,00          | 0,00         | 1,00         |
| SLV      | 5         | 13       | SLV8  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,30          | 0,00          | 0,00         | 1,00         |
| SLV      | 5         | 14       | SLV9  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 1,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 15       | SLV10 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 16       | SLV11 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 1,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 17       | SLV12 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 18       | SLV13 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,30          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 19       | SLV14 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 20       | SLV15 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,30          | 0,00         | 1,00         |
| SLV      | 5         | 21       | SLV16 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 0,00         | 1,00         |
| SLE RA   | 6         | 22       | RA1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 1,00                  | 0,60          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE RA   | 6         | 23       | RA2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 1,00                  | 0,00          | 0,60          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE RA   | 7         | 24       | RA3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,80                  | 1,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE RA   | 7         | 25       | RA4   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,80                  | 0,00          | 1,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE QP   | 8         | 26       | QP1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE QP   | 9         | 27       | QP2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE QP   | 9         | 28       | QP3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                                    | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |

**Tabella 54 – Combinazioni di carico adottate**

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 120    |

| INVILUPPO: SLU         |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLU3       | 811               | 940                | -905               |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLU5       | 811               | 1012               | -1327              |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLU2       | 811               | 1085               | -1749              |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLU4       | 811               | 786                | -1454              |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLU5       | 811               | 940                | -905               |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLU4       | 811               | 1085               | -1749              |
| INVILUPPO: SLV         |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLV14      | 642               | 297                | -116               |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLV15      | 523               | 378                | -582               |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLV3       | 565               | 838                | -1245              |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLV10      | 600               | 49                 | 241                |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLV12      | 565               | 49                 | 242                |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLV1       | 600               | 838                | -1246              |

*Tabella 55 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo*

| INVILUPPO: SLE RA      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | RA4        | 583               | 554                | -350               |
| N <sub>vert</sub> Min  | RA3        | 583               | 716                | -1289              |
| V <sub>trasv</sub> Max | RA1        | 583               | 731                | -1180              |
| V <sub>trasv</sub> Min | RA4        | 583               | 554                | -350               |
| M <sub>trasv</sub> Max | RA4        | 583               | 554                | -350               |
| M <sub>trasv</sub> Min | RA3        | 583               | 716                | -1289              |
| INVILUPPO: SLE QP      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | QP3        | 583               | 403                | -267               |
| N <sub>vert</sub> Min  | QP2        | 583               | 484                | -736               |
| V <sub>trasv</sub> Max | QP2        | 583               | 484                | -736               |
| V <sub>trasv</sub> Min | QP3        | 583               | 403                | -267               |
| M <sub>trasv</sub> Max | QP3        | 583               | 403                | -267               |
| M <sub>trasv</sub> Min | QP2        | 583               | 484                | -736               |

*Tabella 56 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involuppo*

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOLGIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 121    |

### 11.5.2 Sezione base muro d'ala

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala a quota estradosso plinto., e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

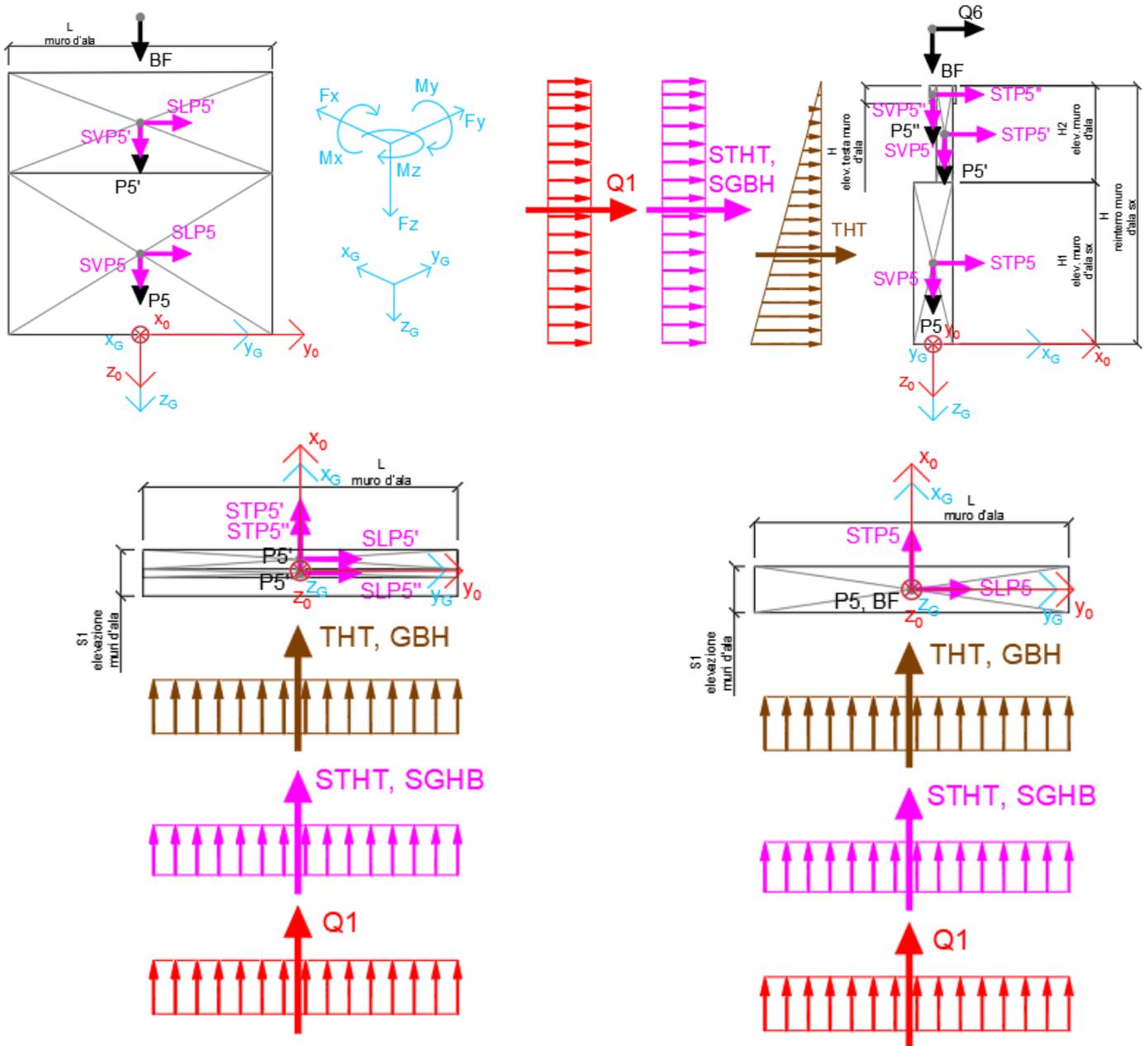


Figura 34 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | COMMESSA  | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOLGIO |
|   |  |   |  | <b>LI0B</b>   | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>CL</b> | <b>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 122    |

### 11.5.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

| NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 2 |       |                      |                      | CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO  |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|-------------------------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)  |       | 0,242                |                      | Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub> |                    |                    |                    | 0,2814                |                       |                       |                     | Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub> |                     |                       |                       | 0,3878                |  |
| Coeff. stratigrafico SS             |       | 1,163                |                      | Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>  |                    |                    |                    | 0,1407                |                       |                       |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
| NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 2 |       |                      |                      | CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA |                    |                    |                    |                       |                       |                       |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     |       | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN) | F <sub>z0</sub> (kN)                 | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm) | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m)                          | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |  |
| Sisma trasv                         | STP5  | 308                  | 0                    | 0                                    | 0,00               | 0,00               | -2,25              | 0                     | -692                  | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | STP5' | 95                   | 0                    | 0                                    | 0,35               | 0,00               | -6,16              | 0                     | -583                  | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | STP5" | 7                    | 0                    | 0                                    | -0,01              | 0,00               | -7,55              | 0                     | -52                   | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | STP7  | 5                    | 0                    | 0                                    | 0,35               | -5,55              | -7,57              | 0                     | -40                   | 29                    |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | STP7' | 12                   | 0                    | 0                                    | 0,35               | -5,05              | -6,59              | 0                     | -76                   | 59                    |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     |       | 426                  | 0                    | 0                                    |                    |                    |                    | 0                     | -1444                 | 88                    | 426                 | 0  | 0                   | 0                     | -1444                 | 88                    |  |
| Sisma vert                          | SVP5  | 0                    | 0                    | 154                                  | 0,00               | 0,00               | -2,25              | 0                     | 0                     | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | SVP5' | 0                    | 0                    | 47                                   | 0,35               | 0,00               | -6,16              | 0                     | -17                   | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | SVP5" | 0                    | 0                    | 3                                    | -0,01              | 0,00               | -7,55              | 0                     | 0                     | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | SVP7  | 0                    | 0                    | 3                                    | 0,35               | -5,55              | -7,57              | -15                   | -1                    | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     | SVP7' | 0                    | 0                    | 6                                    | 0,35               | -5,05              | -6,59              | -29                   | -2                    | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     |       | 0                    | 0                    | 213                                  |                    |                    |                    | -44                   | -19                   | 0                     | 0                   | 0  | 213                 | -44                   | -19                   | 0                     |  |
| Sisma ballast trasv                 | SGBH  | 126                  | 0                    | 0                                    | -0,60              | 0,00               | -3,91              | 0                     | -492                  | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     |       | 126                  | 0                    | 0                                    |                    |                    |                    | 0                     | -492                  | 0                     | 126                 | 0  | 0                   | 0                     | -492                  | 0                     |  |
| Sisma terreno trasv                 | STHT  | 1013                 | 0                    | 0                                    | -0,60              | 0,00               | -2,61              | 0                     | -2640                 | 0                     |                     |  |                     |                       |                       |                       |  |
|                                     |       | 1013                 | 0                    | 0                                    |                    |                    |                    | 0                     | -2640                 | 0                     | 1013                | 0  | 0                   | 0                     | -2640                 | 0                     |  |

Tabella 57 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

| NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 2 |     |                      |                      | PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA |                    |                    |                    |   |                       |                       |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|-------------------------------------|-----|----------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| S1 elevazione muri d'ala (m)        |     | 1,20                 |                      | L muro d'ala (m)                |                    | 8,10               |                    | S orecchia (m)                              |                       | 3,00                  |                     | Carico variab. Q LM71 (kPa) |                     | 23,15                 |                       |                       |
| S2 elevazione muri d'ala (m)        |     | 0,50                 |                      | S elev. testa muri d'ala (m)    |                    | 0,22               |                    | Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )           |                       | 20,00                 |                     | Carico ballast (kPa)        |                     | 9,72                  |                       |                       |
| H1 elev. muro d'ala sx (m)          |     | 4,50                 |                      | H elev. testa muro d'ala (m)    |                    | 0,55               |                    | Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub> |                       | 0,2379                |                     | X <sub>G</sub> muro sx      |                     | 0,00                  |                       |                       |
| H2 elev. muro d'ala (m)             |     | 3,32                 |                      | H1 orecchia (m)                 |                    | 2,20               |                    | Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub> |                       | 0,3843                |                     | Y <sub>G</sub> muro sx      |                     | 0,00                  |                       |                       |
| H reinterro muro d'ala sx (m)       |     | 7,82                 |                      | H2 orecchia (m)                 |                    | 0,50               |                    |   |                       |                       |                     | Z <sub>G</sub> muro sx      |                     | 0,00                  |                       |                       |
| NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 2 |     |                      |                      | CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA     |                    |                    |                    |   |                       |                       |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     |     | F <sub>x0</sub> (kN) | F <sub>y0</sub> (kN) | F <sub>z0</sub> (kN)            | x <sub>0</sub> (m) | y <sub>0</sub> (m) | z <sub>0</sub> (m) | M <sub>x0</sub> (kNm)                       | M <sub>y0</sub> (kNm) | M <sub>z0</sub> (kNm) | F <sub>xG</sub> (m) | F <sub>yG</sub> (m)         | F <sub>zG</sub> (m) | M <sub>xG</sub> (kNm) | M <sub>yG</sub> (kNm) | M <sub>zG</sub> (kNm) |
| Peso proprio                        | P5  | 0                    | 0                    | 1094                            | 0,00               | 0,00               | -2,25              | 0   | 0                     | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     | P5' | 0                    | 0                    | 336                             | 0,35               | 0,00               | -6,16              | 0   | -118                  | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     | P5" | 0                    | 0                    | 25                              | -0,01              | 0,00               | -7,55              | 0   | 0                     | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     | P7  | 0                    | 0                    | 19                              | 0,35               | -5,55              | -7,57              | -104  | -7                    | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     | P7' | 0                    | 0                    | 41                              | 0,35               | -5,05              | -6,59              | -208  | -14                   | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     |     | 0                    | 0                    | 1514                            |                    |                    |                    | -312  | -138                  | 0                     | 0                   | 0                           | 1514                | -312                  | -138                  | 0                     |
| Barriera fonoassorbente             | BF  | 0                    | 0                    | 162                             | 0,00               | 0,00               | -10,32             | 0   | 0                     | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     |     | 0                    | 0                    | 162                             |                    |                    |                    | 0   | 0                     | 0                     | 0                   | 0                           | 162                 | 0                     | 0                     | 0                     |
| Ballast                             | GBH | 237                  | 0                    | 0                               | -0,60              | 0,00               | -3,91              | 0   | -925                  | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     |     | 237                  | 0                    | 0                               |                    |                    |                    | 0   | -925                  | 0                     | 237                 | 0                           | 0                   | 0                     | -925                  | 0                     |
| Spinta terreno                      | THT | 1904                 | 0                    | 0                               | -0,60              | 0,00               | -2,61              | 0   | -4962                 | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     |     | 1904                 | 0                    | 0                               |                    |                    |                    | 0   | -4962                 | 0                     | 1904                | 0                           | 0                   | 0                     | -4962                 | 0                     |
| Sovraccarico traffico               | Q1  | 564                  | 0                    | 0                               | -0,60              | 0,00               | -3,91              | 0   | -2203                 | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     |     | 564                  | 0                    | 0                               |                    |                    |                    | 0   | -2203                 | 0                     | 564                 | 0                           | 0                   | 0                     | -2203                 | 0                     |
| Vento                               | Q6  | 81                   | 0                    | 0                               | 0,00               | 0,00               | -10,32             | 0   | -832                  | 0                     |                     |                             |                     |                       |                       |                       |
|                                     |     | 81                   | 0                    | 0                               |                    |                    |                    | 0   | -832                  | 0                     | 81                  | 0                           | 0                   | 0                     | -832                  | 0                     |

Tabella 58 – Riepilogo azioni elementari statiche

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 123    |

| Tipo azione              | Descrizione azione | V <sub>trasv</sub><br>F <sub>x</sub> [kN] | V <sub>long</sub><br>F <sub>y</sub> [kN] | N <sub>vert</sub><br>F <sub>z</sub> [kN] | M <sub>long</sub><br>M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>trasv</sub><br>M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>torc</sub><br>M <sub>z</sub> [kNm] |
|--------------------------|--------------------|---|--|--|---|--|---|
| Gk1 Perm. Str.           | G1 (peso proprio)  | 0   | 0  | 1514                                     | -312                                      | -138                                       | 0   |
| Gk2b Ballast             | G2,1 (ballast)     | 237                                       | 0  | 0  | 0   | -925                                       | 0   |
| Gk2 Perm. Non Str.       | G2,2 (barriera)    | 0   | 0  | 162                                      | 0   | 0  | 0   |
| Gk2 Perm. Non Str. altri | G2,3 (terreno)     | 1904                                      | 0  | 0  | 0   | -4962                                      | 0   |
| Qk1                      | Q (acc. Traffico)  | 564                                       | 0  | 0  | 0   | -2203                                      | 0   |
| Qk6<br>Vento             | Vento MAX          | 81  | 0  | 0  | 0   | -832                                       | 0   |
|                          | Vento MIN          | -81                                       | 0  | 0  | 0   | 832  | 0   |
| E<br>Sisma               | Sisma trasv        | 1565                                      | 0  | 0  | 0   | -4576                                      | 88  |
|                          | -Sisma trasv       | -1565                                     | 0  | 0  | 0   | 4576                                       | -88                                       |
|                          | Sisma vert         | 0   | 0  | 213                                      | -44                                       | -19  | 0   |
|                          | -Sisma vert        | 0   | 0  | -213                                     | 44  | 19   | 0   |

Tabella 59 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota estradosso fondazione)

| NomeEnv: | TipoComb: | NumComb: | Comb: | Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio) | Gk2b Ballast-G2,1 (ballast) | Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (barriera) | Gk2 Perm. Non Str.-G2,3 (terreno) | Qk1-Q (acc. Traffico) | Qk6-Vento MAX | Qk6-Vento MIN | E-Sisma trasv | E-Sisma trasv | E-Sisma vert | E-Sisma vert |
|----------|-----------|----------|-------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| SLU      | 1         | 1        | SLU1  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                              | 0,00                  | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 2         | 2        | SLU2  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                              | 1,45                  | 0,90          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 2         | 3        | SLU3  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                              | 1,45                  | 0,00          | 0,90          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 3         | 4        | SLU4  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                              | 0,00                  | 1,50          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLU      | 4         | 5        | SLU5  | 1,35                             | 1,50                        | 1,50                               | 1,50                              | 1,45                  | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 6        | SLV1  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 7        | SLV2  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 1,00          | 0,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 8        | SLV3  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 9        | SLV4  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 1,00          | 0,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 10       | SLV5  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 0,00          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 11       | SLV6  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,30          | 0,00          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 12       | SLV7  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 0,00          | 0,00         | 1,00         |
| SLV      | 5         | 13       | SLV8  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,30          | 0,00          | 0,00         | 1,00         |
| SLV      | 5         | 14       | SLV9  | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 1,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 15       | SLV10 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,30         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 16       | SLV11 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 1,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 17       | SLV12 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 1,00          | 0,00         | 0,30         |
| SLV      | 5         | 18       | SLV13 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,30          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 19       | SLV14 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 1,00         | 0,00         |
| SLV      | 5         | 20       | SLV15 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,30          | 0,00         | 1,00         |
| SLV      | 5         | 21       | SLV16 | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 0,30          | 0,00         | 1,00         |
| SLE RA   | 6         | 22       | RA1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 1,00                  | 0,60          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE RA   | 6         | 23       | RA2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 1,00                  | 0,00          | 0,60          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE RA   | 7         | 24       | RA3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,80                  | 1,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE RA   | 7         | 25       | RA4   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,80                  | 0,00          | 1,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE QP   | 8         | 26       | QP1   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE QP   | 9         | 27       | QP2   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |
| SLE QP   | 9         | 28       | QP3   | 1,00                             | 1,00                        | 1,00                               | 1,00                              | 0,00                  | 0,00          | 0,50          | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         |

Tabella 60 – Combinazioni di carico adottate

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 124    |

| INVILUPPO: SLU         |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLU4       | 2287              | 3331               | -10266             |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLU5       | 2287              | 4028               | -12213             |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLU2       | 2287              | 4100               | -12962             |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLU4       | 2287              | 3331               | -10266             |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLU5       | 2287              | 3331               | -10266             |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLU5       | 2287              | 4100               | -12962             |
| INVILUPPO: SLV         |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | SLV14      | 1889              | 1631               | -4257              |
| N <sub>vert</sub> Min  | SLV15      | 1463              | 1711               | -5050              |
| V <sub>trasv</sub> Max | SLV3       | 1612              | 3745               | -11012             |
| V <sub>trasv</sub> Min | SLV10      | 1740              | 535                | -1040              |
| M <sub>trasv</sub> Max | SLV12      | 1612              | 535                | -1028              |
| M <sub>trasv</sub> Min | SLV1       | 1740              | 3745               | -11024             |

Tabella 61 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo

| INVILUPPO: SLE RA      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | RA4        | 1676              | 2511               | -6957              |
| N <sub>vert</sub> Min  | RA3        | 1676              | 2672               | -8620              |
| V <sub>trasv</sub> Max | RA1        | 1676              | 2752               | -8728              |
| V <sub>trasv</sub> Min | RA4        | 1676              | 2511               | -6957              |
| M <sub>trasv</sub> Max | RA4        | 1676              | 2511               | -6957              |
| M <sub>trasv</sub> Min | RA1        | 1676              | 2752               | -8728              |
| INVILUPPO: SLE QP      |            | N <sub>vert</sub> | V <sub>trasv</sub> | M <sub>trasv</sub> |
| Tipologia Comb.        | Nome Comb. | Fz (kN)           | Fx (kN)            | My (kNm)           |
| N <sub>vert</sub> Max  | QP3        | 1676              | 2100               | -5610              |
| N <sub>vert</sub> Min  | QP2        | 1676              | 2181               | -6442              |
| V <sub>trasv</sub> Max | QP2        | 1676              | 2181               | -6442              |
| V <sub>trasv</sub> Min | QP3        | 1676              | 2100               | -5610              |
| M <sub>trasv</sub> Max | QP3        | 1676              | 2100               | -5610              |
| M <sub>trasv</sub> Min | QP2        | 1676              | 2181               | -6442              |

Tabella 62 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involuppo

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 125    |

## 11.6 VERIFICHE MURO FRONTALE

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.6.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 26/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 20/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 156 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

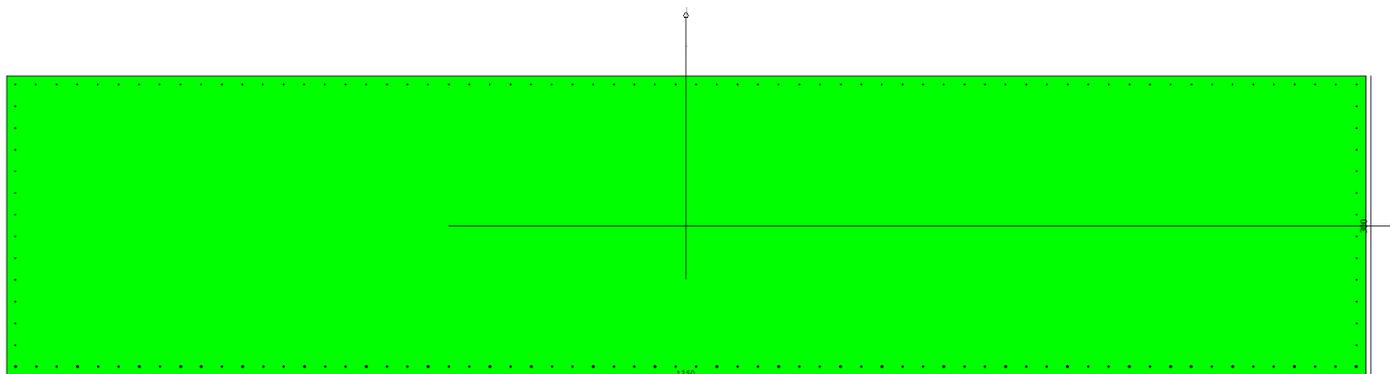


Figura 35 – Sezione trasversale spalla 2 e relativa armatura

## Dati

**Nome sezione:** SEZIONE SPALLA S2

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 1350,0 [cm]  
 Altezza: 300,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 405000,00 [cmq]  
 Inerzia in direzione X: 61509375000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione Y: 30375000000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 675,00$  [cm]  
 Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 150,00$  [cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine  
 N°: numero d'ordine  
 X: Ascissa posizione ferro espresso in [cm]  
 Y: Ordinata posizione ferro espresso in [cm]  
 d: Diametro ferro espresso in [mm]  
 ω: Area del ferro espresso in [cmq]

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 126    |

| N° | X       | Y      | d  | ω    |
|----|---------|--------|----|------|
| 1  | 1341,00 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 2  | 1320,51 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 3  | 1300,02 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 4  | 1279,52 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 5  | 1259,03 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 6  | 1238,54 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 7  | 1218,05 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 8  | 1197,55 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 9  | 1177,06 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 10 | 1156,57 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 11 | 1136,08 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 12 | 1115,58 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 13 | 1095,09 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 14 | 1074,60 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 15 | 1054,11 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 16 | 1033,62 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 17 | 1013,12 | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 18 | 992,63  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 19 | 972,14  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 20 | 951,65  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 21 | 931,15  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 22 | 910,66  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 23 | 890,17  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 24 | 869,68  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 25 | 849,18  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 26 | 828,69  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 27 | 808,20  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 28 | 787,71  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 29 | 767,22  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 30 | 746,72  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 31 | 726,23  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 32 | 705,74  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 33 | 685,25  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 34 | 664,75  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 35 | 644,26  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 36 | 623,77  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 37 | 603,28  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 38 | 582,78  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 39 | 562,29  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 40 | 541,80  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 41 | 521,31  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 42 | 500,82  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 43 | 480,32  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 44 | 459,83  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 45 | 439,34  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 46 | 418,85  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 47 | 398,35  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 48 | 377,86  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 49 | 357,37  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 50 | 336,88  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 51 | 316,38  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 52 | 295,89  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 53 | 275,40  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 54 | 254,91  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 55 | 234,42  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 56 | 213,92  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 57 | 193,43  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 58 | 172,94  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 59 | 152,45  | 291,00 | 20 | 3,14 |

**LINEA PESCARA – BARI**

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

|  |             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|--|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| <b>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br/>Relazione di calcolo Spalla S2</b> | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>127</b> |

|     |         |        |    |      |
|-----|---------|--------|----|------|
| 60  | 131,95  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 61  | 111,46  | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 62  | 90,97   | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 63  | 70,48   | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 64  | 49,98   | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 65  | 29,49   | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 66  | 9,00    | 291,00 | 20 | 3,14 |
| 67  | 9,30    | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 68  | 29,78   | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 69  | 50,27   | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 70  | 70,75   | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 71  | 91,23   | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 72  | 111,72  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 73  | 132,20  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 74  | 152,68  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 75  | 173,16  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 76  | 193,65  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 77  | 214,13  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 78  | 234,61  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 79  | 255,10  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 80  | 275,58  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 81  | 296,06  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 82  | 316,55  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 83  | 337,03  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 84  | 357,51  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 85  | 378,00  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 86  | 398,48  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 87  | 418,96  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 88  | 439,44  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 89  | 459,93  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 90  | 480,41  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 91  | 500,89  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 92  | 521,38  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 93  | 541,86  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 94  | 562,34  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 95  | 582,83  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 96  | 603,31  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 97  | 623,79  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 98  | 644,28  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 99  | 664,76  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 100 | 685,24  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 101 | 705,72  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 102 | 726,21  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 103 | 746,69  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 104 | 767,17  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 105 | 787,66  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 106 | 808,14  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 107 | 828,62  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 108 | 849,11  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 109 | 869,59  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 110 | 890,07  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 111 | 910,56  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 112 | 931,04  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 113 | 951,52  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 114 | 972,00  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 115 | 992,49  | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 116 | 1012,97 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 117 | 1033,45 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 118 | 1053,94 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 119 | 1074,42 | 9,30   | 26 | 5,31 |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 128    |

|     |         |        |    |      |
|-----|---------|--------|----|------|
| 120 | 1094,90 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 121 | 1115,39 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 122 | 1135,87 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 123 | 1156,35 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 124 | 1176,84 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 125 | 1197,32 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 126 | 1217,80 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 127 | 1238,28 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 128 | 1258,77 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 129 | 1279,25 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 130 | 1299,73 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 131 | 1320,22 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 132 | 1340,70 | 9,30   | 26 | 5,31 |
| 133 | 9,00    | 269,31 | 20 | 3,14 |
| 134 | 9,00    | 247,62 | 20 | 3,14 |
| 135 | 9,00    | 225,92 | 20 | 3,14 |
| 136 | 9,00    | 204,23 | 20 | 3,14 |
| 137 | 9,00    | 182,54 | 20 | 3,14 |
| 138 | 9,00    | 160,85 | 20 | 3,14 |
| 139 | 9,00    | 139,15 | 20 | 3,14 |
| 140 | 9,00    | 117,46 | 20 | 3,14 |
| 141 | 9,00    | 95,77  | 20 | 3,14 |
| 142 | 9,00    | 74,08  | 20 | 3,14 |
| 143 | 9,00    | 52,38  | 20 | 3,14 |
| 144 | 9,00    | 30,69  | 20 | 3,14 |
| 145 | 1341,00 | 30,69  | 20 | 3,14 |
| 146 | 1341,00 | 52,38  | 20 | 3,14 |
| 147 | 1341,00 | 74,08  | 20 | 3,14 |
| 148 | 1341,00 | 95,77  | 20 | 3,14 |
| 149 | 1341,00 | 117,46 | 20 | 3,14 |
| 150 | 1341,00 | 139,15 | 20 | 3,14 |
| 151 | 1341,00 | 160,85 | 20 | 3,14 |
| 152 | 1341,00 | 182,54 | 20 | 3,14 |
| 153 | 1341,00 | 204,23 | 20 | 3,14 |
| 154 | 1341,00 | 225,92 | 20 | 3,14 |
| 155 | 1341,00 | 247,62 | 20 | 3,14 |
| 156 | 1341,00 | 269,31 | 20 | 3,14 |

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

|   |        |       |
|---|--------|-------|
| Resistenza caratteristica calcestruzzo                      | 40,000 | [MPa] |
| Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo                | 15,00  |       |
| Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso         | 1,00   |       |
| Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO |        |       |

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

|                                 |            |       |
|---------------------------------|------------|-------|
| Tensione ammissibile acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Tensione snervamento acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Modulo elastico E               | 210000,924 | [MPa] |
| Fattore di incrudimento acciaio | 1,00       |       |

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

|                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| N°             | numero d'ordine della combinazione |
| N              | sforzo normale espresso in[kN]     |
| M <sub>y</sub> | momento lungo Y espresso in [kNm]  |
| M <sub>x</sub> | momento lungo X espresso in [kNm]  |
| M <sub>t</sub> | momento torcente espresso in [kNm] |

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 129    |

T<sub>y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]  
T<sub>x</sub> taglio lungo X espresso in [kN]  
VD verifica di dominio  
VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

| N° | N          | M <sub>y</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>t</sub> | T <sub>y</sub> | T <sub>x</sub> | VD | VT    |
|----|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|-------|
| 1  | 20535,9000 | 27213,0600     | -3310,0700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 2  | 10886,9300 | 15631,5400     | 2763,6800      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 3  | 12766,5300 | 21635,7500     | 2763,6800      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 4  | 14018,0300 | 20208,6500     | -8172,3700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 5  | 20535,9000 | 27213,0600     | -3310,0700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 6  | 11196,3000 | 15515,3100     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 7  | 13227,9400 | -15697,4500    | 17676,8100     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 8  | 9164,6600  | -15697,4500    | 14092,5400     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 9  | 11805,7900 | -4709,2300     | 24155,7000     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 10 | 9164,6600  | -15697,4500    | 14092,5400     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 11 | 11805,7900 | -4709,2300     | 24155,7000     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 12 | 9164,6600  | -15697,4500    | 14092,5400     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO    |
| 13 | 14759,8900 | -2774,7700     | 18593,5300     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER  |
| 14 | 10990,0500 | 1842,4500      | 14132,5200     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER  |
| 15 | 10990,0500 | 1842,4500      | 14132,5200     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER  |
| 16 | 13261,0500 | -5676,7500     | 15286,9400     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER  |
| 17 | 14759,8900 | -2774,7700     | 18593,5300     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER  |
| 18 | 10990,0500 | 1842,4500      | 14132,5200     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER  |
| 19 | 11196,3000 | 0,0000         | 12570,3700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLEQP |
| 20 | 11196,3000 | 0,0000         | 10787,6100     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLEQP |
| 21 | 11196,3000 | 0,0000         | 12570,3700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLEQP |
| 22 | 11196,3000 | 0,0000         | 10787,6100     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLEQP |
| 23 | 11196,3000 | 0,0000         | 12570,3700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLEQP |
| 24 | 11196,3000 | 0,0000         | 10787,6100     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLEQP |

|   |  |   |  |   |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | COMMESSA  | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|   |  |   |  | LI0B  | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 130    |

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 $\alpha$  inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

| N° | Xc      | $\alpha$ | (xi; yi)          | (xf; yf)             |
|----|---------|----------|-------------------|----------------------|
| 13 | 769,64  | 19,47    | (1350,00; 816,31) | (-959,28; 0,00)      |
| 14 | 791,85  | -20,45   | (-916,55; 300,00) | (1350,00; -545,10)   |
| 15 | 791,85  | -20,45   | (-916,55; 300,00) | (1350,00; -545,10)   |
| 16 | 420,39  | 7,96     | (1350,00; 424,48) | (-1684,47; 0,00)     |
| 17 | 769,64  | 19,47    | (1350,00; 816,31) | (-959,28; 0,00)      |
| 18 | 791,85  | -20,45   | (-916,55; 300,00) | (1350,00; -545,10)   |
| 19 | 2037,62 | -82,73   | (-704,13; 300,00) | (1350,00; -15805,49) |
| 20 | 2257,25 | -81,55   | (-932,04; 300,00) | (1350,00; -15054,92) |
| 21 | 2037,62 | -82,73   | (-704,13; 300,00) | (1350,00; -15805,49) |
| 22 | 2257,25 | -81,55   | (-932,04; 300,00) | (1350,00; -15054,92) |
| 23 | 2037,62 | -82,73   | (-704,13; 300,00) | (1350,00; -15805,49) |
| 24 | 2257,25 | -81,55   | (-932,04; 300,00) | (1350,00; -15054,92) |

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

| N° | $\sigma_{c-max}$ | $\sigma_{c-min}$ | $\tau_c$ | $\sigma_{f-max}$ | $\sigma_{f-min}$ |
|----|------------------|------------------|----------|------------------|------------------|
| 13 | 0,678            | 0,000            | 0,000    | 10,020           | 0,639            |
| 14 | 0,506            | 0,000            | 0,000    | 7,481            | 0,490            |
| 15 | 0,506            | 0,000            | 0,000    | 7,481            | 0,490            |
| 16 | 0,748            | 0,000            | 0,000    | 10,940           | -1,430           |
| 17 | 0,678            | 0,000            | 0,000    | 10,020           | 0,639            |
| 18 | 0,506            | 0,000            | 0,000    | 7,481            | 0,490            |
| 19 | 0,408            | 0,000            | 0,000    | 6,090            | 2,015            |
| 20 | 0,389            | 0,000            | 0,000    | 5,809            | 2,296            |
| 21 | 0,408            | 0,000            | 0,000    | 6,090            | 2,015            |
| 22 | 0,389            | 0,000            | 0,000    | 5,809            | 2,296            |
| 23 | 0,408            | 0,000            | 0,000    | 6,090            | 2,015            |
| 24 | 0,389            | 0,000            | 0,000    | 5,809            | 2,296            |

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Storzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

|             |             |             |      |
|-------------|-------------|-------------|------|
| $N_u$       | $M_{Xu}$    | $M_{Yu}$    | FS   |
| 184938,9142 | -29809,2975 | 245071,0107 | 9,01 |

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 131    |

|                    |                     |                    |       |
|--------------------|---------------------|--------------------|-------|
| <u>753016,0663</u> | <u>-121374,5631</u> | <u>27213,0600</u>  | 36,67 |
| <u>185557,1099</u> | <u>-3310,0700</u>   | <u>245890,2101</u> | 9,04  |
| <u>758530,5264</u> | <u>-3310,0700</u>   | <u>27213,0600</u>  | 36,94 |
| 20535,9000         | <u>-276542,7922</u> | <u>27213,0600</u>  | 83,55 |
| 20535,9000         | <u>-8658,8741</u>   | <u>71187,1535</u>  | 2,62  |
| 20535,9000         | <u>-3310,0700</u>   | <u>71199,2714</u>  | 2,62  |

Combinazione n° 2

| <u>N<sub>u</sub></u> | <u>M<sub>xu</sub></u> | <u>M<sub>yu</sub></u> | <b>FS</b> |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| <u>153340,4784</u>   | <u>38925,9427</u>     | <u>220167,4689</u>    | 14,08     |
| <u>747612,8853</u>   | <u>189783,7847</u>    | 15631,5400            | 68,67     |
| <u>154185,8494</u>   | 2763,6800             | <u>221381,2592</u>    | 14,16     |
| <u>768321,5708</u>   | 2763,6800             | 15631,5400            | 70,57     |
| 10886,9300           | <u>222129,1019</u>    | 15631,5400            | 80,37     |
| 10886,9300           | <u>10274,8025</u>     | <u>58114,8999</u>     | 3,72      |
| 10886,9300           | 2763,6800             | <u>58132,9587</u>     | 3,72      |

Combinazione n° 3

| <u>N<sub>u</sub></u> | <u>M<sub>xu</sub></u> | <u>M<sub>yu</sub></u> | <b>FS</b> |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| <u>98708,3044</u>    | <u>21368,2314</u>     | <u>167283,3728</u>    | 7,73      |
| <u>750608,6688</u>   | <u>162490,6820</u>    | 21635,7500            | 58,80     |
| <u>98867,5089</u>    | 2763,6800             | <u>167553,1805</u>    | 7,74      |
| <u>763289,4085</u>   | 2763,6800             | 21635,7500            | 59,79     |
| 12766,5300           | <u>232090,8031</u>    | 21635,7500            | 83,98     |
| 12766,5300           | <u>7752,0483</u>      | <u>60687,6983</u>     | 2,80      |
| 12766,5300           | 2763,6800             | <u>60697,9556</u>     | 2,81      |

Combinazione n° 4

| <u>N<sub>u</sub></u> | <u>M<sub>xu</sub></u> | <u>M<sub>yu</sub></u> | <b>FS</b> |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| <u>149754,5200</u>   | <u>-87305,3736</u>    | <u>215888,8717</u>    | 10,68     |
| <u>701449,1163</u>   | <u>-408937,7548</u>   | 20208,6500            | 50,04     |
| <u>152592,3745</u>   | -8172,3700            | <u>219979,9749</u>    | 10,89     |
| <u>764429,7057</u>   | -8172,3700            | 20208,6500            | 54,53     |
| 14018,0300           | <u>-239986,1804</u>   | 20208,6500            | 29,37     |
| 14018,0300           | <u>-25200,4829</u>    | <u>62315,7956</u>     | 3,08      |
| 14018,0300           | -8172,3700            | <u>62389,4626</u>     | 3,09      |

Combinazione n° 5

| <u>N<sub>u</sub></u> | <u>M<sub>xu</sub></u> | <u>M<sub>yu</sub></u> | <b>FS</b> |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| <u>184938,9142</u>   | <u>-29809,2975</u>    | <u>245071,0107</u>    | 9,01      |
| <u>753016,0663</u>   | <u>-121374,5631</u>   | <u>27213,0600</u>     | 36,67     |
| <u>185557,1099</u>   | <u>-3310,0700</u>     | <u>245890,2101</u>    | 9,04      |
| <u>758530,5264</u>   | <u>-3310,0700</u>     | <u>27213,0600</u>     | 36,94     |
| 20535,9000           | <u>-276542,7922</u>   | <u>27213,0600</u>     | 83,55     |
| 20535,9000           | <u>-8658,8741</u>     | <u>71187,1535</u>     | 2,62      |
| 20535,9000           | <u>-3310,0700</u>     | <u>71199,2714</u>     | 2,62      |

Combinazione n° 6

| <u>N<sub>u</sub></u> | <u>M<sub>xu</sub></u> | <u>M<sub>yu</sub></u> | <b>FS</b> |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| <u>167796,4248</u>   | 0,0000                | <u>232524,4543</u>    | 14,99     |
| <u>768442,2021</u>   | 0,0000                | 15515,3100            | 68,63     |
| 11196,3000           | 0,0000                | <u>58559,4486</u>     | 3,77      |

Combinazione n° 7

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 132    |

| $N_u$              | $M_{Xu}$           | $M_{Yu}$            | FS    |
|--------------------|--------------------|---------------------|-------|
| <u>197203,5315</u> | <u>263527,7570</u> | <u>-234019,2483</u> | 14,91 |
| <u>613016,3960</u> | <u>819188,3512</u> | <u>-15697,4500</u>  | 46,34 |
| <u>220434,1571</u> | 17676,8100         | <u>-261586,7746</u> | 16,66 |
| <u>780565,5023</u> | 17676,8100         | <u>-15697,4500</u>  | 59,01 |
| 13227,9400         | <u>231381,6561</u> | <u>-15697,4500</u>  | 13,09 |
| 13227,9400         | <u>51306,2418</u>  | <u>-45561,2277</u>  | 2,90  |
| 13227,9400         | 17676,8100         | <u>-45802,8415</u>  | 2,92  |

Combinazione n° 8

| $N_u$              | $M_{Xu}$           | $M_{Yu}$            | FS    |
|--------------------|--------------------|---------------------|-------|
| <u>68376,3249</u>  | <u>105142,5905</u> | <u>-117116,6133</u> | 7,46  |
| <u>590341,0078</u> | <u>907770,0937</u> | <u>-15697,4500</u>  | 64,41 |
| <u>71010,5289</u>  | 14092,5400         | <u>-121628,5412</u> | 7,75  |
| <u>780652,6764</u> | 14092,5400         | <u>-15697,4500</u>  | 85,18 |
| 9164,6600          | <u>206640,3128</u> | <u>-15697,4500</u>  | 14,66 |
| 9164,6600          | <u>35965,8650</u>  | <u>-40061,7893</u>  | 2,55  |
| 9164,6600          | 14092,5400         | <u>-40182,0358</u>  | 2,56  |

Combinazione n° 9

| $N_u$              | $M_{Xu}$            | $M_{Yu}$            | FS    |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------|
| <u>436724,0293</u> | <u>893576,3413</u>  | <u>-174205,5297</u> | 36,99 |
| <u>534902,8972</u> | <u>1094459,0675</u> | <u>-4709,2300</u>   | 45,31 |
| <u>572172,9150</u> | 24155,7000          | <u>-228234,9471</u> | 48,47 |
| <u>782500,4143</u> | 24155,7000          | <u>-4709,2300</u>   | 66,28 |
| 11805,7900         | <u>226809,4440</u>  | <u>-4709,2300</u>   | 9,39  |
| 11805,7900         | <u>190025,1791</u>  | <u>-37046,0088</u>  | 7,87  |
| 11805,7900         | 24155,7000          | <u>-43805,1681</u>  | 9,30  |

Combinazione n° 10

| $N_u$              | $M_{Xu}$           | $M_{Yu}$            | FS    |
|--------------------|--------------------|---------------------|-------|
| <u>68376,3249</u>  | <u>105142,5905</u> | <u>-117116,6133</u> | 7,46  |
| <u>590341,0078</u> | <u>907770,0937</u> | <u>-15697,4500</u>  | 64,41 |
| <u>71010,5289</u>  | 14092,5400         | <u>-121628,5412</u> | 7,75  |
| <u>780652,6764</u> | 14092,5400         | <u>-15697,4500</u>  | 85,18 |
| 9164,6600          | <u>206640,3128</u> | <u>-15697,4500</u>  | 14,66 |
| 9164,6600          | <u>35965,8650</u>  | <u>-40061,7893</u>  | 2,55  |
| 9164,6600          | 14092,5400         | <u>-40182,0358</u>  | 2,56  |

Combinazione n° 11

| $N_u$              | $M_{Xu}$            | $M_{Yu}$            | FS    |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------|
| <u>436724,0293</u> | <u>893576,3413</u>  | <u>-174205,5297</u> | 36,99 |
| <u>534902,8972</u> | <u>1094459,0675</u> | <u>-4709,2300</u>   | 45,31 |
| <u>572172,9150</u> | 24155,7000          | <u>-228234,9471</u> | 48,47 |
| <u>782500,4143</u> | 24155,7000          | <u>-4709,2300</u>   | 66,28 |
| 11805,7900         | <u>226809,4440</u>  | <u>-4709,2300</u>   | 9,39  |
| 11805,7900         | <u>190025,1791</u>  | <u>-37046,0088</u>  | 7,87  |
| 11805,7900         | 24155,7000          | <u>-43805,1681</u>  | 9,30  |

Combinazione n° 12

| $N_u$              | $M_{Xu}$           | $M_{Yu}$            | FS    |
|--------------------|--------------------|---------------------|-------|
| <u>68376,3249</u>  | <u>105142,5905</u> | <u>-117116,6133</u> | 7,46  |
| <u>590341,0078</u> | <u>907770,0937</u> | <u>-15697,4500</u>  | 64,41 |
| <u>71010,5289</u>  | 14092,5400         | <u>-121628,5412</u> | 7,75  |
| <u>780652,6764</u> | 14092,5400         | <u>-15697,4500</u>  | 85,18 |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>133</b> |

|           |                   |                    |       |
|-----------|-------------------|--------------------|-------|
| 9164,6600 | 206640,3128       | -15697,4500        | 14,66 |
| 9164,6600 | <u>35965,8650</u> | <u>-40061,7893</u> | 2,55  |
| 9164,6600 | 14092,5400        | <u>-40182,0358</u> | 2,56  |

### Risultati fessurazione

#### Simbologia adottata

|                  |   |
|------------------|---|
| N°               | numero d'ordine della combinazione                              |
| M <sub>x</sub>   | Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm] |
| M <sub>y</sub>   | Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm] |
| σ <sub>t</sub>   | Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]                        |
| σ <sub>c</sub>   | Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]                    |
| A <sub>eff</sub> | Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]        |
| ε                | Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]                |
| S <sub>rm</sub>  | Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]                 |
| w                | Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]                        |

| N° | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | σ <sub>t</sub> | σ <sub>c</sub> | A <sub>eff</sub> | ε      | S <sub>rm</sub> | w      |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|--------|-----------------|--------|
| 13 | 144332,2766    | -21539,1521    | -360,381       | -24,494        | 122744,81        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 14 | 146525,5257    | 19102,4640     | -368,577       | -24,969        | 139487,41        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 15 | 146525,5257    | 19102,4640     | -368,577       | -24,969        | 139487,41        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 16 | 89458,4563     | -33220,0749    | -363,120       | -24,966        | 124124,32        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 17 | 144332,2766    | -21539,1521    | -360,381       | -24,494        | 122744,81        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 18 | 146525,5257    | 19102,4640     | -368,577       | -24,969        | 139487,41        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 19 | 230273,4654    | 0,0000         | -648,233       | -43,623        | 163759,14        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 20 | 230281,7622    | 0,0000         | -648,265       | -43,625        | 163759,17        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 21 | 230273,4654    | 0,0000         | -648,233       | -43,623        | 163759,14        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 22 | 230281,7622    | 0,0000         | -648,265       | -43,625        | 163759,17        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 23 | 230273,4654    | 0,0000         | -648,233       | -43,623        | 163759,14        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 24 | 230281,7622    | 0,0000         | -648,265       | -43,625        | 163759,17        | 0,0000 | 0               | 0,0000 |

### Inviluppo verifiche a pressoflessione

#### Simbologia adottata

|                  |   |
|------------------|---|
| N                | Storzo normale espresso in [kN]                 |
| M <sub>x</sub>   | Momento in direzione X espresso in [kNm]        |
| M <sub>y</sub>   | Momento in direzione Y espresso in [kNm]        |
| N <sub>u</sub>   | Storzo normale ultimo espresso in [kN]          |
| M <sub>x,u</sub> | Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm] |
| M <sub>y,u</sub> | Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm] |
| FS               | Fattore di sicurezza                            |
| Comb.            | Combinazione critica                            |

#### Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S2

| N        | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | N         | M <sub>x,u</sub> | M <sub>y,u</sub> | FS     | Comb. |
|----------|----------------|----------------|-----------|------------------|------------------|--------|-------|
| 9164,66  | 14092,54       | -15697,45      | 68376,32  | 105142,59        | -117116,61       | 7.461  | 8     |
| 20535,90 | -3310,07       | 27213,06       | 753016,07 | -121374,56       | 27213,06         | 36.668 | 1     |
| 11196,30 | 0,00           | 15515,31       | 11196,30  | 0,00             | 58559,45         | 3.774  | 6     |
| 20535,90 | -3310,07       | 27213,06       | 758530,53 | -3310,07         | 27213,06         | 36.937 | 1     |
| 11805,79 | 24155,70       | -4709,23       | 11805,79  | 226809,44        | -4709,23         | 9.389  | 9     |
| 9164,66  | 14092,54       | -15697,45      | 9164,66   | 35965,87         | -40061,79        | 2.552  | 8     |
| 9164,66  | 14092,54       | -15697,45      | 9164,66   | 14092,54         | -40182,04        | 2.560  | 8     |

### Inviluppo verifiche tensionali

#### Simbologia adottata

|          |   |
|----------|---|
| TC       | Tipo combinazione   |
| scc      | tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]        |
| scl      | tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa] |
| sct      | tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]            |
| sctl     | tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]     |
| sfc, sft | tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa] |
| sf       | tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]           |

|  |          |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|--|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br>Relazione di calcolo Spalla S2 | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|  | LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 134    |

Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S2**

| TC    | scc   | scl    | sct    | sctl  | sfc    | sft    | sfl     | Comb. |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|-------|
| SLEQP | 0,408 | 14,940 | 0,132  | 3,099 | 2,015  | 6,090  | 450,000 | 19    |
| SLER  | 0,748 | 18,260 | -0,113 | 3,099 | -1,430 | 10,940 | 337,500 | 16    |

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

|       |  |
|-------|--|
| TC    | Tipo combinazione                                  |
| sf    | tensione nell'acciaio espresso in [MPa]            |
| sc    | tensione nel cls espresso in [MPa]                 |
| Aeff  | Area efficace a trazione espresso in [cmq]         |
| Eps   | Deformazione espressa in [%]                       |
| sr    | spaziatura tra le fessure espressa in [mm]         |
| w, wl | ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm] |
| Comb. | Combinazione critica                               |

**Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S2**

| TC    | sf       | sc      | Aeff      | Esp    | sr    | w     | wl    | Comb. |
|-------|----------|---------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|
| SLEQP | -648,233 | -43,623 | 16059,542 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,200 | 19    |
| SLER  | -360,381 | -24,494 | 12037,345 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,200 | 13    |

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

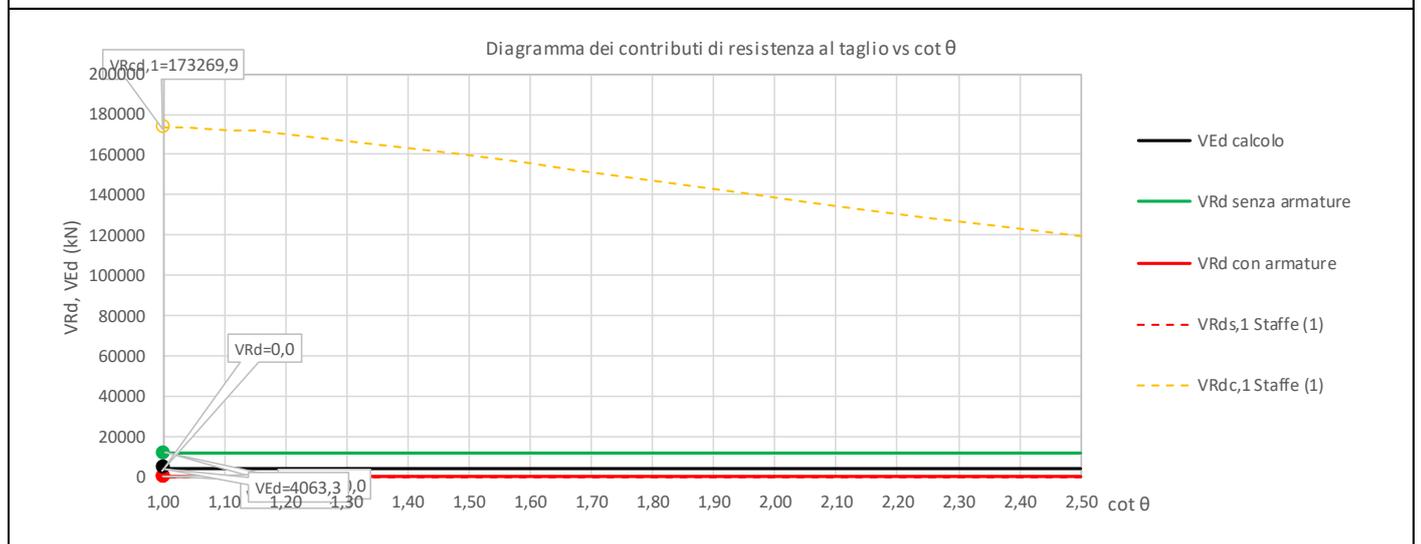
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 135    |

### 11.6.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato elevazione (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2. Si verifica che non viene necessaria una armatura trasversale per la sezione.

| NOME: SLV TRASV                                    | CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008) |                               |                                    |  |                                |                        |                   | Rev. 10.1                            |
|--|---|-------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| DATI SEZIONE                                       |   |                               | AZIONI CALCOLO                     |  |                                | CALCESTRUZZO           |                   |                                      |
| $b_w$<br>(m)                                       | $d$<br>(m)  | $\theta$ cotg $\theta$<br>(°) | $N_{Ed}$<br>(kN)                   | $V_{Ed}$<br>(kN)                           | $M_{Ed}$<br>(kNm)              | $f_{ck}$<br>(MPa)      | $f_{cd}$<br>(MPa) | $\gamma_c$                           |
| 3,00   | 13,41   | 45,00 1,00                    | -13227,9                           | 4063,3                                     | 17676,8                        | 33,20                  | 18,81             | 1,50                                 |
|  |   |                               | $1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$ |  |                                |                        |                   |                                      |
| VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)     |   |                               |                                    |  |                                |                        |                   |                                      |
|  | $f_{yd}$<br>(MPa)   | $n$                           | $\varnothing$<br>(mm)              | $A_{sl,\varnothing}$<br>(cm <sup>2</sup> ) | $A_{sl}$<br>(cm <sup>2</sup> ) |                        |                   |                                      |
| Barre B450C  | 391,3   | 14                            | 20                                 | 3,14                                       | 43,98                          |                        |                   |                                      |
| VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1) |   |                               |                                    |  |                                |                        |                   |                                      |
|  | $A_{sl}$<br>(cm <sup>2</sup> )                            | $k_1$                         | $k$                                | $\rho_l$ (%)                               | $v_{min}$<br>(MPa)             | $\sigma_{cp}$<br>(MPa) | $\alpha_c$        | $V_{Rd}$<br>(kN)                     |
|  | 43,98   | 0,15                          | 1,12                               | 0,01%                                      | 0,24                           | 0,33                   | 1,02              | 11628,0                              |
|  |   |                               |                                    |  |                                |                        |                   | $V_{Ed}/V_{Rd}$<br>34,9% VERIFICA OK |



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

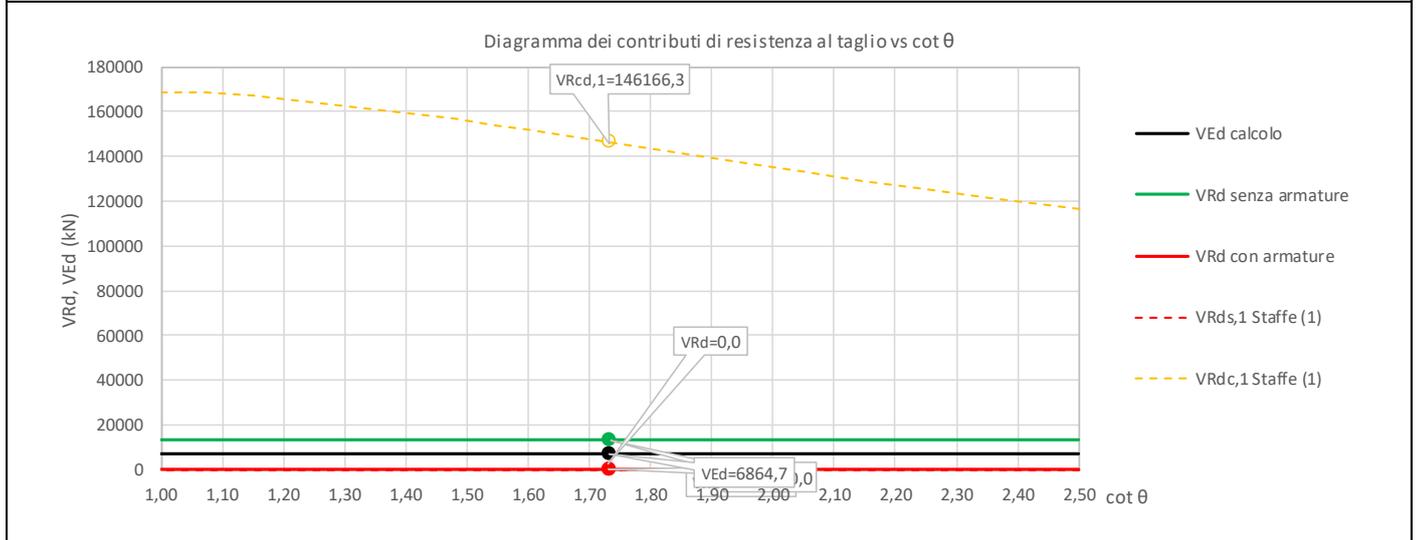
**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 136    |

| NOME: <b>SLV LONG</b>                              | CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008) |                               |                       |  |                                |                        |                   | Rev. 10.1                                   |
|--|---|-------------------------------|-----------------------|--|--------------------------------|------------------------|-------------------|---|
| DATI SEZIONE                                       |   |                               | AZIONI CALCOLO        |  |                                | CALCESTRUZZO           |                   |   |
| $b_w$<br>(m)                                       | $d$<br>(m)  | $\theta$ cotg $\theta$<br>(°) | $N_{Ed}$<br>(kN)      | $V_{Ed}$<br>(kN)                           | $M_{Ed}$<br>(kNm)              | $f_{ck}$<br>(MPa)      | $f_{cd}$<br>(MPa) | $\gamma_c$                                  |
| 13,50  | 2,91  | 30,00 1,73                    | -11805,8              | 6864,7                                     | 4709,2                         | 33,20                  | 18,81             | 1,50  |
| $1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$                 |   |                               |                       |  |                                |                        |                   |   |
| VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)     |   |                               |                       |  |                                |                        |                   |   |
|  | $f_{yd}$<br>(MPa)   | $n$                           | $\varnothing$<br>(mm) | $A_{sl,\varnothing}$<br>(cm <sup>2</sup> ) | $A_{sl}$<br>(cm <sup>2</sup> ) |                        |                   |   |
| Barre B450C  | 391,3   | 66                            | 26                    | 5,31                                       | 350,41                         |                        |                   |   |
| VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1) |   |                               |                       |  |                                |                        |                   |   |
|  | $A_{sl}$<br>(cm <sup>2</sup> )                            | $k_1$                         | $k$                   | $\rho_l$ (%)                               | $v_{min}$<br>(MPa)             | $\sigma_{cp}$<br>(MPa) | $\alpha_c$        | $V_{Rd}$<br>(kN)                            |
|  | 350,41  | 0,15                          | 1,26                  | 0,09%                                      | 0,29                           | 0,30                   | 1,02              | 12995,1                                     |
|  |   |                               |                       |  |                                |                        |                   | $V_{Ed}/V_{Rd}$<br>52,8% <b>VERIFICA OK</b> |



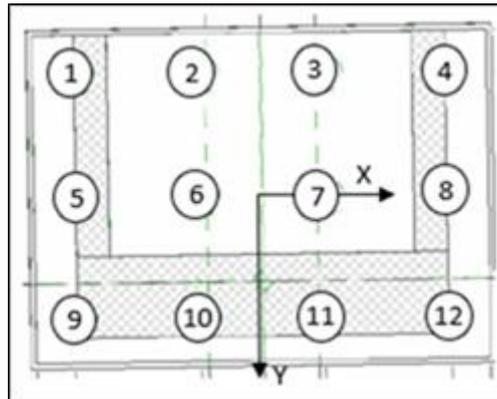
Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>137</b> |

### 11.7 VERIFICHE PLINTO FONDAZIONE

Nel presente paragrafo sono stati eseguite le verifiche strutturali del plinto di fondazione, considerando le reazioni in testa palo riportate nella specifica relazione di dimensionamento geotecnico delle palificate, di cui di seguito si riportano gli schemi generali e le azioni calcolate per i vari stati limite.



| Azioni     |       | Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           | Hmax, singolo palo | Mmax, singolo palo |
|------------|-------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Combo      |       | Palo n.1  | Palo n.2 | Palo n.3 | Palo n.4 | Palo n.5 | Palo n.6 | Palo n.7 | Palo n.8 | Palo n.9 | Palo n.10 | Palo n.11 | Palo n.12 | N [kN]             | [kNm]              |
|            |       | N [kN]  | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]    | N [kN]    | N [kN]    |                    |                    |
| Nvert Max  | SLU6  | 3118  | 3181     | 3245     | 3308     | 3308     | 5408     | 5471     | 5534     | 7571     | 7634      | 7698      | 7761      | 904                | 3616               |
| Nvert Min  | SLU24 | 2503  | 2450     | 2396     | 2342     | 3549     | 3495     | 3441     | 3387     | 4594     | 4540      | 4486      | 4432      | 616                | 2465               |
| Vtrasv Max | SLU3  | 3175  | 3260     | 3345     | 3430     | 5088     | 5173     | 5258     | 5344     | 7002     | 7087      | 7172      | 7257      | 904                | 3618               |
| Vtrasv Min | SLU24 | 2503  | 2450     | 2396     | 2342     | 3549     | 3495     | 3441     | 3387     | 4594     | 4540      | 4486      | 4432      | 616                | 2465               |
| Mtrasv Max | SLU6  | 3628  | 3574     | 3520     | 3466     | 4793     | 4739     | 4685     | 4631     | 5958     | 5904      | 5850      | 5796      | 887                | 3548               |
| Mtrasv Min | SLU24 | 1961  | 2110     | 2259     | 2408     | 3547     | 3696     | 3845     | 3994     | 5133     | 5282      | 5431      | 5580      | 662                | 2649               |
| Vlong Max  | SLU11 | 3175  | 3260     | 3345     | 3430     | 5088     | 5173     | 5258     | 5344     | 7002     | 7087      | 7172      | 7257      | 904                | 3618               |
| Vlong Min  | SLU20 | 2427  | 2427     | 2427     | 2427     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4560     | 4560      | 4560      | 4560      | 610                | 2438               |
| Mlong Max  | SLU2  | 3118  | 3181     | 3245     | 3308     | 5345     | 5408     | 5471     | 5534     | 7571     | 7634      | 7698      | 7761      | 904                | 3616               |
| Mlong Min  | SLU19 | 2503  | 2450     | 2396     | 2342     | 3549     | 3495     | 3441     | 3387     | 4594     | 4540      | 4486      | 4432      | 616                | 2465               |
| Mtorc Max  | SLU2  | 3628  | 3574     | 3520     | 3466     | 4793     | 4739     | 4685     | 4631     | 5958     | 5904      | 5850      | 5796      | 887                | 3548               |
| Mtorc Min  | SLU15 | 1977  | 2062     | 2147     | 2232     | 3844     | 3929     | 4014     | 4099     | 5711     | 5796      | 5881      | 5966      | 663                | 2652               |
| Nvert Max  | SLV5  | 2084  | 2371     | 2657     | 2943     | 3601     | 3888     | 4174     | 4460     | 5119     | 5405      | 5691      | 5978      | 890                | 3559               |
| Nvert Min  | SLV6  | 1292  | 1578     | 1865     | 2151     | 2527     | 2813     | 3099     | 3386     | 3761     | 4048      | 4334      | 4621      | 890                | 3559               |
| Vtrasv Max | SLV3  | 805   | 1759     | 2714     | 3668     | 2223     | 3177     | 4132     | 5087     | 3641     | 4596      | 5550      | 6505      | 1357               | 5430               |
| Vtrasv Min | SLV6  | 1292  | 1578     | 1865     | 2151     | 2527     | 2813     | 3099     | 3386     | 3761     | 4048      | 4334      | 4621      | 890                | 3559               |
| Mtrasv Max | SLV1  | 716   | 1002     | 1288     | 1575     | 3225     | 3512     | 3798     | 4084     | 5735     | 6021      | 6308      | 6594      | 1634               | 6536               |
| Mtrasv Min | SLV6  | 567   | 1521     | 2476     | 3431     | 1900     | 2855     | 3810     | 4764     | 3234     | 4189      | 5143      | 6098      | 1357               | 5430               |
| Vlong Max  | SLV1  | 716   | 1002     | 1288     | 1575     | 3225     | 3512     | 3798     | 4084     | 5735     | 6021      | 6308      | 6594      | 1634               | 6536               |
| Vlong Min  | SLV6  | 1292  | 1578     | 1865     | 2151     | 2527     | 2813     | 3099     | 3386     | 3761     | 4048      | 4334      | 4621      | 890                | 3559               |
| Mlong Max  | SLV1  | 716   | 1002     | 1288     | 1575     | 3225     | 3512     | 3798     | 4084     | 5735     | 6021      | 6308      | 6594      | 1634               | 6536               |
| Mlong Min  | SLV4  | 1292  | 1578     | 1865     | 2151     | 2527     | 2813     | 3099     | 3386     | 3761     | 4048      | 4334      | 4621      | 890                | 3559               |
| Mtorc Max  | SLV5  | 2084  | 2371     | 2657     | 2943     | 3601     | 3888     | 4174     | 4460     | 5119     | 5405      | 5691      | 5978      | 890                | 3559               |
| Mtorc Min  | SLV4  | 567   | 1521     | 2476     | 3431     | 1900     | 2855     | 3810     | 4764     | 3234     | 4189      | 5143      | 6098      | 1357               | 5430               |

|            |  |             |             |  |             |             |  |             |
|------------|--|-------------|-------------|--|-------------|-------------|--|-------------|
| <b>SLU</b> |  | <b>3574</b> | <b>3520</b> |  | <b>5408</b> | <b>5471</b> |  | <b>904</b>  |
| <b>SLV</b> |  | <b>2371</b> | <b>2714</b> |  | <b>3888</b> | <b>4174</b> |  | <b>1634</b> |

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>138</b> |

| Azioni     |      | Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           | Hmax, singolo palo | Mmax, singolo palo |
|------------|------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Combo      |      | Palo n.1  | Palo n.2 | Palo n.3 | Palo n.4 | Palo n.5 | Palo n.6 | Palo n.7 | Palo n.8 | Palo n.9 | Palo n.10 | Palo n.11 | Palo n.12 | N [kN]             | [kNm]              |
|            |      | N [kN]  | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]   | N [kN]    | N [kN]    | N [kN]    |                    |                    |
| Nvert Max  | RA1  | 2174  | 2227     | 2280     | 2333     | 3766     | 3819     | 3872     | 3925     | 5358     | 5411      | 5464      | 5517      | 608                | 2432               |
| Nvert Min  | RA12 | 2550  | 2514     | 2478     | 2442     | 3530     | 3494     | 3458     | 3422     | 4511     | 4475      | 4439      | 4403      | 570                | 2281               |
| Vtrasv Max | RA3  | 2173  | 2231     | 2290     | 2348     | 3741     | 3799     | 3857     | 3916     | 5308     | 5367      | 5425      | 5483      | 608                | 2432               |
| Vtrasv Min | RA12 | 2550  | 2514     | 2478     | 2442     | 3530     | 3494     | 3458     | 3422     | 4511     | 4475      | 4439      | 4403      | 570                | 2281               |
| Mtrasv Max | RA1  | 2550  | 2514     | 2478     | 2442     | 3530     | 3494     | 3458     | 3422     | 4511     | 4475      | 4439      | 4403      | 570                | 2281               |
| Mtrasv Min | RA12 | 2265  | 2368     | 2470     | 2573     | 3541     | 3643     | 3746     | 3848     | 4816     | 4919      | 5021      | 5124      | 566                | 2265               |
| Vlong Max  | RA11 | 2173  | 2231     | 2290     | 2348     | 3741     | 3799     | 3857     | 3916     | 5308     | 5367      | 5425      | 5483      | 608                | 2432               |
| Vlong Min  | RA8  | 2289  | 2342     | 2395     | 2448     | 3766     | 3819     | 3872     | 3925     | 5243     | 5296      | 5349      | 5402      | 562                | 2250               |
| Mlong Max  | RA12 | 2174  | 2227     | 2280     | 2333     | 3766     | 3819     | 3872     | 3925     | 5358     | 5411      | 5464      | 5517      | 608                | 2432               |
| Mlong Min  | RA6  | 2550  | 2514     | 2478     | 2442     | 3530     | 3494     | 3458     | 3422     | 4511     | 4475      | 4439      | 4403      | 570                | 2281               |
| Mtorc Max  | RA12 | 2550  | 2514     | 2478     | 2442     | 3530     | 3494     | 3458     | 3422     | 4511     | 4475      | 4439      | 4403      | 570                | 2281               |
| Mtorc Min  | RA3  | 2173  | 2231     | 2290     | 2348     | 3741     | 3799     | 3857     | 3916     | 5308     | 5367      | 5425      | 5483      | 608                | 2432               |
| Nvert Max  | QP1  | 2585  | 2585     | 2585     | 2585     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4402     | 4402      | 4402      | 4402      | 498                | 1992               |
| Nvert Min  | QP12 | 2659  | 2659     | 2659     | 2659     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4328     | 4328      | 4328      | 4328      | 469                | 1876               |
| Vtrasv Max | QP1  | 2585  | 2585     | 2585     | 2585     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4402     | 4402      | 4402      | 4402      | 498                | 1992               |
| Vtrasv Min | QP12 | 2659  | 2659     | 2659     | 2659     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4328     | 4328      | 4328      | 4328      | 469                | 1876               |
| Mtrasv Max | QP1  | 2585  | 2585     | 2585     | 2585     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4402     | 4402      | 4402      | 4402      | 498                | 1992               |
| Mtrasv Min | QP12 | 2659  | 2659     | 2659     | 2659     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4328     | 4328      | 4328      | 4328      | 469                | 1876               |
| Vlong Max  | QP1  | 2585  | 2585     | 2585     | 2585     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4402     | 4402      | 4402      | 4402      | 498                | 1992               |
| Vlong Min  | QP12 | 2659  | 2659     | 2659     | 2659     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4328     | 4328      | 4328      | 4328      | 469                | 1876               |
| Mlong Max  | QP1  | 2585  | 2585     | 2585     | 2585     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4402     | 4402      | 4402      | 4402      | 498                | 1992               |
| Mlong Min  | QP12 | 2659  | 2659     | 2659     | 2659     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4328     | 4328      | 4328      | 4328      | 469                | 1876               |
| Mtorc Max  | QP1  | 2585  | 2585     | 2585     | 2585     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4402     | 4402      | 4402      | 4402      | 498                | 1992               |
| Mtorc Min  | QP12 | 2659  | 2659     | 2659     | 2659     | 3494     | 3494     | 3494     | 3494     | 4328     | 4328      | 4328      | 4328      | 469                | 1876               |

|               |  |             |             |  |             |             |  |            |
|---------------|--|-------------|-------------|--|-------------|-------------|--|------------|
| <b>SLE RA</b> |  | <b>2514</b> | <b>2478</b> |  | <b>3819</b> | <b>3872</b> |  | <b>608</b> |
| <b>SLE QP</b> |  | <b>2659</b> | <b>2659</b> |  | <b>3494</b> | <b>3494</b> |  | <b>498</b> |

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 139    |

### 11.7.1 Verifiche a flessione (SLU, SLV, SLE)

Per valutare lo stato di sollecitazione del plinto di fondazione, si considera uno schema di trave a mensola incastrata con luce libera  $L$  che va dal filo esterno dell'elevazione spalla fino al bordo libero della fondazione, applicato alla coppia dei pali interni più sollecitati all'interno della fondazione, con larghezza di collaborazione  $B$  determinata dall'interasse tra i pali. La mensola è sollecitata da due azioni verticali  $N_{Ed1}$ ,  $N_{Ed2}$  e da una massima orizzontale  $H_{Ed}$  applicate ad una distanza  $x_1$ ,  $x_2$  dall'incastro, e stabilizzate dall'azione distribuita del peso proprio strutturale  $PP$  e del peso del terreno  $PT$  di rinterro del plinto (valutati a favore di sicurezza con coefficiente 1.35 e 1.50). In analogia all'analisi che si svolge per i pali interni, si considera uno schema di trave a mensola incastrata applicato al caso del palo più sollecitato d'angolo. La mensola è sollecitata da una azione verticale  $N_{Ed}$  e da una orizzontale  $H_{Ed}$  applicate ad una distanza  $x$  dall'incastro, e stabilizzate dall'azione distribuita del peso proprio strutturale  $PP$  e del peso del terreno  $PT$  di rinterro a valle del plinto (valutati a favore di sicurezza con coefficiente 1.35 e 1.50).

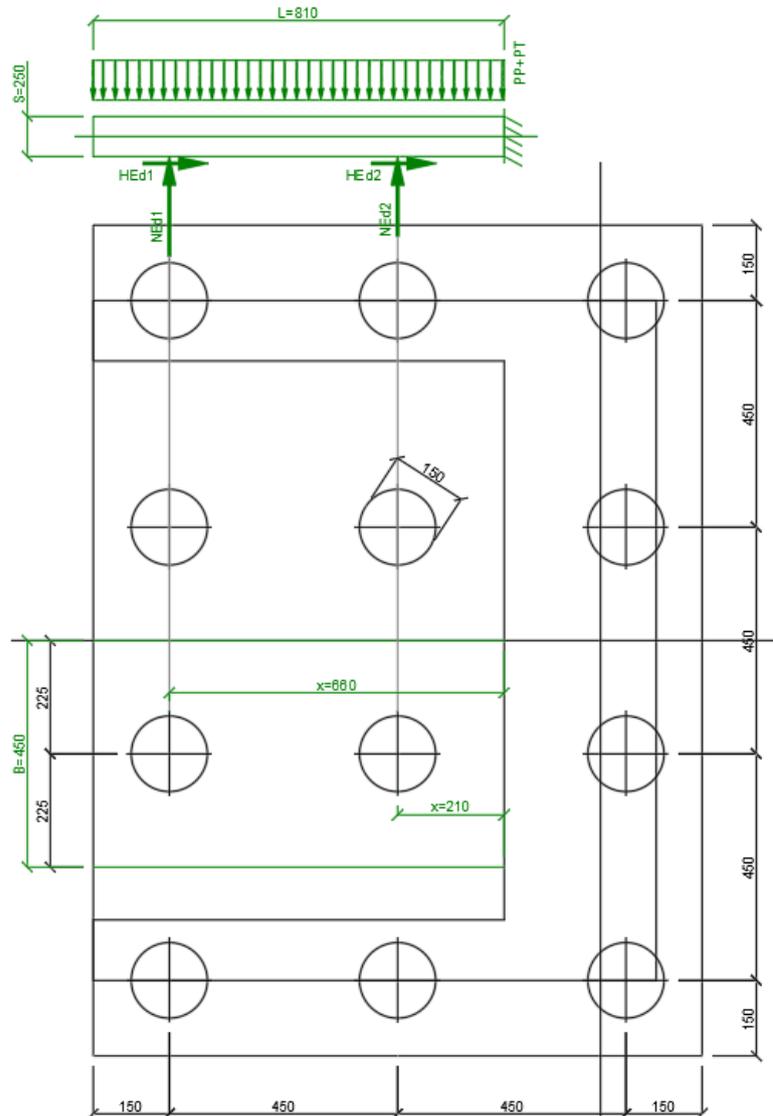
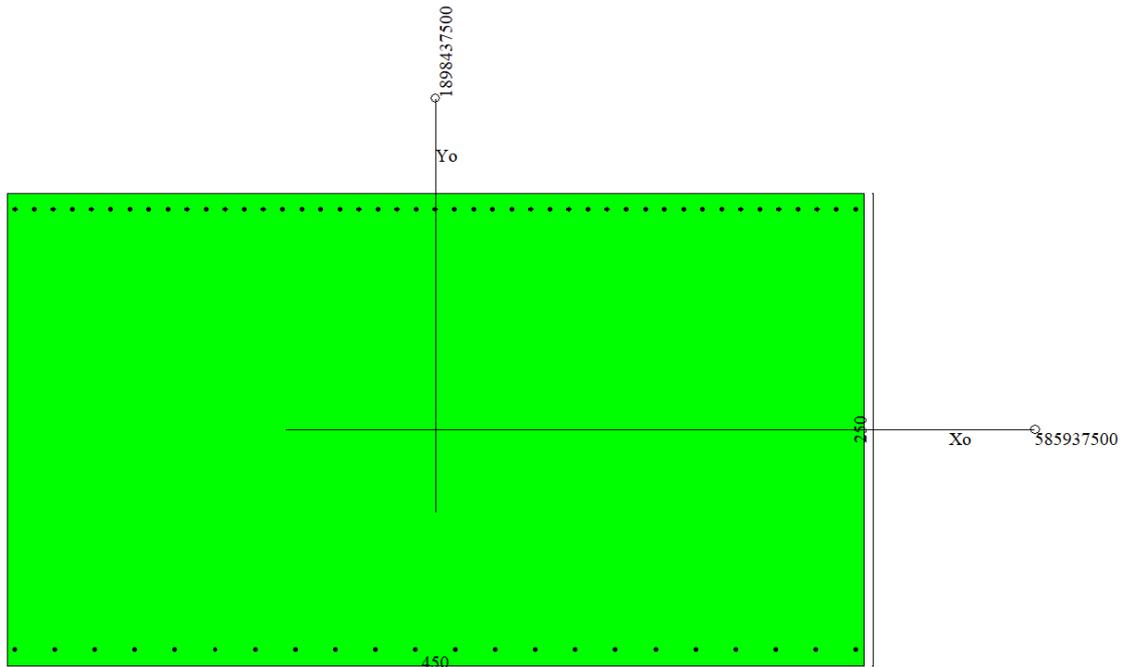


Figura 36 – Schema delle verifiche a flessione del plinto per i pali interni ed esterni più caricati

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 140    |

| NOME: <b>PALO 2-6, 3-7</b> |       | CALCOLO MOMENTI PLINTO                  |           |           |          |          |
|----------------------------|-------|---|-----------|-----------|----------|----------|
| HT (m)                     | B (m) | S (m)                                   | PP (kN/m) | PT (kN/m) | L (m)    |          |
| 7,82                       | 4,50  | 2,50                                    | 281,3     | 703,8     | 8,10     |          |
|                            | x (m) |   | SLU       | SLV       | SLE RA   | SLE QP   |
| Palo 2                     | 6,60  | N <sub>Ed1</sub> (kN)                   | 3573,918  | 2370,51   | 2513,655 | 2658,964 |
| Palo 6                     | 2,10  | N <sub>Ed2</sub> (kN)                   | 5407,837  | 3887,749  | 3819,081 | 3493,554 |
|                            |       | H <sub>Ed1</sub> =H <sub>Ed2</sub> (kN) | 904,4658  | 1634,043  | 608,1002 | 498,0779 |
|                            |       | M <sub>Ed</sub> (kNm)                   | -11013    | -6462     | -6944    | -6806    |
|                            | x (m) |   | SLU       | SLV       | SLE RA   | SLE QP   |
| Palo 3                     | 6,60  | N <sub>Ed1</sub> (kN)                   | 3519,969  | 2713,665  | 2477,689 | 2658,964 |
| Palo 7                     | 2,10  | N <sub>Ed2</sub> (kN)                   | 5471,087  | 4174,121  | 3872,145 | 3493,554 |
|                            |       | H <sub>Ed1</sub> =H <sub>Ed2</sub> (kN) | 904       | 1634      | 608      | 498      |
|                            |       | M <sub>Ed</sub> (kNm)                   | -11236    | -3596     | -7070    | -6806    |



## Dati

**Nome sezione:**

SPALLA S2

Tipo sezione

Rettangolare

Base

450,0 [cm]

Altezza

250,0 [cm]

|  |             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| <b>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br/>Relazione di calcolo Spalla S2</b> | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 141    |

**Caratteristiche geometriche**

|                             |                         |        |
|-----------------------------|-------------------------|--------|
| Area sezione                | 112500,00 [cmq]         |        |
| Inerzia in direzione X      | 1898437500,0            | [cm^4] |
| Inerzia in direzione Y      | 585937500,0             | [cm^4] |
| Inerzia in direzione XY     | 0,0                     | [cm^4] |
| Ascissa baricentro sezione  | X <sub>G</sub> = 225,00 | [cm]   |
| Ordinata baricentro sezione | Y <sub>G</sub> = 125,00 | [cm]   |

**Elenco ferri**

*Simbologia adottata*

Posizione riferita all'origine

|    |   |
|----|---|
| N° | numero d'ordine                           |
| X  | Ascissa posizione ferro espresso in [cm]  |
| Y  | Ordinata posizione ferro espresso in [cm] |
| d  | Diametro ferro espresso in [mm]           |
| ω  | Area del ferro espresso in [cmq]          |

| N° | X      | Y      | d  | ω    |
|----|--------|--------|----|------|
| 1  | 445,80 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 2  | 435,76 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 3  | 425,73 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 4  | 415,69 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 5  | 405,65 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 6  | 395,62 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 7  | 385,58 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 8  | 375,55 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 9  | 365,51 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 10 | 355,47 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 11 | 345,44 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 12 | 335,40 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 13 | 325,36 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 14 | 315,33 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 15 | 305,29 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 16 | 295,25 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 17 | 285,22 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 18 | 275,18 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 19 | 265,15 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 20 | 255,11 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 21 | 245,07 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 22 | 235,04 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 23 | 225,00 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 24 | 214,96 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 25 | 204,93 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 26 | 194,89 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 27 | 184,85 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 28 | 174,82 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 29 | 164,78 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 30 | 154,75 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 31 | 144,71 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 32 | 134,67 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 33 | 124,64 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 34 | 114,60 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 35 | 104,56 | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 36 | 94,53  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 37 | 84,49  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 38 | 74,45  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 39 | 64,42  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 40 | 54,38  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 41 | 44,35  | 241,60 | 24 | 4,52 |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 142    |

|    |        |        |    |      |
|----|--------|--------|----|------|
| 42 | 34,31  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 43 | 24,27  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 44 | 14,24  | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 45 | 4,20   | 241,60 | 24 | 4,52 |
| 46 | 4,20   | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 47 | 25,23  | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 48 | 46,26  | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 49 | 67,29  | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 50 | 88,31  | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 51 | 109,34 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 52 | 130,37 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 53 | 151,40 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 54 | 172,43 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 55 | 193,46 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 56 | 214,49 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 57 | 235,51 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 58 | 256,54 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 59 | 277,57 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 60 | 298,60 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 61 | 319,63 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 62 | 340,66 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 63 | 361,69 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 64 | 382,71 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 65 | 403,74 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 66 | 424,77 | 8,40   | 24 | 4,52 |
| 67 | 445,80 | 8,40   | 24 | 4,52 |

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

|   |        |       |
|---|--------|-------|
| Resistenza caratteristica calcestruzzo                      | 30,000 | [MPa] |
| Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo                | 15,00  |       |
| Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso         | 1,00   |       |
| Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO |        |       |

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

|                                 |            |       |
|---------------------------------|------------|-------|
| Tensione ammissibile acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Tensione snervamento acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Modulo elastico E               | 210000,000 | [MPa] |
| Fattore di incrudimento acciaio | 1,00       |       |

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

|                |  |
|----------------|--|
| N°             | numero d'ordine della combinazione   |
| N              | sforzo normale espresso in [kN]  |
| M <sub>y</sub> | momento lungo Y espresso in [kNm]  |
| M <sub>x</sub> | momento lungo X espresso in [kNm]  |
| M <sub>t</sub> | momento torcente espresso in [kNm]   |
| T <sub>y</sub> | taglio lungo Y espresso in [kN]  |
| T <sub>x</sub> | taglio lungo X espresso in [kN]  |
| VD             | verifica di dominio  |
| VT             | verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili) |

| N° | N      | M <sub>y</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>t</sub> | T <sub>y</sub> | T <sub>x</sub> | VD | VT   |
|----|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|------|
| 1  | 0,0000 | -11012,9900    | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO   |
| 2  | 0,0000 | -11236,2200    | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO   |
| 3  | 0,0000 | -6462,3700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO   |
| 4  | 0,0000 | -3596,1700     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | SI | NO   |
| 5  | 0,0000 | -6944,2400     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER |
| 6  | 0,0000 | -7070,1900     | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | NO | SLER |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>143</b> |

|   |        |            |        |        |        |        |    |       |
|---|--------|------------|--------|--------|--------|--------|----|-------|
| 7 | 0,0000 | -6806,3400 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | NO | SLEQP |
| 8 | 0,0000 | -6806,3400 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | NO | SLEQP |

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

|                     |   |
|---------------------|---|
| N°                  | numero d'ordine della combinazione  |
| Xc                  | posizione asse neutro espresso in [cm]  |
| $\alpha$            | inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]                      |
| (xi; yi) - (xf; yf) | Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm] |

| N° | Xc    | $\alpha$ | (xi; yi)        | (xf; yf)      |
|----|-------|----------|-----------------|---------------|
| 5  | 48,52 | 0,00     | (450,00; 48,52) | (0,00; 48,52) |
| 6  | 48,52 | 0,00     | (450,00; 48,52) | (0,00; 48,52) |
| 7  | 48,52 | 0,00     | (450,00; 48,52) | (0,00; 48,52) |
| 8  | 48,52 | 0,00     | (450,00; 48,52) | (0,00; 48,52) |

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

|                  |   |
|------------------|---|
| N°               | numero d'ordine della combinazione                      |
| $\sigma_{c-max}$ | Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]     |
| $\sigma_{c-min}$ | Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]      |
| $\sigma_{f-max}$ | Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]            |
| $\sigma_{f-min}$ | Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]             |
| $\tau_c$         | Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa] |

| N° | $\sigma_{c-max}$ | $\sigma_{c-min}$ | $\tau_c$ | $\sigma_{f-max}$ | $\sigma_{f-min}$ |
|----|------------------|------------------|----------|------------------|------------------|
| 5  | 2,526            | 0,000            | 0,000    | 31,333           | -150,791         |
| 6  | 2,572            | 0,000            | 0,000    | 31,901           | -153,526         |
| 7  | 2,476            | 0,000            | 0,000    | 30,711           | -147,797         |
| 8  | 2,476            | 0,000            | 0,000    | 30,711           | -147,797         |

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

|                 |  |
|-----------------|--|
| N°              | numero d'ordine della combinazione               |
| N <sub>u</sub>  | Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]          |
| M <sub>Xu</sub> | Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm] |
| M <sub>Yu</sub> | Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm] |
| FS              | Fattore di sicurezza                             |

#### Combinazione n° 1

| N <sub>u</sub> | M <sub>Xu</sub> | M <sub>Yu</sub>    | FS   |
|----------------|-----------------|--------------------|------|
| 0,0000         | 0,0000          | <u>-18588,6885</u> | 1,69 |

#### Combinazione n° 2

| N <sub>u</sub> | M <sub>Xu</sub> | M <sub>Yu</sub>    | FS   |
|----------------|-----------------|--------------------|------|
| 0,0000         | 0,0000          | <u>-18588,6886</u> | 1,65 |

#### Combinazione n° 3

| N <sub>u</sub> | M <sub>Xu</sub> | M <sub>Yu</sub>    | FS   |
|----------------|-----------------|--------------------|------|
| 0,0000         | 0,0000          | <u>-18588,6885</u> | 2,88 |

#### Combinazione n° 4

| N <sub>u</sub> | M <sub>Xu</sub> | M <sub>Yu</sub> | FS |
|----------------|-----------------|-----------------|----|
|----------------|-----------------|-----------------|----|

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>144</b> |

0,0000

0,0000

-18588,6885

5,17

**Risultati fessurazione****Simbologia adottata**

|                  |   |
|------------------|---|
| N°               | numero d'ordine della combinazione                              |
| M <sub>x</sub>   | Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm] |
| M <sub>y</sub>   | Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm] |
| σ <sub>f</sub>   | Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]                        |
| σ <sub>c</sub>   | Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]                    |
| A <sub>eff</sub> | Area efficace a trazione, espressa in [cmq]                     |
| ε                | Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]                |
| S <sub>rm</sub>  | Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]                 |
| w                | Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]                        |

| N° | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | σ <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | A <sub>eff</sub> | ε      | S <sub>rm</sub> | w      |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|--------|-----------------|--------|
| 5  | 0,0000         | -9481,1151     | -205,878       | -14,322        | 11880,00         | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 6  | 0,0000         | -9481,1151     | -205,878       | -14,322        | 11880,00         | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 7  | 0,0000         | -9481,1151     | -205,878       | -14,322        | 11880,00         | 0,0000 | 0               | 0,0000 |
| 8  | 0,0000         | -9481,1151     | -205,878       | -14,322        | 11880,00         | 0,0000 | 0               | 0,0000 |

**Inviluppo verifiche tensionali****Simbologia adottata**

|          |   |
|----------|---|
| TC       | Tipo combinazione   |
| scc      | tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]        |
| scl      | tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa] |
| sct      | tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]            |
| sctl     | tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]     |
| sfc, sft | tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa] |
| sf       | tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]           |
| Comb.    | Combinazione critica                                      |

**Sezione n° 2 - SPALLA S2**

| TC    | scc   | scl    | sct     | sctl  | sfc      | sft    | sfl     | Comb. |
|-------|-------|--------|---------|-------|----------|--------|---------|-------|
| SLEQP | 2,476 | 9,960  | -10,282 | 2,558 | -147,797 | 30,711 | 450,000 | 7     |
| SLER  | 2,572 | 13,695 | -10,680 | 2,558 | -153,526 | 31,901 | 337,500 | 6     |

**Inviluppo verifiche fessurazione****Simbologia adottata**

|                  |  |
|------------------|--|
| TC               | Tipo combinazione                                  |
| sf               | tensione nell'acciaio espresso in [MPa]            |
| sc               | tensione nel cls espresso in [MPa]                 |
| A <sub>eff</sub> | Area efficace a trazione espresso in [cmq]         |
| Eps              | Deformazione espressa in [‰]                       |
| sr               | spaziatura tra le fessure espressa in [mm]         |
| w, wl            | ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm] |
| Comb.            | Combinazione critica                               |

**Sezione n° 2 - SPALLA S2**

| TC    | sf       | sc      | A <sub>eff</sub> | Eps    | sr    | w     | wl    | Comb. |
|-------|----------|---------|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| SLEQP | -205,878 | -14,322 | 1165,049         | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,300 | 7     |
| SLER  | -205,878 | -14,322 | 1165,049         | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,300 | 5     |

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 145    |

### 11.7.2 Verifiche a taglio-punzonamento (SLU, SLV)

La verifica a taglio-punzonamento viene condotta, in accordo con i paragrafi descrittivi iniziali, rispetto al palo di bordo più caricato (quello interno è più carico ma il cono di rottura è più grande) con la massima reazione verticale di  $V_{Ed} = 5471.1$  kN, vedi schemi di calcolo seguenti.

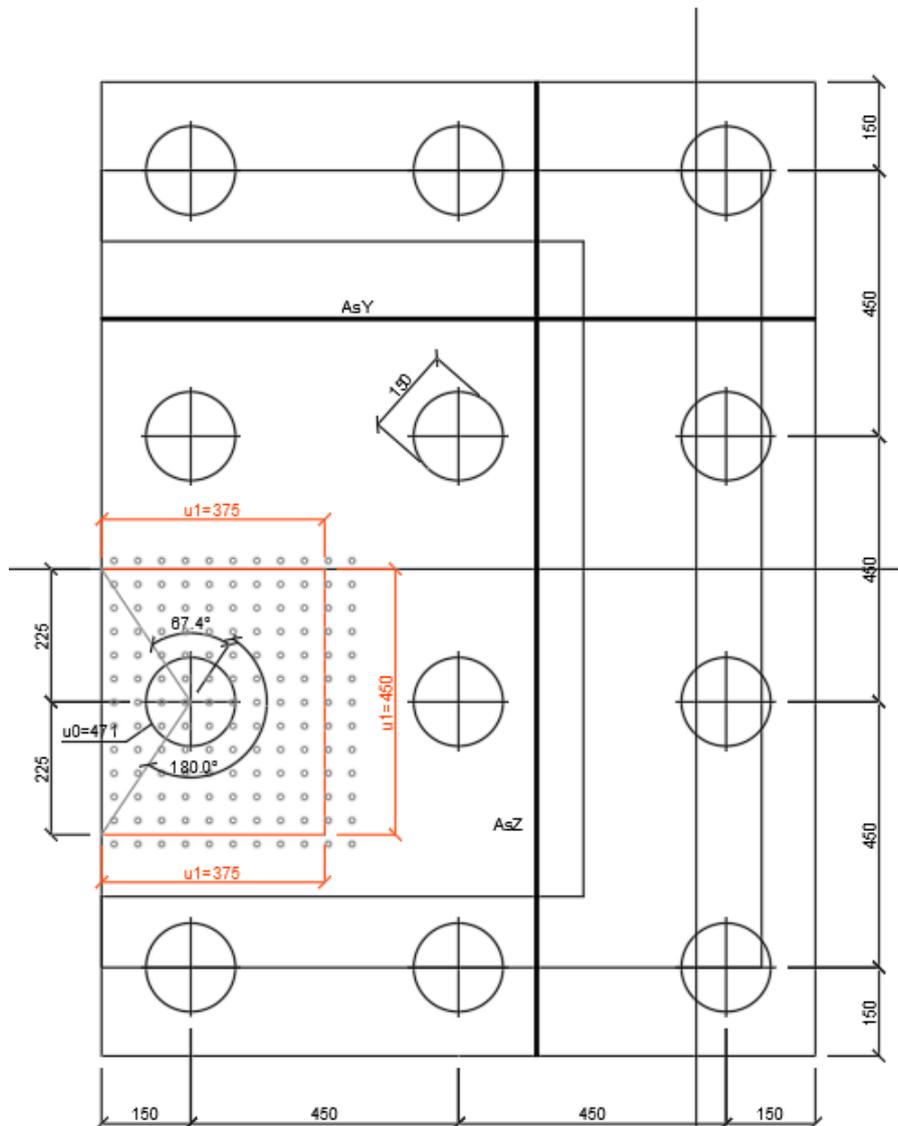


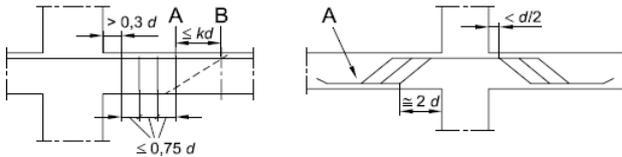
Figura 37 – Schema delle verifiche a taglio-punzonamento per il palo più caricato

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 146    |

| NOME: SPALLA SP2  |  | CALCOLO TAGLIO-PUNZONAMENTO - UNI ENV 1992-1-1: 2005 |                    |                |                 |                  |  |                 | Rev. 10                 |                                    |                                      |  |
|---|--|--|--------------------|----------------|-----------------|------------------|--|-----------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| DATI SEZIONE E ARMATURE   |  |  |                    |                |                 | AZIONE CALCOLO   |  | CALCESTRUZZO    |                         |                                    |                                      |  |
|   | d  | A <sub>c</sub>                                       | A <sub>s</sub>     | ρ <sub>l</sub> | N <sub>Ed</sub> | σ <sub>cp</sub>  | V <sub>Ed</sub>  | β               | f <sub>ck</sub>         | f <sub>cd</sub>                    | γ <sub>c</sub>                       |  |
|   | (m)  | (m <sup>2</sup> )                                    | (cm <sup>2</sup> ) | (%)            | (kN)            | (MPa)            | (kN)   |                 | (MPa)                   | (MPa)                              |                                      |  |
| direzione Y   | 2,41   | 2,41   | 53,07              | 0,22%          | 0,0             | 0,00             | 5471,1   | 1,40            | 24,90                   | 14,11                              | 1,50                                 |  |
| direzione Z   | 2,39   | 2,39   | 53,07              | 0,22%          | 0,0             | 0,00             |  |                 |                         |                                    |                                      |  |
| VERIFICA AREA CARICATA (§6.4.5)   |  |  |                    |                |                 |                  |  |                 |                         |                                    |                                      |  |
| Verifiche a taglio-punzonamento eseguite sul perimetro u <sub>1</sub> posto a 1,51d < 2d da bordo pilastro  |  |  |                    |                |                 | c                | u <sub>0</sub>   | v               | V <sub>Ed</sub>         | V <sub>Rd,max</sub>                | V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,max</sub> |  |
|   |  |  |                    |                |                 | (m)              | (m)  |                 | (MPa)                   | (MPa)                              |                                      |  |
|   |  |  |                    |                |                 | 1,50             | 4,71   | 0,54            | 0,68                    | 3,81                               | 17,8% VERIFICA OK                    |  |
| VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§6.4.4)  |  |  |                    |                |                 |                  |  |                 |                         |                                    |                                      |  |
| Angolo settore di verifica (°)  | a  | k <sub>1</sub>                                       | k                  | d              | ρ <sub>l</sub>  | V <sub>min</sub> | σ <sub>cp</sub>  | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd,c</sub>       | V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,c</sub> |                                      |  |
|   | (m)  |  |                    | (m)            | (%)             | (MPa)            | (MPa)  | (MPa)           | (MPa)                   |                                    |                                      |  |
| 157   | 3,62   | 0,10   | 1,29               | 2,40           | 0,22%           | 0,26             | 0,00   | 0,27            | 0,36                    | 73,5% VERIFICA OK                  |                                      |  |
| A   | Perimetro di verifica più esterno che richiede armatura a taglio             |  |                    |                |                 |                  | Perimetro A (u <sub>1</sub> con V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd,cs</sub> )     |                 | u <sub>1</sub> (m)      | r <sub>u1</sub> (m)                |                                      |  |
| B   | Primo perimetro di verifica entro il quale non è richiesta armatura a taglio |  |                    |                |                 |                  | da bordo pilastro a 1,51d  |                 | 12,00                   | 4,37                               |                                      |  |
|   |  |  |                    |                |                 |                  | Perimetro B (u <sub>out,ef</sub> con V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd,c</sub> ) |                 | u <sub>out,ef</sub> (m) | r <sub>min</sub> (m)               |                                      |  |
|   |  |  |                    |                |                 |                  | oltre 1,03d da bordo pilastro  |                 | 8,82                    | 3,21                               |                                      |  |
|   |  |  |                    |                |                 |                  |  |                 |                         |                                    |                                      |  |
| (*) Staffe / Plioli: n° totale barre su una fila di passo radiale s <sub>r</sub> , estesa a u <sub>1</sub><br>Ferri piegati: n° totale barre all'interno del campo radiale s <sub>r</sub> =1,5d esteso a u <sub>1</sub> |  |  |                    |                |                 |                  |  |                 |                         |                                    |                                      |  |

Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

|   |                                 |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |

## 11.8 VERIFICHE MURO PARAGHIAIA

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso elevazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.8.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 16/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 14/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 15 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

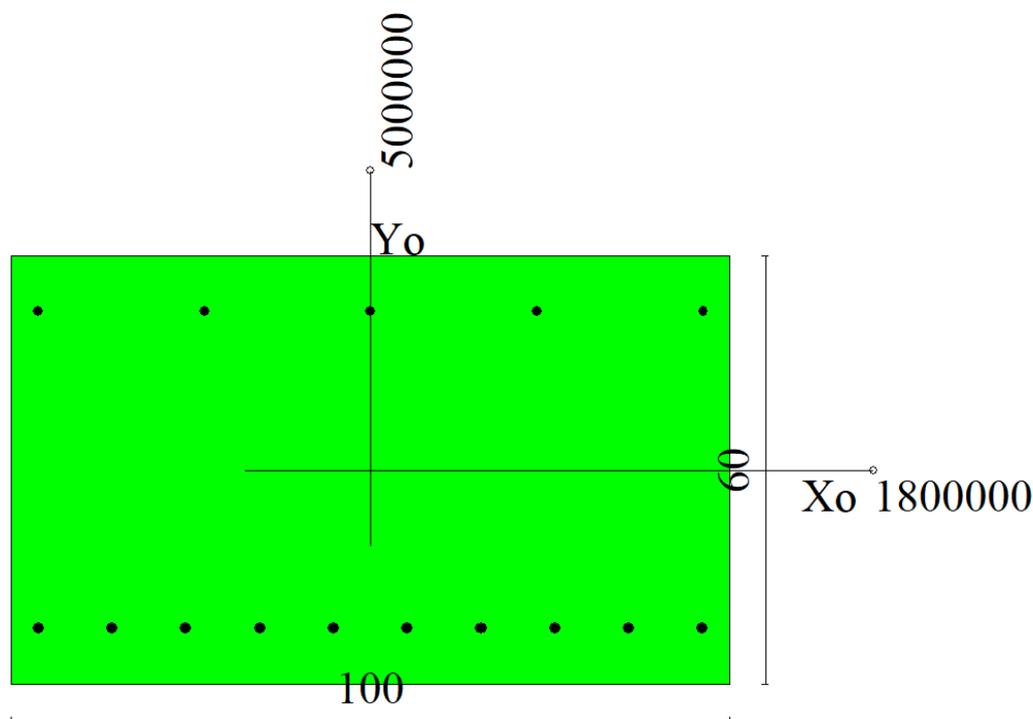


Figura 38 – Sezione trasversale muro paraghiaia e relativa armatura

## Dati

Nome sezione: SEZIONE MURO PARAGHIAIA

Tipo sezione: Rettangolare  
Base: 100,0 [cm]  
Altezza: 60,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 6000,00 [cmq]  
Inerzia in direzione X: 5000000,0 [cm<sup>4</sup>]  
Inerzia in direzione Y: 1800000,0 [cm<sup>4</sup>]  
Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 50,00$  [cm]  
Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 30,00$  [cm]

|   |  |   |  |   |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | COMMESSA  | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|   |  |   |  | LI0B  | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 148    |

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

|    |   |
|----|---|
| N° | numero d'ordine                           |
| X  | Ascissa posizione ferro espresso in [cm]  |
| Y  | Ordinata posizione ferro espresso in [cm] |
| d  | Diametro ferro espresso in [mm]           |
| ω  | Area del ferro espresso in [cmq]          |

| N° | X     | Y     | d  | ω    |
|----|-------|-------|----|------|
| 1  | 3,80  | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 2  | 14,07 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 3  | 24,33 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 4  | 34,60 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 5  | 44,87 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 6  | 55,13 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 7  | 65,40 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 8  | 75,67 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 9  | 85,93 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 10 | 96,20 | 7,80  | 16 | 2,01 |
| 11 | 96,30 | 52,30 | 14 | 1,54 |
| 12 | 73,15 | 52,30 | 14 | 1,54 |
| 13 | 50,00 | 52,30 | 14 | 1,54 |
| 14 | 26,85 | 52,30 | 14 | 1,54 |
| 15 | 3,70  | 52,30 | 14 | 1,54 |

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

|   |        |       |
|---|--------|-------|
| Resistenza caratteristica calcestruzzo                      | 40,000 | [MPa] |
| Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo                | 15,00  |       |
| Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso         | 1,00   |       |
| Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO |        |       |

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

|                                 |            |       |
|---------------------------------|------------|-------|
| Tensione ammissibile acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Tensione snervamento acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Modulo elastico E               | 210000,000 | [MPa] |
| Fattore di incrudimento acciaio | 1,00       |       |

## Combinazioni

### Simbologia adottata

|                |  |
|----------------|--|
| N°             | numero d'ordine della combinazione   |
| N              | sforzio normale espresso in [kN]   |
| M <sub>Y</sub> | momento lungo Y espresso in [kNm]  |
| M <sub>X</sub> | momento lungo X espresso in [kNm]  |
| M <sub>t</sub> | momento torcente espresso in [kNm]   |
| T <sub>Y</sub> | taglio lungo Y espresso in [kN]  |
| T <sub>X</sub> | taglio lungo X espresso in [kN]  |
| VD             | verifica di dominio  |
| VT             | verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili) |

| N° | N       | M <sub>Y</sub> | M <sub>X</sub> | M <sub>t</sub> | T <sub>Y</sub> | T <sub>X</sub> | VD | VT |
|----|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|----|
| 1  | 62,7800 | 234,6100       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 169,8300       | SI | NO |
| 2  | 46,5000 | 150,4400       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 97,0600        | SI | NO |
| 3  | 62,7800 | 234,6100       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 169,8300       | SI | NO |
| 4  | 46,5000 | 84,1700        | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 72,7700        | SI | NO |
| 5  | 53,0400 | 74,2000        | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 60,1800        | SI | NO |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 149    |

|    |         |          |        |        |        |          |    |       |
|----|---------|----------|--------|--------|--------|----------|----|-------|
| 6  | 39,9600 | 74,2000  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 60,1800  | SI | NO    |
| 7  | 48,4600 | 116,4000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 87,4100  | SI | NO    |
| 8  | 39,9600 | 74,2000  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 60,1800  | SI | NO    |
| 9  | 46,5000 | 159,8600 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 115,4500 | NO | SLER  |
| 10 | 46,5000 | 56,1100  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 48,5100  | NO | SLER  |
| 11 | 46,5000 | 159,8600 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 115,4500 | NO | SLER  |
| 12 | 46,5000 | 56,1100  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 48,5100  | NO | SLER  |
| 13 | 46,5000 | 56,1100  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 48,5100  | NO | SLEQP |
| 14 | 46,5000 | 0,0000   | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000   | NO | SLEQP |
| 15 | 46,5000 | 56,1100  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 48,5100  | NO | SLEQP |
| 16 | 46,5000 | 0,0000   | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000   | NO | SLEQP |

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

|                     |   |
|---------------------|---|
| N°                  | numero d'ordine della combinazione  |
| Xc                  | posizione asse neutro espresso in [cm]  |
| $\alpha$            | inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]                      |
| (xi; yi) - (xf; yf) | Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm] |

| N° | Xc     | $\alpha$ | (xi; yi)        | (xf; yf)          |
|----|--------|----------|-----------------|-------------------|
| 9  | 15,39  | 0,00     | (0,00; 44,61)   | (100,00; 44,61)   |
| 10 | 17,09  | 0,00     | (0,00; 42,91)   | (100,00; 42,91)   |
| 11 | 15,39  | 0,00     | (0,00; 44,61)   | (100,00; 44,61)   |
| 12 | 17,09  | 0,00     | (0,00; 42,91)   | (100,00; 42,91)   |
| 13 | 17,09  | 0,00     | (0,00; 42,91)   | (100,00; 42,91)   |
| 14 | 516,82 | 0,00     | (0,00; -456,82) | (100,00; -456,82) |
| 15 | 17,09  | 0,00     | (0,00; 42,91)   | (100,00; 42,91)   |
| 16 | 516,82 | 0,00     | (0,00; -456,82) | (100,00; -456,82) |

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

|                  |   |
|------------------|---|
| N°               | numero d'ordine della combinazione                      |
| $\sigma_{c-max}$ | Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]     |
| $\sigma_{c-min}$ | Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]      |
| $\sigma_{f-max}$ | Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]            |
| $\sigma_{f-min}$ | Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]             |
| $\tau_c$         | Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa] |

| N° | $\sigma_{c-max}$ | $\sigma_{c-min}$ | $\tau_c$ | $\sigma_{f-max}$ | $\sigma_{f-min}$ |
|----|------------------|------------------|----------|------------------|------------------|
| 9  | 4,387            | 0,000            | 0,000    | 32,886           | -157,383         |
| 10 | 1,561            | 0,000            | 0,000    | 12,865           | -48,134          |
| 11 | 4,387            | 0,000            | 0,000    | 32,886           | -157,383         |
| 12 | 1,561            | 0,000            | 0,000    | 12,865           | -48,134          |
| 13 | 1,561            | 0,000            | 0,000    | 12,865           | -48,134          |
| 14 | 0,077            | 0,000            | 0,000    | 1,138            | 1,039            |
| 15 | 1,561            | 0,000            | 0,000    | 12,865           | -48,134          |
| 16 | 0,077            | 0,000            | 0,000    | 1,138            | 1,039            |

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

|                 |  |
|-----------------|--|
| N°              | numero d'ordine della combinazione               |
| N <sub>u</sub>  | Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]          |
| M <sub>Xu</sub> | Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm] |
| M <sub>Yu</sub> | Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm] |
| FS              | Fattore di sicurezza                             |

#### Combinazione n° 1

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 150    |

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 112,0500          | 0,0000   | 418,7329        | 1,78   |
| <u>10846,4332</u> | 0,0000   | 234,6100        | 172,77 |
| 62,7800           | 0,0000   | <u>406,4890</u> | 1,73   |

Combinazione n° 2

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 130,8666          | 0,0000   | 423,3886        | 2,81   |
| <u>11240,3692</u> | 0,0000   | 150,4400        | 241,73 |
| 46,5000           | 0,0000   | <u>402,4266</u> | 2,67   |

Combinazione n° 3

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 112,0500          | 0,0000   | 418,7329        | 1,78   |
| <u>10846,4332</u> | 0,0000   | 234,6100        | 172,77 |
| 62,7800           | 0,0000   | <u>406,4890</u> | 1,73   |

Combinazione n° 4

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 250,0419          | 0,0000   | 452,6027        | 5,38   |
| <u>11543,9062</u> | 0,0000   | 84,1700         | 248,26 |
| 46,5000           | 0,0000   | <u>402,4266</u> | 4,78   |

Combinazione n° 5

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 338,8642          | 0,0000   | 474,0521        | 6,39   |
| <u>11588,9996</u> | 0,0000   | 74,2000         | 218,50 |
| 53,0400           | 0,0000   | <u>404,0595</u> | 5,45   |

Combinazione n° 6

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 242,7978          | 0,0000   | 450,8408        | 6,08   |
| <u>11588,9965</u> | 0,0000   | 74,2000         | 290,01 |
| 39,9600           | 0,0000   | <u>400,7924</u> | 5,40   |

Combinazione n° 7

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 181,4534          | 0,0000   | 435,8477        | 3,74   |
| <u>11397,0824</u> | 0,0000   | 116,4000        | 235,19 |
| 48,4600           | 0,0000   | <u>402,9161</u> | 3,46   |

Combinazione n° 8

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 242,7978          | 0,0000   | 450,8408        | 6,08   |
| <u>11588,9965</u> | 0,0000   | 74,2000         | 290,01 |
| 39,9600           | 0,0000   | <u>400,7924</u> | 5,40   |

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione  
 $M_x$  Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_y$  Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>151</b> |

$\sigma_f$  Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]  
 $\sigma_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cmq]  
 $\epsilon$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]  
 $S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
 $w$  Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

| N° | $M_x$  | $M_y$    | $\sigma_f$ | $\sigma_c$ | $A_{eff}$ | $\epsilon$ | $S_{rm}$ | $w$    |
|----|--------|----------|------------|------------|-----------|------------|----------|--------|
| 9  | 0,0000 | 154,0838 | -151,294   | -12,226    | 1980,00   | 0,0403     | 220      | 0,1509 |
| 10 | 0,0000 | 154,0833 | -151,294   | -12,226    | 1980,00   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |
| 11 | 0,0000 | 154,0838 | -151,294   | -12,226    | 1980,00   | 0,0403     | 220      | 0,1509 |
| 12 | 0,0000 | 154,0833 | -151,294   | -12,226    | 1980,00   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |
| 13 | 0,0000 | 154,0833 | -151,294   | -12,226    | 1980,00   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |
| 14 | 0,0000 | 0,0000   | 1,039      | 0,068      | 0,00      | 0,0000     | 0        | 0,0000 |
| 15 | 0,0000 | 154,0833 | -151,294   | -12,226    | 1980,00   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |
| 16 | 0,0000 | 0,0000   | 1,039      | 0,068      | 0,00      | 0,0000     | 0        | 0,0000 |

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione  
scc tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]  
scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]  
sct tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]  
sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]  
sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]  
sf tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]  
Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA**

| TC    | scc   | scl    | sct     | sctl  | sfc      | sft    | sfl     | Comb. |
|-------|-------|--------|---------|-------|----------|--------|---------|-------|
| SLEQP | 1,561 | 14,940 | -3,922  | 3,099 | -48,134  | 12,865 | 450,000 | 13    |
| SLER  | 4,387 | 18,260 | -12,716 | 3,099 | -157,383 | 32,886 | 337,500 | 9     |

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione  
sf tensione nell'acciaio espresso in [MPa]  
sc tensione nel cls espresso in [MPa]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione espresso in [cmq]  
Eps Deformazione espressa in [%]  
sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]  
Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA**

| TC    | sf       | sc      | $A_{eff}$ | Eps    | sr      | w     | wl    | Comb. |
|-------|----------|---------|-----------|--------|---------|-------|-------|-------|
| SLEQP | -151,294 | -12,226 | 194,175   | 0,0000 | 0,000   | 0,000 | 0,200 | 13    |
| SLER  | -151,294 | -12,226 | 194,175   | 0,0403 | 220,115 | 0,151 | 0,200 | 9     |

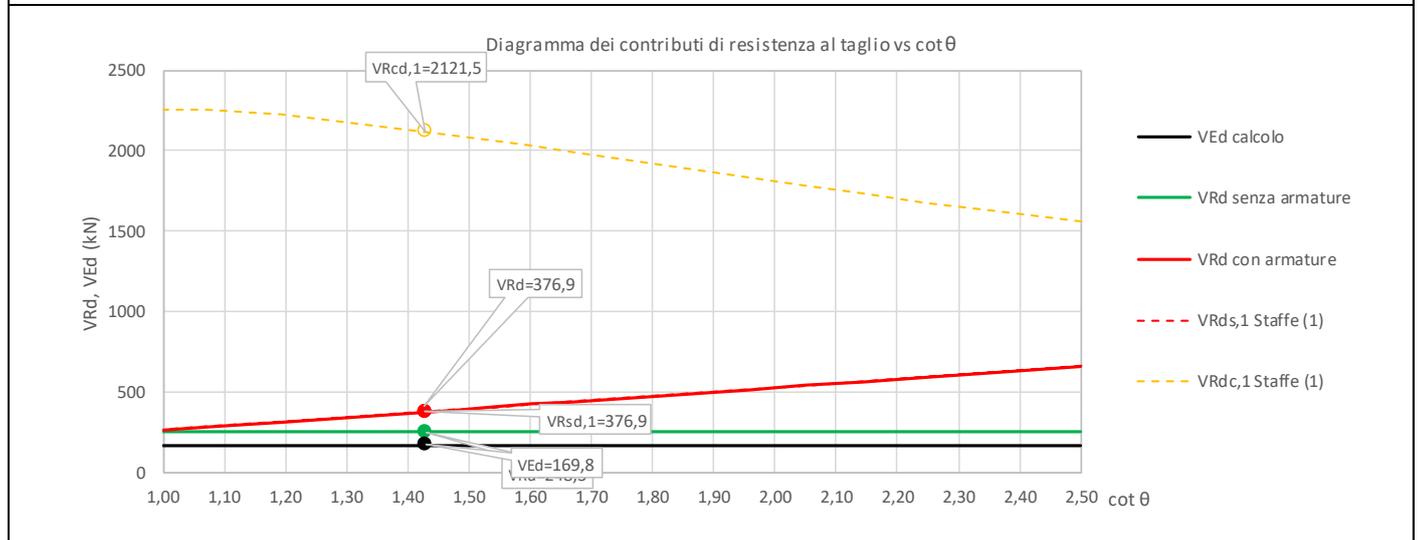
|  |                                 |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|--|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |

### 11.8.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro paraghiaia (estradosso elevazione) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

| NOME: MURO PARAGHIAIA                              |                    |          |                | CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008) |                    |               |              |          |                 |             | Rev. 10.1 |  |
|--|--------------------|----------|----------------|---|--------------------|---------------|--------------|----------|-----------------|-------------|-----------|--|
| DATI SEZIONE                                       |                    |          |                | AZIONI CALCOLO  |                    |               | CALCESTRUZZO |          |                 |             |           |  |
| $b_w$  | $d$                | $\theta$ | $\cotg \theta$ | $N_{Ed}$  | $V_{Ed}$           | $M_{Ed}$      | $f_{ck}$     | $f_{cd}$ | $\gamma_c$      |             |           |  |
| (m)  | (m)                | (°)      |                | (kN)  | (kN)               | (kNm)         | (MPa)        | (MPa)    |                 |             |           |  |
| 1,00   | 0,53               | 35,00    | 1,43           | -62,8   | 169,8              | 234,6         | 33,20        | 18,81    | 1,50            |             |           |  |
|  |                    |          |                | $1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$                        |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
| VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)     |                    |          |                |   |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | $f_{yd}$           | $n$      | $\emptyset$    | $A_{sl,\emptyset}$  | $A_{sl}$           |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | (MPa)              |          | (mm)           | (cm <sup>2</sup> )  | (cm <sup>2</sup> ) |               |              |          |                 |             |           |  |
| Barre B450C  | 391,3              | 10       | 16             | 2,01  | 20,11              |               |              |          |                 |             |           |  |
| VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1) |                    |          |                |   |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | $A_{sl}$           | $k_1$    | $k$            | $\rho_l$ (%)  | $v_{min}$          | $\sigma_{cp}$ | $\alpha_c$   | $V_{Rd}$ | $V_{Ed}/V_{Rd}$ |             |           |  |
|  | (cm <sup>2</sup> ) |          |                | (%)   | (MPa)              | (MPa)         |              | (kN)     |                 |             |           |  |
|  | 20,11              | 0,15     | 1,61           | 0,38%   | 0,41               | 0,12          | 1,01         | 248,3    | 68,4%           | VERIFICA OK |           |  |



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

|  |  |                                 |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>                   |  |                                 |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 153    |

## 11.9 VERIFICHE MURO D'ALA

### 11.9.1 Verifica sezione superiore muro d'ala

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni alla quota del ringrosso della sezione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 11.9.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 20/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 16/10$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 20 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

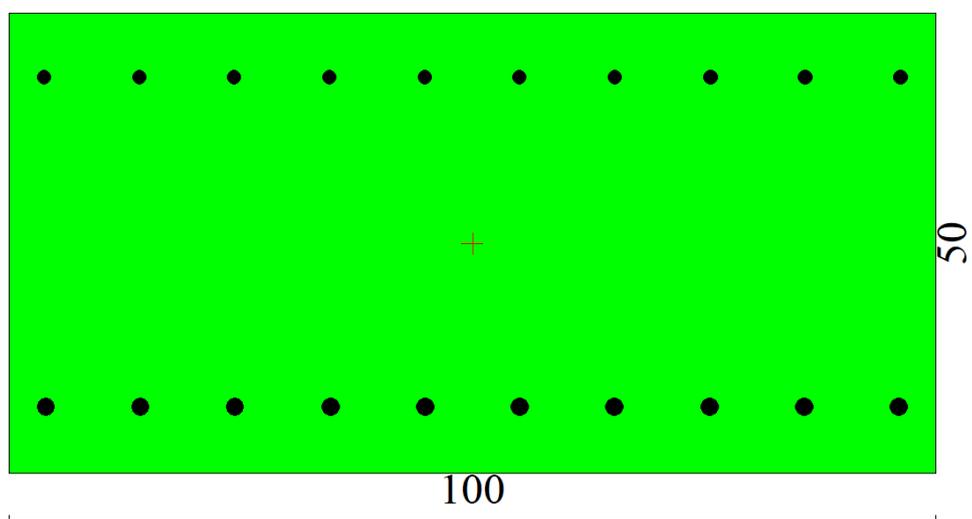


Figura 39 – Sezione trasversale muro d'ala e relativa armatura

## Dati

**Nome sezione:** SEZIONE SUP MURO D'ALA SP2

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 100,0 [cm]  
 Altezza: 50,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 5000,00 [cmq]  
 Inerzia in direzione X: 4166666,7 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione Y: 1041666,7 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 50,00$  [cm]  
 Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 25,00$  [cm]

### Elenco ferri

|   |  |   |  |   |       |      |      |          |                    |    |    |       |     |        |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | COMMESSA  | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|   |  |   |  | LI0B  | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 154    |

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

|    |   |
|----|---|
| N° | numero d'ordine                               |
| X  | Ascissa posizione ferro espresso in [cm]      |
| Y  | Ordinata posizione ferro espresso in [cm]     |
| d  | Diametro ferro espresso in [mm]               |
| ω  | Area del ferro espresso in [cm <sup>2</sup> ] |

| N° | X     | Y     | d  | ω    |
|----|-------|-------|----|------|
| 1  | 4,00  | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 2  | 14,22 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 3  | 24,44 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 4  | 34,67 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 5  | 44,89 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 6  | 55,11 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 7  | 65,33 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 8  | 75,56 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 9  | 85,78 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 10 | 96,00 | 7,20  | 20 | 3,14 |
| 11 | 96,20 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 12 | 85,93 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 13 | 75,67 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 14 | 65,40 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 15 | 55,13 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 16 | 44,87 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 17 | 34,60 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 18 | 24,33 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 19 | 14,07 | 43,00 | 16 | 2,01 |
| 20 | 3,80  | 43,00 | 16 | 2,01 |

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

|   |        |       |
|---|--------|-------|
| Resistenza caratteristica calcestruzzo                      | 40,000 | [MPa] |
| Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo                | 15,00  |       |
| Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso         | 1,00   |       |
| Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO |        |       |

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

|                                 |            |       |
|---------------------------------|------------|-------|
| Tensione ammissibile acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Tensione snervamento acciaio    | 450,000    | [MPa] |
| Modulo elastico E               | 205942,924 | [MPa] |
| Fattore di incrudimento acciaio | 1,00       |       |

### Combinazioni

#### Simbologia adottata

|                |  |
|----------------|--|
| N°             | numero d'ordine della combinazione   |
| N              | sforzio normale espresso in [kN]   |
| M <sub>y</sub> | momento lungo Y espresso in [kNm]  |
| M <sub>x</sub> | momento lungo X espresso in [kNm]  |
| M <sub>t</sub> | momento torcente espresso in [kNm]   |
| T <sub>y</sub> | taglio lungo Y espresso in [kN]  |
| T <sub>x</sub> | taglio lungo X espresso in [kN]  |
| VD             | verifica di dominio  |
| VT             | verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili) |

| N° | N        | M <sub>y</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>t</sub> | T <sub>y</sub> | T <sub>x</sub> | VD | VT |
|----|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|----|
| 1  | 100,1100 | 111,6800       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 116,0200       | SI | NO |
| 2  | 100,1100 | 163,8000       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 124,9800       | SI | NO |
| 3  | 100,1100 | 111,6800       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 116,0200       | SI | NO |

**LINEA PESCARA – BARI**

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

|  |             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| <b>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br/>Relazione di calcolo Spalla S2</b> | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 155    |

|    |          |          |        |        |        |          |    |       |
|----|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----|-------|
| 4  | 100,1100 | 215,9200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 133,9300 | SI | NO    |
| 5  | 79,2400  | 14,3400  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 36,6600  | SI | NO    |
| 6  | 64,6200  | 71,8400  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 46,6100  | SI | NO    |
| 7  | 69,7400  | 29,9300  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 6,0400   | SI | NO    |
| 8  | 74,1200  | 153,8300 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 103,4900 | SI | NO    |
| 9  | 71,9300  | 43,2700  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 68,4400  | NO | SLER  |
| 10 | 71,9300  | 159,0800 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 88,3400  | NO | SLER  |
| 11 | 71,9300  | 43,2700  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 68,4400  | NO | SLER  |
| 12 | 71,9300  | 159,0800 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 88,3400  | NO | SLER  |
| 13 | 71,9300  | 33,0000  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 49,7900  | NO | SLEQP |
| 14 | 71,9300  | 90,9000  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 59,7400  | NO | SLEQP |
| 15 | 71,9300  | 33,0000  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 49,7900  | NO | SLEQP |
| 16 | 71,9300  | 90,9000  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 59,7400  | NO | SLEQP |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>156</b> |

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

|                     |   |
|---------------------|---|
| N°                  | numero d'ordine della combinazione  |
| Xc                  | posizione asse neutro espresso in [cm]  |
| $\alpha$            | inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]                      |
| (xi; yi) - (xf; yf) | Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm] |

| N° | Xc    | $\alpha$ | (xi; yi)      | (xf; yf)        |
|----|-------|----------|---------------|-----------------|
| 9  | 18,80 | 0,00     | (0,00; 31,20) | (100,00; 31,20) |
| 10 | 15,77 | 0,00     | (0,00; 34,23) | (100,00; 34,23) |
| 11 | 18,80 | 0,00     | (0,00; 31,20) | (100,00; 31,20) |
| 12 | 15,77 | 0,00     | (0,00; 34,23) | (100,00; 34,23) |
| 13 | 20,24 | 0,00     | (0,00; 29,76) | (100,00; 29,76) |
| 14 | 16,58 | 0,00     | (0,00; 33,42) | (100,00; 33,42) |
| 15 | 20,24 | 0,00     | (0,00; 29,76) | (100,00; 29,76) |
| 16 | 16,58 | 0,00     | (0,00; 33,42) | (100,00; 33,42) |

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

|                  |   |
|------------------|---|
| N°               | numero d'ordine della combinazione                      |
| $\sigma_{c-max}$ | Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]     |
| $\sigma_{c-min}$ | Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]      |
| $\sigma_{f-max}$ | Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]            |
| $\sigma_{f-min}$ | Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]             |
| $\tau_c$         | Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa] |

| N° | $\sigma_{c-max}$ | $\sigma_{c-min}$ | $\tau_c$ | $\sigma_{f-max}$ | $\sigma_{f-min}$ |
|----|------------------|------------------|----------|------------------|------------------|
| 9  | 1,364            | 0,000            | 0,000    | 12,840           | -26,124          |
| 10 | 4,826            | 0,000            | 0,000    | 40,267           | -124,036         |
| 11 | 1,364            | 0,000            | 0,000    | 12,840           | -26,124          |
| 12 | 4,826            | 0,000            | 0,000    | 40,267           | -124,036         |
| 13 | 1,052            | 0,000            | 0,000    | 10,320           | -17,589          |
| 14 | 2,793            | 0,000            | 0,000    | 24,202           | -66,275          |
| 15 | 1,052            | 0,000            | 0,000    | 10,320           | -17,589          |
| 16 | 2,793            | 0,000            | 0,000    | 24,202           | -66,275          |

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

|                 |  |
|-----------------|--|
| N°              | numero d'ordine della combinazione               |
| N <sub>u</sub>  | Storzo normale ultimo, espresso in [kN]          |
| M <sub>Xu</sub> | Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm] |
| M <sub>Yu</sub> | Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm] |
| FS              | Fattore di sicurezza                             |

#### Combinazione n° 1

| N <sub>u</sub>    | M <sub>Xu</sub> | M <sub>Yu</sub> | FS     |
|-------------------|-----------------|-----------------|--------|
| 516,9802          | 0,0000          | 576,7291        | 5,16   |
| <u>10408,7227</u> | 0,0000          | 111,6800        | 103,97 |
| 100,1100          | 0,0000          | <u>501,0543</u> | 4,49   |

#### Combinazione n° 2

| N <sub>u</sub>    | M <sub>Xu</sub> | M <sub>Yu</sub> | FS     |
|-------------------|-----------------|-----------------|--------|
| <u>332,2423</u>   | 0,0000          | <u>543,6148</u> | 3,32   |
| <u>10117,3960</u> | 0,0000          | 163,8000        | 101,06 |

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 157    |

100,1100                      0,0000                      501,0542                      3,06

Combinazione n° 3

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 516,9802          | 0,0000   | <u>576,7291</u> | 5,16   |
| <u>10408,7227</u> | 0,0000   | 111,6800        | 103,97 |
| 100,1100          | 0,0000   | <u>501,0543</u> | 4,49   |

Combinazione n° 4

| $N_u$            | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS    |
|------------------|----------|-----------------|-------|
| <u>244,6571</u>  | 0,0000   | <u>527,6832</u> | 2,44  |
| <u>9821,7390</u> | 0,0000   | 215,9200        | 98,11 |
| 100,1100         | 0,0000   | <u>501,0543</u> | 2,32  |

Combinazione n° 5

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| <u>4746,2529</u>  | 0,0000   | <u>858,9256</u> | 59,90  |
| <u>10939,8492</u> | 0,0000   | 14,3400         | 138,06 |
| 79,2400           | 0,0000   | <u>497,1744</u> | 34,67  |

Combinazione n° 6

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| 519,1067          | 0,0000   | <u>577,1065</u> | 8,03   |
| <u>10628,2287</u> | 0,0000   | 71,8400         | 164,47 |
| 64,6200           | 0,0000   | <u>494,4510</u> | 6,88   |

Combinazione n° 7

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| <u>1834,8564</u>  | 0,0000   | <u>787,4570</u> | 26,31  |
| <u>10855,9636</u> | 0,0000   | 29,9300         | 155,66 |
| 69,7400           | 0,0000   | <u>495,4053</u> | 16,55  |

Combinazione n° 8

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$        | FS     |
|-------------------|----------|-----------------|--------|
| <u>255,1801</u>   | 0,0000   | <u>529,6053</u> | 3,44   |
| <u>10173,4665</u> | 0,0000   | 153,8300        | 137,26 |
| 74,1200           | 0,0000   | <u>496,2212</u> | 3,23   |

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

|             |   |
|-------------|---|
| $N^{\circ}$ | numero d'ordine della combinazione                              |
| $M_x$       | Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm] |
| $M_y$       | Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm] |
| $\sigma_f$  | Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]                        |
| $\sigma_c$  | Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]                    |
| $A_{eff}$   | Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]        |
| $\epsilon$  | Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]                |
| $S_{fm}$    | Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]                 |
| w           | Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]                        |

| $N^{\circ}$ | $M_x$  | $M_y$    | $\sigma_f$ | $\sigma_c$ | $A_{eff}$ | $\epsilon$ | $S_{fm}$ | w      |
|-------------|--------|----------|------------|------------|-----------|------------|----------|--------|
| 9           | 0,0000 | 121,2912 | -92,009    | -7,788     | 1694,84   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |
| 10          | 0,0000 | 121,2907 | -92,008    | -7,788     | 1694,84   | 0,0437     | 182      | 0,1348 |
| 11          | 0,0000 | 121,2912 | -92,009    | -7,788     | 1694,84   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |

|  |             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| <b>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br/>Relazione di calcolo Spalla S2</b> | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 158    |

|    |        |          |         |        |         |        |     |        |
|----|--------|----------|---------|--------|---------|--------|-----|--------|
| 12 | 0,0000 | 121,2907 | -92,008 | -7,788 | 1694,84 | 0,0437 | 182 | 0,1348 |
| 13 | 0,0000 | 121,2879 | -92,006 | -7,788 | 1694,84 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |
| 14 | 0,0000 | 121,2858 | -92,004 | -7,788 | 1694,84 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |
| 15 | 0,0000 | 121,2879 | -92,006 | -7,788 | 1694,84 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |
| 16 | 0,0000 | 121,2858 | -92,004 | -7,788 | 1694,84 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

|          |   |
|----------|---|
| TC       | Tipo combinazione   |
| scc      | tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]        |
| scl      | tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa] |
| sct      | tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]            |
| sctl     | tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]     |
| sfc, sft | tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa] |
| sf       | tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]           |
| Comb.    | Combinazione critica                                      |

**Sezione n° 2 - SEZIONE SUP MURO D'ALA SP2**

| TC    | scc   | scl    | sct     | sctl  | sfc      | sft    | sfl     | Comb. |
|-------|-------|--------|---------|-------|----------|--------|---------|-------|
| SLEQP | 2,793 | 14,940 | -5,631  | 3,099 | -66,275  | 24,202 | 450,000 | 14    |
| SLER  | 4,826 | 18,260 | -10,472 | 3,099 | -124,036 | 40,267 | 337,500 | 10    |

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

|       |  |
|-------|--|
| TC    | Tipo combinazione                                  |
| sf    | tensione nell'acciaio espresso in [MPa]            |
| sc    | tensione nel cls espresso in [MPa]                 |
| Aeff  | Area efficace a trazione espresso in [cmq]         |
| Eps   | Deformazione espressa in [%]                       |
| sr    | spaziatura tra le fessure espressa in [mm]         |
| w, wl | ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm] |
| Comb. | Combinazione critica                               |

**Sezione n° 2 - SEZIONE SUP MURO D'ALA SP2**

| TC    | sf      | sc     | Aeff    | Esp    | sr      | w     | wl    | Comb. |
|-------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|
| SLEQP | -92,006 | -7,788 | 166,209 | 0,0000 | 0,000   | 0,000 | 0,200 | 13    |
| SLER  | -92,008 | -7,788 | 166,209 | 0,0437 | 181,593 | 0,135 | 0,200 | 10    |

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

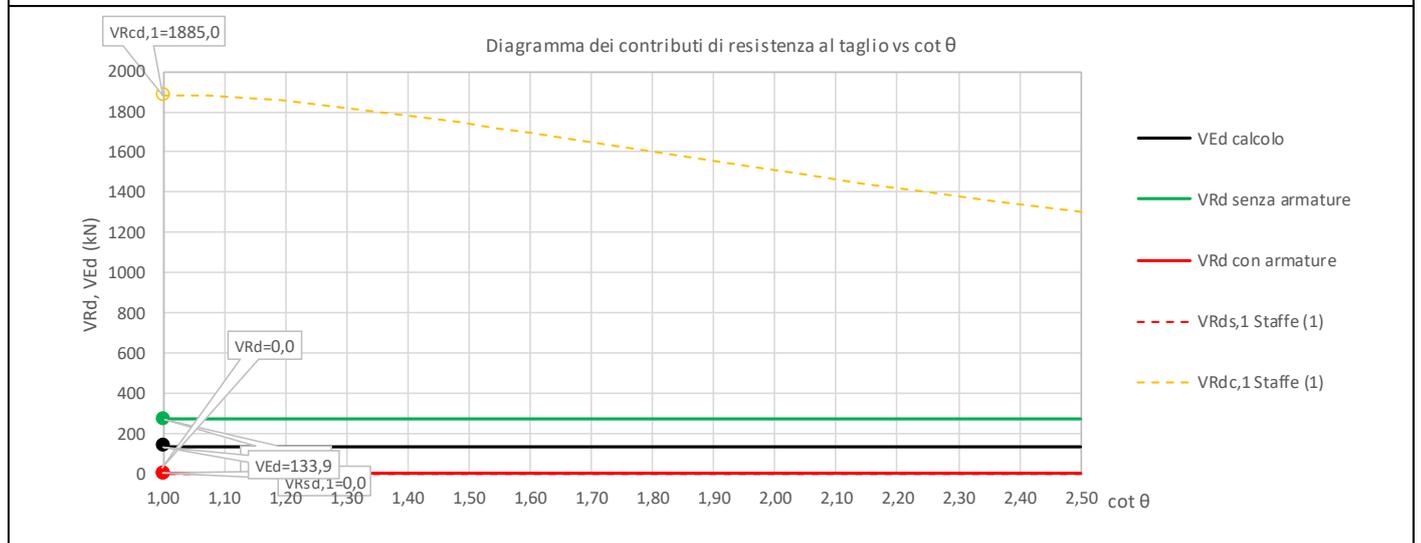
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 159    |

**11.9.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV**

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro d'ala (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2. Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

| NOME: SEZ SUP                                      |                    |          |                | CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008) |                    |               |              |          |                 |             | Rev. 10.1 |  |
|--|--------------------|----------|----------------|---|--------------------|---------------|--------------|----------|-----------------|-------------|-----------|--|
| DATI SEZIONE                                       |                    |          |                | AZIONI CALCOLO  |                    |               | CALCESTRUZZO |          |                 |             |           |  |
| $b_w$  | $d$                | $\theta$ | $\cotg \theta$ | $N_{Ed}$  | $V_{Ed}$           | $M_{Ed}$      | $f_{ck}$     | $f_{cd}$ | $\gamma_c$      |             |           |  |
| (m)  | (m)                | (°)      |                | (kN)  | (kN)               | (kNm)         | (MPa)        | (MPa)    |                 |             |           |  |
| 1,00   | 0,44               | 45,00    | 1,00           | -100,1  | 133,9              | 215,9         | 33,20        | 18,81    | 1,50            |             |           |  |
| $1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$                 |                    |          |                |   |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
| VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)     |                    |          |                |   |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | $f_{yd}$           | $n$      | $\emptyset$    | $A_{sl,\emptyset}$  | $A_{sl}$           |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | (MPa)              |          | (mm)           | (cm <sup>2</sup> )  | (cm <sup>2</sup> ) |               |              |          |                 |             |           |  |
| Barre B450C  | 391,3              | 10       | 20             | 3,14  | 31,42              |               |              |          |                 |             |           |  |
| VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1) |                    |          |                |   |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | $A_{sl}$           | $k_1$    | $k$            | $\rho_l$ (%)  | $v_{min}$          | $\sigma_{cp}$ | $\alpha_c$   | $V_{Rd}$ | $V_{Ed}/V_{Rd}$ |             |           |  |
|  | (cm <sup>2</sup> ) |          |                | (%)   | (MPa)              | (MPa)         |              | (kN)     |                 |             |           |  |
|  | 31,42              | 0,15     | 1,67           | 0,71%   | 0,44               | 0,23          | 1,01         | 268,9    | 49,8%           | VERIFICA OK |           |  |



|   |                                     |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI<br><b>HY</b> pro<br>S.T.F. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> |

## 11.9.2 Verifica sezione base muro d'ala

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.9.2.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 30/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 24/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 25 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

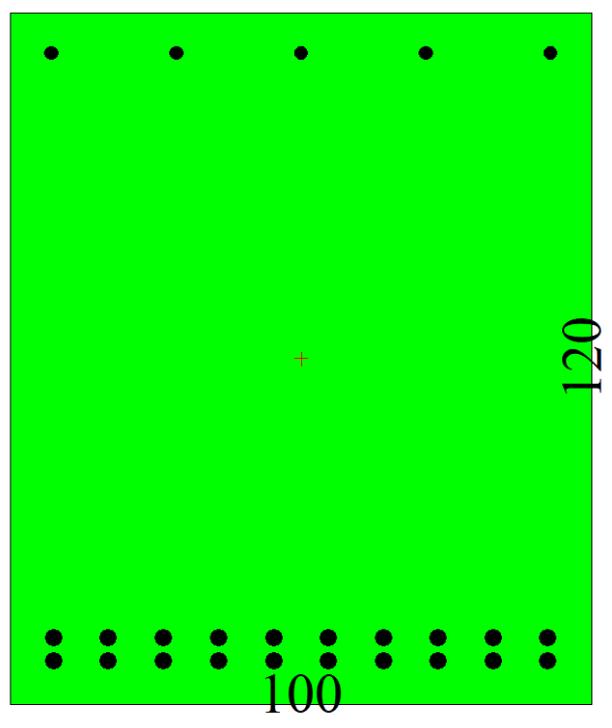


Figura 40 – Sezione trasversale muro d'ala e relativa armatura

## Dati

Nome sezione: SEZIONE BASE MURO D'ALA SP2

Tipo sezione: Rettangolare  
Base: 100,0 [cm]  
Altezza: 120,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 12000,00 [cmq]  
Inerzia in direzione X: 10000000,0 [cm<sup>4</sup>]  
Inerzia in direzione Y: 14400000,0 [cm<sup>4</sup>]

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 161    |

Inerzia in direzione XY  
 Ascissa baricentro sezione  
 Ordinata baricentro sezione

0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 $X_G = 50,00$  [cm]  
 $Y_G = 60,00$  [cm]

#### Elenco ferri

##### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine  
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]  
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]  
 d Diametro ferro espresso in [mm]  
 ω Area del ferro espresso in [cm<sup>2</sup>]

| N° | X     | Y      | d  | ω    |
|----|-------|--------|----|------|
| 1  | 92,80 | 112,80 | 24 | 4,52 |
| 2  | 71,40 | 112,80 | 24 | 4,52 |
| 3  | 50,00 | 112,80 | 24 | 4,52 |
| 4  | 28,60 | 112,80 | 24 | 4,52 |
| 5  | 7,20  | 112,80 | 24 | 4,52 |
| 6  | 7,50  | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 7  | 16,94 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 8  | 26,39 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 9  | 35,83 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 10 | 45,28 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 11 | 54,72 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 12 | 64,17 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 13 | 73,61 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 14 | 83,06 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 15 | 92,50 | 7,50   | 30 | 7,07 |
| 16 | 7,50  | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 17 | 16,94 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 18 | 26,39 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 19 | 35,83 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 20 | 45,28 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 21 | 54,72 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 22 | 64,17 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 23 | 73,61 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 24 | 83,06 | 11,50  | 30 | 7,07 |
| 25 | 92,50 | 11,50  | 30 | 7,07 |

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

##### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo 40,000 [MPa]  
 Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo 15,00  
 Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso 1,00  
 Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO

##### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio 450,000 [MPa]  
 Tensione snervamento acciaio 450,000 [MPa]  
 Modulo elastico E 205942,924 [MPa]  
 Fattore di incrudimento acciaio 1,00

#### Combinazioni

##### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 162    |

N sforzo normale espresso in [kN]  
M<sub>Y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]  
M<sub>X</sub> momento lungo X espresso in [kNm]  
M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]  
T<sub>Y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]  
T<sub>X</sub> taglio lungo X espresso in [kN]  
VD verifica di dominio  
VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

| N° | N        | M <sub>Y</sub> | M <sub>X</sub> | M <sub>t</sub> | T <sub>Y</sub> | T <sub>X</sub> | VD | VT    |
|----|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|-------|
| 1  | 282,3600 | 1267,3800      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 411,2900       | SI | NO    |
| 2  | 282,3600 | 1507,8000      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 497,2400       | SI | NO    |
| 3  | 282,3600 | 1267,3800      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 411,2900       | SI | NO    |
| 4  | 282,3600 | 1600,2100      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 506,2000       | SI | NO    |
| 5  | 233,2400 | 525,5300       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 201,3100       | SI | NO    |
| 6  | 180,6300 | 623,4000       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 211,2600       | SI | NO    |
| 7  | 199,0400 | 126,9500       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 66,0800        | SI | NO    |
| 8  | 214,8200 | 1360,9400      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 462,4100       | SI | NO    |
| 9  | 206,9300 | 858,8800       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 309,9500       | NO | SLER  |
| 10 | 206,9300 | 1064,2500      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 329,8500       | NO | SLER  |
| 11 | 206,9300 | 858,8800       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 309,9500       | NO | SLER  |
| 12 | 206,9300 | 1077,5800      | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 339,7800       | NO | SLER  |
| 13 | 206,9300 | 692,6000       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 259,2700       | NO | SLEQP |
| 14 | 206,9300 | 795,2900       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 269,2200       | NO | SLEQP |
| 15 | 206,9300 | 692,6000       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 259,2700       | NO | SLEQP |
| 16 | 206,9300 | 795,2900       | 0,0000         | 0,0000         | 0,0000         | 269,2200       | NO | SLEQP |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 163    |

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 $\alpha$  inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

| N° | Xc    | $\alpha$ | (xi; yi)      | (xf; yf)        |
|----|-------|----------|---------------|-----------------|
| 9  | 52,61 | 0,00     | (0,00; 67,39) | (100,00; 67,39) |
| 10 | 51,82 | 0,00     | (0,00; 68,18) | (100,00; 68,18) |
| 11 | 52,61 | 0,00     | (0,00; 67,39) | (100,00; 67,39) |
| 12 | 51,78 | 0,00     | (0,00; 68,22) | (100,00; 68,22) |
| 13 | 53,61 | 0,00     | (0,00; 66,39) | (100,00; 66,39) |
| 14 | 52,95 | 0,00     | (0,00; 67,05) | (100,00; 67,05) |
| 15 | 53,61 | 0,00     | (0,00; 66,39) | (100,00; 66,39) |
| 16 | 52,95 | 0,00     | (0,00; 67,05) | (100,00; 67,05) |

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

| N° | $\sigma_{c-max}$ | $\sigma_{c-min}$ | $\tau_c$ | $\sigma_{f-max}$ | $\sigma_{f-min}$ |
|----|------------------|------------------|----------|------------------|------------------|
| 9  | 3,504            | 0,000            | 0,000    | 45,362           | -59,815          |
| 10 | 4,299            | 0,000            | 0,000    | 55,522           | -75,516          |
| 11 | 3,504            | 0,000            | 0,000    | 45,362           | -59,815          |
| 12 | 4,350            | 0,000            | 0,000    | 56,181           | -76,535          |
| 13 | 2,859            | 0,000            | 0,000    | 37,127           | -47,113          |
| 14 | 3,257            | 0,000            | 0,000    | 42,214           | -54,956          |
| 15 | 2,859            | 0,000            | 0,000    | 37,127           | -47,113          |
| 16 | 3,257            | 0,000            | 0,000    | 42,214           | -54,956          |

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

| $N_u$      | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$  | FS    |
|------------|----------|-----------|-------|
| 1306,6630  | 0,0000   | 5864,9899 | 4,63  |
| 21424,5908 | 0,0000   | 1267,3800 | 75,88 |
| 282,3600   | 0,0000   | 5554,8658 | 4,38  |

#### Combinazione n° 2

| $N_u$      | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$  | FS    |
|------------|----------|-----------|-------|
| 1086,7507  | 0,0000   | 5803,2394 | 3,85  |
| 20879,4667 | 0,0000   | 1507,8000 | 73,95 |

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

| 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 164    |

282,3600                      0,0000                      5554,8658                      3,68

Combinazione n° 3

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$         | FS    |
|-------------------|----------|------------------|-------|
| 1306,6630         | 0,0000   | <u>5864,9899</u> | 4,63  |
| <u>21424,5908</u> | 0,0000   | 1267,3800        | 75,88 |
| 282,3600          | 0,0000   | <u>5554,8658</u> | 4,38  |

Combinazione n° 4

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$         | FS    |
|-------------------|----------|------------------|-------|
| <u>1020,6248</u>  | 0,0000   | <u>5784,1549</u> | 3,61  |
| <u>20668,9106</u> | 0,0000   | 1600,2100        | 73,20 |
| 282,3600          | 0,0000   | <u>5554,8658</u> | 3,47  |

Combinazione n° 5

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$         | FS    |
|-------------------|----------|------------------|-------|
| <u>2754,1223</u>  | 0,0000   | <u>6205,5131</u> | 11,81 |
| <u>23080,6330</u> | 0,0000   | 525,5300         | 98,96 |
| 233,2400          | 0,0000   | <u>5538,5538</u> | 10,54 |

Combinazione n° 6

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$         | FS     |
|-------------------|----------|------------------|--------|
| <u>1731,7985</u>  | 0,0000   | <u>5976,8762</u> | 9,59   |
| <u>22864,5450</u> | 0,0000   | 623,4000         | 126,58 |
| 180,6300          | 0,0000   | <u>5520,9367</u> | 8,86   |

Combinazione n° 7

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$         | FS     |
|-------------------|----------|------------------|--------|
| <u>9005,6278</u>  | 0,0000   | <u>5743,8929</u> | 45,25  |
| <u>23952,6266</u> | 0,0000   | 126,9500         | 120,34 |
| 199,0400          | 0,0000   | <u>5527,1187</u> | 43,54  |

Combinazione n° 8

| $N_u$             | $M_{Xu}$ | $M_{Yu}$         | FS    |
|-------------------|----------|------------------|-------|
| <u>907,7825</u>   | 0,0000   | <u>5751,0361</u> | 4,23  |
| <u>21212,9216</u> | 0,0000   | 1360,9400        | 98,75 |
| 214,8200          | 0,0000   | <u>5532,4029</u> | 4,07  |

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

|            |   |
|------------|---|
| N°         | numero d'ordine della combinazione                              |
| $M_x$      | Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm] |
| $M_y$      | Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm] |
| $\sigma_f$ | Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]                        |
| $\sigma_c$ | Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]                    |
| $A_{eff}$  | Area efficace a trazione, espressa in [cmq]                     |
| $\epsilon$ | Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]                |
| $S_{rm}$   | Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]                 |
| w          | Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]                        |

| N° | $M_x$  | $M_y$    | $\sigma_f$ | $\sigma_c$ | $A_{eff}$ | $\epsilon$ | $S_{rm}$ | w      |
|----|--------|----------|------------|------------|-----------|------------|----------|--------|
| 9  | 0,0000 | 863,1576 | -60,142    | -4,511     | 3200,00   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |
| 10 | 0,0000 | 863,1442 | -60,141    | -4,511     | 3200,00   | 0,0250     | 188      | 0,0800 |
| 11 | 0,0000 | 863,1576 | -60,142    | -4,511     | 3200,00   | 0,0000     | 0        | 0,0000 |

|  |             |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| <b>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:<br/>Relazione di calcolo Spalla S2</b> | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 165    |

|    |        |          |         |        |         |        |     |        |
|----|--------|----------|---------|--------|---------|--------|-----|--------|
| 12 | 0,0000 | 863,1689 | -60,143 | -4,511 | 3200,00 | 0,0257 | 188 | 0,0821 |
| 13 | 0,0000 | 863,1798 | -60,143 | -4,512 | 3200,00 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |
| 14 | 0,0000 | 863,1692 | -60,143 | -4,511 | 3200,00 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |
| 15 | 0,0000 | 863,1798 | -60,143 | -4,512 | 3200,00 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |
| 16 | 0,0000 | 863,1692 | -60,143 | -4,511 | 3200,00 | 0,0000 | 0   | 0,0000 |

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

|          |   |
|----------|---|
| TC       | Tipo combinazione   |
| scc      | tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]        |
| scl      | tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa] |
| sct      | tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]            |
| sctl     | tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]     |
| sfc, sft | tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa] |
| sf       | tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]           |
| Comb.    | Combinazione critica                                      |

**Sezione n° 1 - SEZIONE BASE MURO D'ALA SP2**

| TC    | scc   | scl    | sct    | sctl  | sfc     | sft    | sfl     | Comb. |
|-------|-------|--------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|
| SLEQP | 3,257 | 14,940 | -4,125 | 3,099 | -54,956 | 42,214 | 450,000 | 14    |
| SLER  | 4,350 | 18,260 | -5,733 | 3,099 | -76,535 | 56,181 | 337,500 | 12    |

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

|       |  |
|-------|--|
| TC    | Tipo combinazione                                  |
| sf    | tensione nell'acciaio espresso in [MPa]            |
| sc    | tensione nel cls espresso in [MPa]                 |
| Aeff  | Area efficace a trazione espresso in [cmq]         |
| Eps   | Deformazione espressa in [%]                       |
| sr    | spaziatura tra le fessure espressa in [mm]         |
| w, wl | ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm] |
| Comb. | Combinazione critica                               |

**Sezione n° 1 - SEZIONE BASE MURO D'ALA SP2**

| TC    | sf      | sc     | Aeff    | Esp    | sr      | w     | wl    | Comb. |
|-------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|
| SLEQP | -60,143 | -4,512 | 313,818 | 0,0000 | 0,000   | 0,000 | 0,200 | 13    |
| SLER  | -60,143 | -4,511 | 313,818 | 0,0257 | 187,953 | 0,082 | 0,200 | 12    |

**VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2**

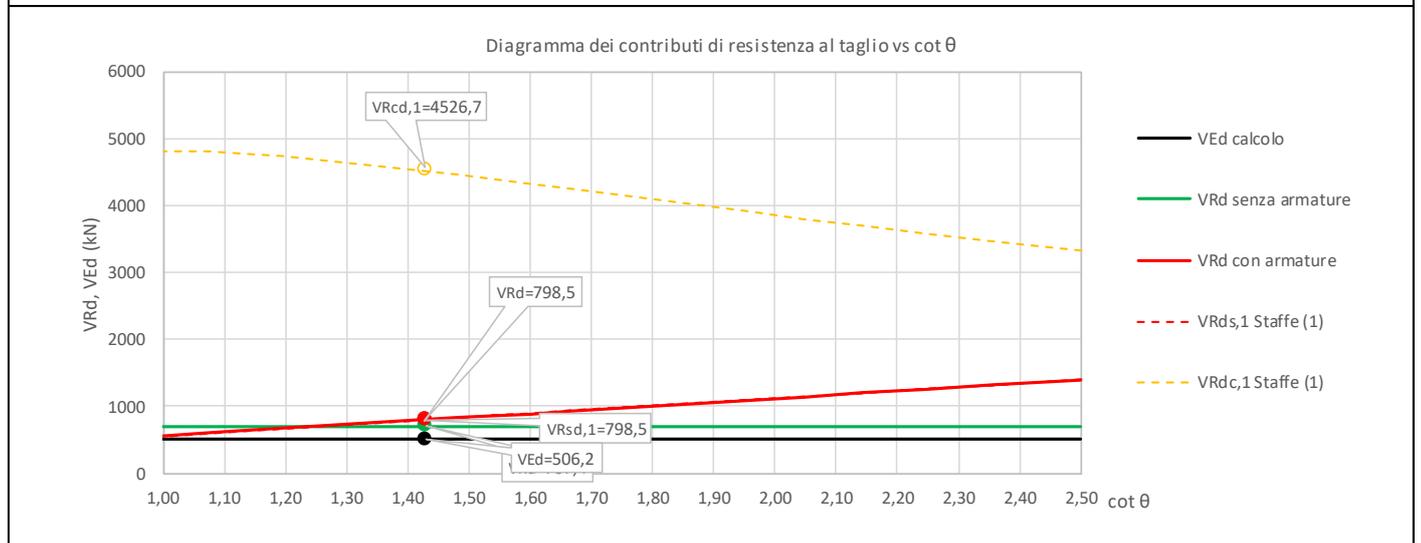
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 166    |

### 11.9.2.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro d'ala (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2. Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

| NOME: SEZ BASE                                     |                    |          |                | CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008) |                    |               |              |          |                 |             | Rev. 10.1 |  |
|--|--------------------|----------|----------------|---|--------------------|---------------|--------------|----------|-----------------|-------------|-----------|--|
| DATI SEZIONE                                       |                    |          |                | AZIONI CALCOLO  |                    |               | CALCESTRUZZO |          |                 |             |           |  |
| $b_w$  | $d$                | $\theta$ | $\cotg \theta$ | $N_{Ed}$  | $V_{Ed}$           | $M_{Ed}$      | $f_{ck}$     | $f_{cd}$ | $\gamma_c$      |             |           |  |
| (m)  | (m)                | (°)      |                | (kN)  | (kN)               | (kNm)         | (MPa)        | (MPa)    |                 |             |           |  |
| 1,00   | 1,12               | 35,00    | 1,43           | -282,4  | 506,2              | 1600,2        | 33,20        | 18,81    | 1,50            |             |           |  |
|  |                    |          |                | $1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$                        |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
| VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)     |                    |          |                |   |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | $f_{yd}$           | $n$      | $\emptyset$    | $A_{sl,\emptyset}$  | $A_{sl}$           |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | (MPa)              |          | (mm)           | (cm <sup>2</sup> )  | (cm <sup>2</sup> ) |               |              |          |                 |             |           |  |
| Barre B450C  | 391,3              | 20       | 30             | 7,07  | 141,37             |               |              |          |                 |             |           |  |
| VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1) |                    |          |                |   |                    |               |              |          |                 |             |           |  |
|  | $A_{sl}$           | $k_1$    | $k$            | $\rho_l$ (%)  | $v_{min}$          | $\sigma_{cp}$ | $\alpha_c$   | $V_{Rd}$ | $V_{Ed}/V_{Rd}$ |             |           |  |
|  | (cm <sup>2</sup> ) |          |                | (%)   | (MPa)              | (MPa)         |              | (kN)     |                 |             |           |  |
|  | 141,37             | 0,15     | 1,42           | 1,26%   | 0,34               | 0,25          | 1,01         | 707,4    | 71,6%           | VERIFICA OK |           |  |



VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 167    |

## 12. VERIFICHE LOCALI

### 12.1 BAGGIOLI

Si procede alla verifica del baggiolo tipologico di dimensioni 150x180x30 cm, armato in verticale con (2x14+2x17)Ø14 distribuiti sui lati perimetrali, armato in orizzontale con 1Ø12/10 staffe cerchianti esterne (n°2 braccia per direzione) e 6Ø12/10 ganci interni (n°6 braccia per direzione).

Al fine di mantenere un abbondante margine di sicurezza, i carichi di progetto verticale  $N_{Ed}$  ed orizzontale  $V_{Ed}$  sono stati ipotizzati come i massimi concomitanti previsti su tutti gli appoggi (F)-(UT)-(UL)-(M), vedi tabelle specifiche, inoltre l'impronta degli appoggi stessi è stata cautelativamente assunta di 80x80 cm.

Le verifiche sono state svolte secondo le indicazioni del CEB-FIP Model Code 90 e secondo quanto riportato in letteratura riguardo gli studi di diffusione delle tensioni di compressione e trazione su un volume generico di calcestruzzo (Leonhardt, 1973).

Per le azioni dell'appoggio si considera una eccentricità addizionale di 5 cm, quindi una centratura non ottimale delle azioni sul volume di calcestruzzo del baggiolo con conseguente riduzione dell'area efficace di contatto.

Si sono considerate le armature di cerchiatura come collaboranti per il 0% ai fini dell'aumento della resistenza a compressione del calcestruzzo in zona compressa (Region I), mentre per le tensioni di trazione interna si sono considerate solo le armature trasversali interne (Region II).

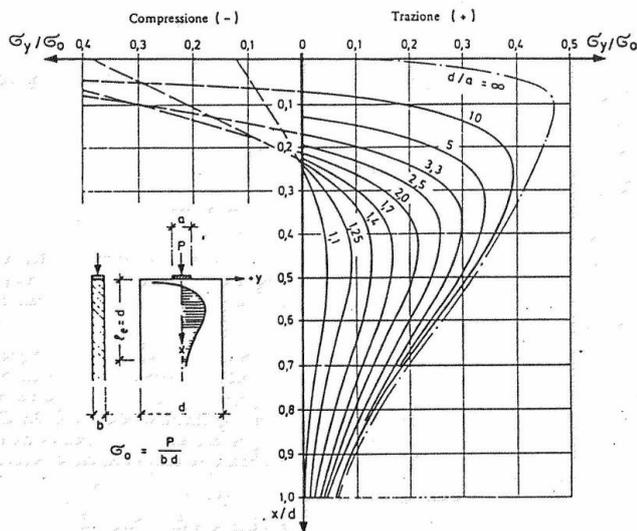


Fig. 3.6: Curve e grandezza delle tensioni trasversali  $\sigma_y$ , riferite a  $\sigma_0 = \frac{P}{b d}$ , lungo l'asse x per condizioni diverse  $d/a$  (40)

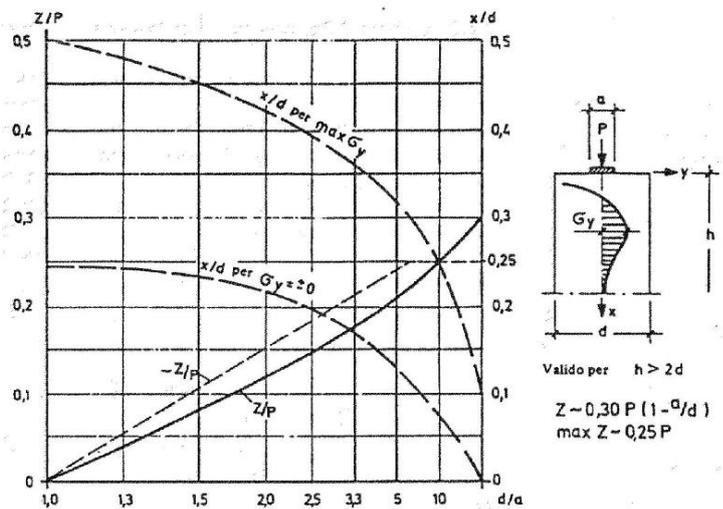


Fig. 3.8: Grandezza della forza di fenditura risultante Z, riferita al carico P, distanza della tensione massima trasversale  $\max \sigma_y$  e distanza del punto con  $\sigma_y = 0$  dal bordo caricato in lastre con  $h > 2d$  (40)

Figura 41 – Grafici da F. Leonhardt, 1973 "Casi speciali di dimensionamento delle strutture in c.a. e c.a.p."

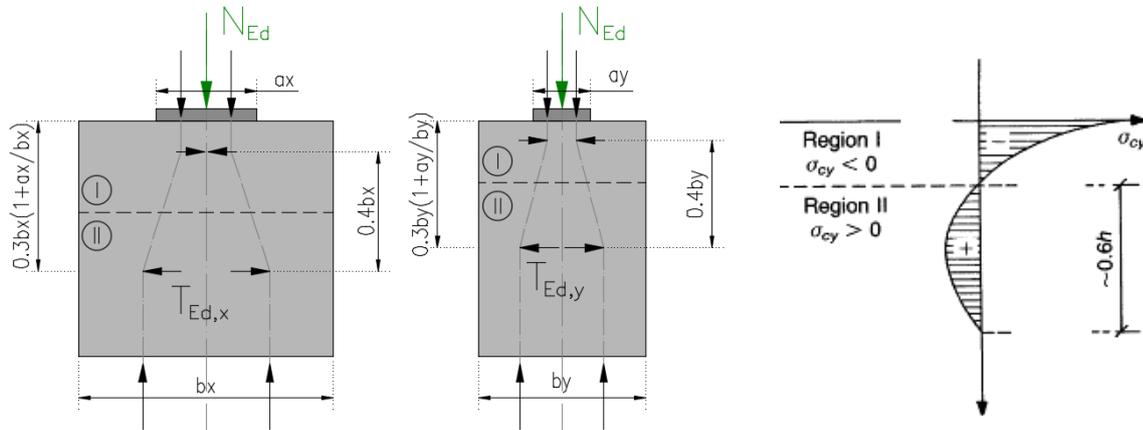
VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 168    |

NOME: **BAGGIOLO TIPO**

VERIFICA BAGGIOLI (CEB-FIP MODEL CODE 90, F. LEONHARDT - 1973)

Rev. 09



GEOMETRIA, AZIONI E MATERIALI VOLUME DI CALCOLO (MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

|                |                     |                            |                                 |                                 |                               |                                 |                               |      |
|----------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------|
| $N_{Ed}$ (kN)  | 4300,0              | $b_x$ (m)                  | 1,500                           | $f_{y,d}$ (MPa)                 | 391,3                         |                                 |                               |      |
| $M_{Ed}$ (kNm) | 215,0               | $b_y$ (m)                  | 1,800                           | $f_{ck}$ (MPa)                  | 33,2                          |                                 |                               |      |
| $e_{max}$ (m)  | 0,050               | $a_x$ (m)                  | 0,800                           | $\alpha_{cc}$                   | 0,85                          |                                 |                               |      |
|                |                     | $a_y$ (m)                  | 0,800                           | $a'_x$ (m)                      | 0,750                         |                                 |                               |      |
|                |                     |                            |                                 | $a'_y$ (m)                      | 0,750                         |                                 |                               |      |
| Altezza (m)    | Posiz. $T_{Ed}$ (m) | Altezza zona Region II (m) | Altezza zona Region I (grafico) | Posizione zona Region II da (m) | Posizione zona Region I a (m) | Posizione zona Region II da (m) | Posizione zona Region I a (m) | b/a' |
| Direz. X       | 1,50                | 0,69                       | 0,90                            | 0,22                            | 1,12                          | 0,00                            | 0,22                          | 2,00 |
| Direz. Y       | 1,80                | 0,78                       | 1,08                            | 0,23                            | 1,31                          | 0,00                            | 0,23                          | 2,40 |

VERIFICA ARMATURE ORIZZONTALI (Trazione, Region II, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

|          |                             |               |               |                 |                          |
|----------|-----------------------------|---------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Direz. X | $A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> ) | $T_{Rd}$ (kN) | $T_{Ed}$ (kN) | $T_{Ed}/T_{Rd}$ | <b>81,0% VERIFICA OK</b> |
| Direz. Y | $A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> ) | $T_{Rd}$ (kN) | $T_{Ed}$ (kN) | $T_{Ed}/T_{Rd}$ | <b>94,5% VERIFICA OK</b> |

VERIFICA CALCESTRUZZO CONFINATO (Compressione, Region I, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

|          |                             |                  |          |                  |                  |                  |                     |                        |                          |
|----------|-----------------------------|------------------|----------|------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|
| Direz. X | $A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> ) | $\sigma_1$ (MPa) | $\alpha$ | $\sigma_2$ (MPa) | $f_{ck,c}$ (MPa) | $f_{cd,c}$ (MPa) | $\sigma_{Ed}$ (MPa) | $\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$ | <b>55,4% VERIFICA OK</b> |
| Direz. Y | $A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> ) | $\sigma_1$ (MPa) | $\alpha$ | $\sigma_2$ (MPa) | $f_{ck,c}$ (MPa) | $f_{cd,c}$ (MPa) | $\sigma_{Ed}$ (MPa) | $\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$ | <b>53,0% VERIFICA OK</b> |

$v = 0,20$  (formule cls confinato da EN 1992-1-1: 2005, NTC2018) (stress compression  $\sigma_{Ed}$  con distribuzione approssimata triangolare)  
 $C_{Ed}$  (kN) 860,0 ( $C_{Ed} = v \cdot N_{Ed}$ )

VERIFICA ARMATURE VERTICALI (Giunto di taglio, MC90 §6.10.2)

|                 |        |                         |        |                             |                          |
|-----------------|--------|-------------------------|--------|-----------------------------|--------------------------|
| $V_{Ed,x}$ (kN) | 2000,0 | $N_{Ed,min}$ (kN)       | 1350,0 | $\mu$                       | 0,60                     |
| $V_{Ed,y}$ (kN) | 1900,0 | $\sigma_{Ed,min}$ (MPa) | 2,40   | $\beta_{fctd}$ (MPa)        | 0,00                     |
| $V_{Ed}$ (kN)   | 2758,6 | $f_{cd,c}$ (MPa)        | 18,8   | $A_{sv}$ (cm <sup>2</sup> ) | 89,24 <-- (2x14+2x17)Ø14 |

$$\tau_{Rd} = \beta f_{ctd} + \mu(\rho f_{yd} + \sigma_{ed}) < 0.25 f_{cd}$$

|                |      |                |      |                 |                          |
|----------------|------|----------------|------|-----------------|--------------------------|
| $T_{Rd}$ (MPa) | 2,22 | $T_{Ed}$ (MPa) | 1,02 | $T_{Ed}/T_{Rd}$ | <b>46,1% VERIFICA OK</b> |
|----------------|------|----------------|------|-----------------|--------------------------|

Figura 42 – Baggioli tipo – Verifica del calcestruzzo armato a compressione e trazione

|  |  |                                 |  |   |                    |                  |                   |                       |                                       |  |  |                     |                 |                      |
|--|--|---------------------------------|--|---|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-----------------|----------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |  | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI 10 04</b> |  |  | PROGR<br><b>002</b> | REV<br><b>B</b> | FOGLIO<br><b>169</b> |

## 12.2 DEFORMABILITA' SPALLA

### 12.2.1 Verifiche sicurezza del binario

Per la sicurezza del binario occorre garantire quanto riportato al §2.5.1.4.5.2-3 del MdP.

“Al fine di garantire la sicurezza del binario rispetto a fenomeni di instabilità per compressione e rottura per trazione della rotaia, nonché rispetto ad eccessivi scorrimenti nel ballast, causa di un suo rapido deterioramento, occorre che vengano rispettati i seguenti limiti sull'incremento delle tensioni nel binario e sugli spostamenti relativi tra binario ed estradosso dell'impalcato o del rilevato. L'incremento massimo consentito di tensione nella rotaia causato dall'interazione binario-struttura prodotta dalle azioni indicate in 2.5.1.4.5.1 sarà assunto pari a:

$\Delta\sigma_{c,max} = 60 \text{ N/mm}^2$  (per la compressione)

$\Delta\sigma_{t,max} = 70 \text{ N/mm}^2$  (per la trazione)

Lo spostamento massimo consentito tra estradosso dell'impalcato o del rilevato e la faccia inferiore della traversa dovuto alle sole forze di avviamento e/o di frenatura sarà assunto pari a 5 mm. La verifica di sicurezza del binario, in termini di tensioni e spostamenti, andrà condotta considerando la combinazione caratteristica (rara) del metodo S.L.E., adottando per le azioni di cui al precedente punto 2.5.1.4.5.1 coefficienti  $\gamma_{oi}=1,0$  fermi restando i su esposti limiti di incremento di tensione nella rotaia.”

“Gli effetti dell'interazione binario-struttura in termini di azioni longitudinali trasmesse alla sottostruttura (reazioni vincolari negli appoggi fissi), tensioni supplementari nel binario e scorrimenti relativi binario-impalcato, saranno valutati mediante una serie di analisi di simulazione del comportamento del ponte soggetto alle azioni termiche ed ai carichi orizzontali e verticali dei convogli in transito, portando in conto la resistenza ai movimenti longitudinali del binario e la rigidità della struttura, attraverso un modello di calcolo del tipo riportato in Fig. 2.5.1.4.5.3-1. In alternativa, è possibile effettuare una valutazione semplificata delle reazioni vincolari con il metodo riportato nell'Allegato 3, oppure con il metodo di cui all'Allegato 4 qualora siano rispettate le condizioni ivi elencate. In tal caso il rispetto dei limiti sulle altre grandezze di interesse (tensioni nelle rotaie e spostamenti relativi binario-impalcato) può ritenersi adeguatamente soddisfatto senza specifiche verifiche.”

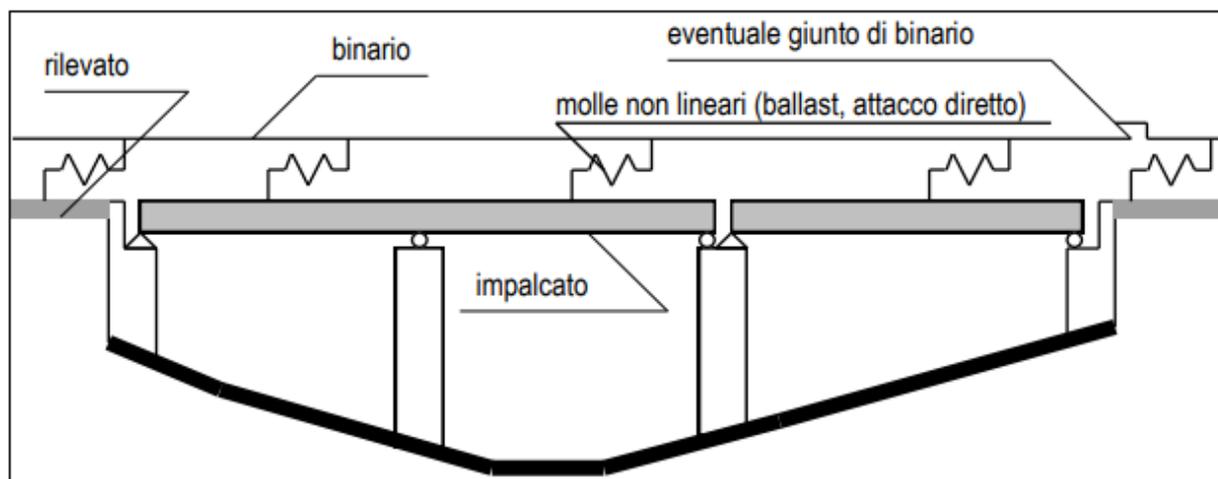


Fig. 2.5.1.4.5.3-1 - Schema di modello strutturale per valutare l'interazione.

Figura 43 – Interazione binario- struttura - Schema generale di calcolo

“ALLEGATO 4 – VALUTAZIONE SEMPLIFICATA DELLE REAZIONI DOVUTE AGLI EFFETTI DI INTERAZIONE, METODO PER SINGOLA LUCE APPOGGIATA

Per una sovrastruttura realizzata con un singolo impalcato (in semplice appoggio) non è necessario il controllo delle tensioni nella rotaia se:

- La sottostruttura ha rigidezza  $K$  sufficiente a limitare lo spostamento dell'impalcato in direzione longitudinale dovuto all'avviamento e alla frenatura  $\delta_B$ , ad un massimo di 5 mm in presenza delle forze longitudinali dovute all'avviamento e alla frenatura definite in

|  |                                 |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |     |
|--|---------------------------------|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 170 |

2.5.1.4.3.3; per la determinazione degli spostamenti si raccomanda di prendere in conto la configurazione e le proprietà della struttura date in 2.5.1.4.5.3;

- Per le azioni da traffico verticale lo spostamento longitudinale dell'estradosso dell'impalcato all'estremità dovuto alla deformazione dell'impalcato  $\delta H$ , non supera i 5mm;
- La lunghezza di espansione  $L_T$  è minore di 40 m.”

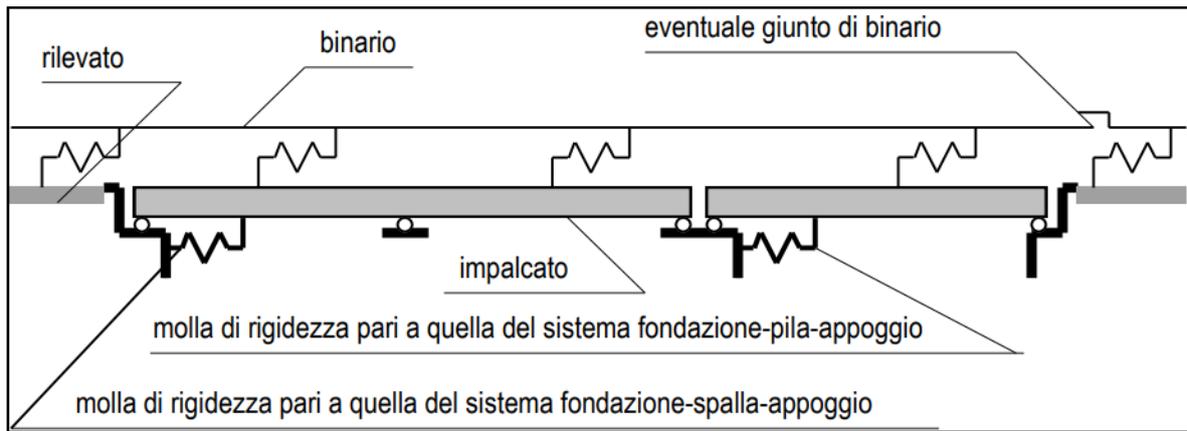


Fig. 2.5.1.4.5.3-3 - Schema di modello strutturale semplificato per valutare l'interazione.

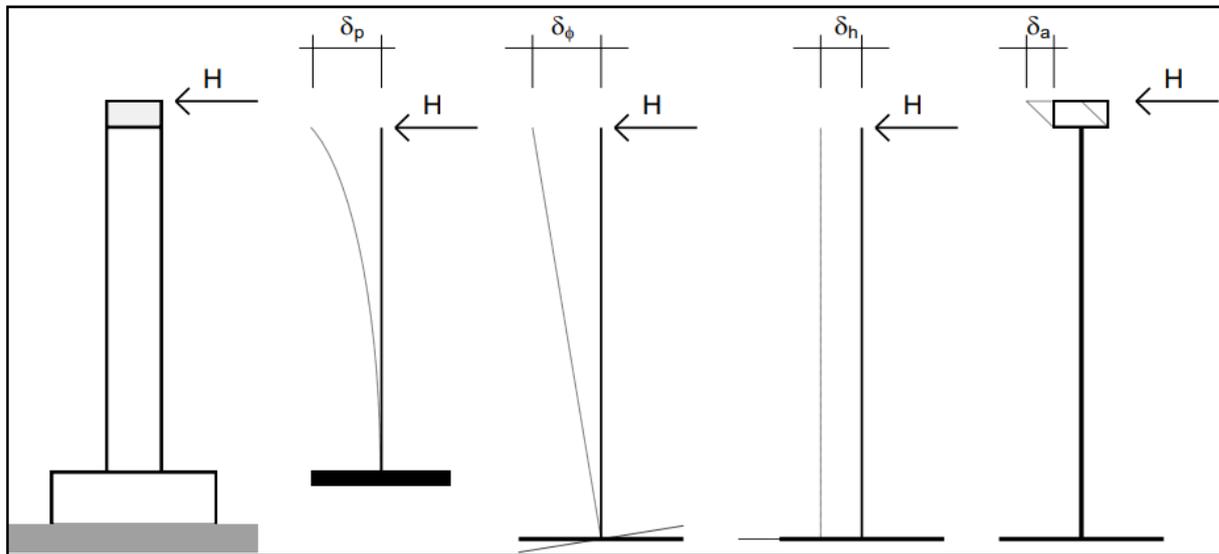


Fig. 2.5.1.4.5.3-4 - Individuazione dei contributi alla deformabilità complessiva del sistema fondazione-pila-appoggio

Figura 44 – Interazione binario- struttura - Schema semplificato di calcolo

Nel caso in oggetto, considerando la massima altezza pila prevista e le valutazioni effettuate nel dimensionamento delle sottofondazioni, alla cui documentazione di calcolo si rimanda per ulteriori dettagli, per la verifica di sicurezza si ha quanto segue.

|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |     |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----|
| MANDATARIA<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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</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>VI</b> | <b>10</b>          | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 171 |

| NOME: IMPALCATO L=25 m                                |          | CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA             |       |  |         | Rev. 00              |
|---|----------|--|-------|--|---------|----------------------|
| L calcolo (m)   | 22,80    | Lunghezza tra appoggi                            |       | Distanza PF/appoggi (m)                |         | 3,30                 |
| L (m)   | 25,00    | Lunghezza di binario carico                      |       |  |         |                      |
| TRENO LM71 e SW/0                                     |          | TRENO SW/2                                       |       |  |         |                      |
| $\alpha$ (-)  | 1,10     | $\alpha$ (-)                                     | 1,00  |  |         |                      |
| $Q_{3,f}$ (kN)  | 550,0    | $Q_{3,f}$ (kN)                                   | 875,0 | Forza frenatura caratt. longitudinale  |         |                      |
| $Q_{3,a}$ (kN)  | 907,5    | $Q_{3,a}$ (kN)                                   | 825,0 | Forza avviamento caratt. longitudinale |         |                      |
| <b>VERIFICHE SICUREZZA BINARIO (§2.5.1.4.5.3 MdP)</b> |          |  |       |  |         |                      |
| $Q_{3,f}$ (kN)  | 875,0    | Massima azione frenatura per LM71 o SW/0 o SW/2  |       |  |         |                      |
| $Q_{3,a}$ (kN)  | 907,5    | Massima azione avviamento per LM71 o SW/0 o SW/2 |       |  |         |                      |
| H (kN)  | 1782,5   | Massima azione applicata all'appoggio            |       |  |         |                      |
| $I_L$ (m <sup>4</sup> )                               | 30,38    | Inerzia longitudinale elevazione                 |       |  |         |                      |
| E (MPa)   | 33346    | Modulo elastico elevazione                       |       |  |         |                      |
| $H_{elev}$ (m)  | 4,50     | Altezza elevazione                               |       |  |         |                      |
| K (kN/m)  | 33346000 | $K=(3 \cdot E \cdot I_L) / H_{elev}^3$           |       |  |         |                      |
| $\delta_p$ (mm)                                       | 0,1      | Spostamento deformabilità elastica elevazione    |       | (da calcolo fondazioni)                |         |                      |
| $\delta_\varphi$ (mm)                                 | 0,0      | Spostamento deformabilità rotazione fondazione   |       | $\varphi$ (rad)                        | 0,00001 |                      |
| $\delta_h$ (mm)                                       | 1,0      | Spostamento deformabilità traslazionefondazione  |       | $s_h$ (mm)                             | 1,0     |                      |
| $\delta_a$ (mm)                                       | 1,0      | Spostamento deformabilità appoggi                |       |  |         |                      |
| $\Sigma \delta_i$ (mm)                                | 2,1      | Spostamento totale                               |       | <                                      | 5.0 mm  | <b>OK VERIFICATO</b> |

### 12.2.2 Effetti del secondo ordine

Con riferimento alle valutazioni degli spostamenti orizzontali di testa spalla effettuati nella condizione di esercizio SLE RA (verifica di sicurezza del binario) e nella condizione sismica SLV (verifiche escursione giunti), visti i valori trascurabili in relazione alle dimensioni e alla snellezza della sottostruttura, si conferma che gli effetti del secondo ordine dei carichi applicati verticali sono irrilevanti ai fini dei calcoli di dimensionamento.

|  |  |                                 |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|--|--|---------------------------------|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> |  | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. |           | <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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>               |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 172    |

## 12.3 RITEGNI

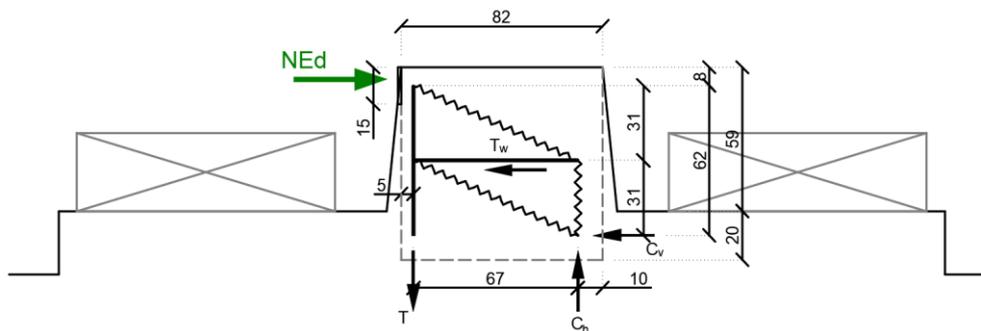
Si verificano i ritegni trasversali e longitudinali alle massime azioni sismiche SLV secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90.

Nei paragrafi seguenti viene indicata la geometria, lo schema di calcolo, le armature previste e le massime azioni orizzontali  $N_{Ed}$  considerate nei vari casi, nell'ipotesi a favore di sicurezza di un'amplificazione delle forze sismiche trasmesse di 1.10 e di spessori strutturali delle superfici di contatto cautelativamente ridotte.

### 12.3.1 Campata L=25 m

#### 12.3.1.1 Ritegni trasversali

Si considera l'azione  $N_{Ed}=1.10 \cdot 1900 = 2090$  kN, un'armatura al corrente teso verticale di  $1\text{Ø}22/10$  e un'armatura distribuita interna di staffe/ganci  $1\text{Ø}14/10/20$  ad assorbire le trazioni orizzontali all'interno del ritegno. A favore di sicurezza, si considera un effetto di confinamento delle armature trasversali nullo.



VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 173    |

| NOME: RITEGNI TRASV. L=25m                        |                   | VERIFICHE LOCALI METODO STRUT-TIE (ENV 1992, CEB-FIP MC90) |                  |                                      |               | Rev. 09              |        |
|---|-------------------|--|------------------|--------------------------------------|---------------|----------------------|--------|
| <b>GEOMETRIA</b>                                  |                   |  | <b>MATERIALI</b> |                                      | <b>AZIONI</b> |                      |        |
| D <sub>1</sub> (m)                                | 0,15              | B (m)  | 1,50             | f <sub>yd</sub> (MPa)                | 391,3         | N <sub>Ed</sub> (kN) | 2090,0 |
| D <sub>3</sub> (m)                                | 0,20              | θ (rad)  | 0,446 (25,5°)    | f <sub>ck</sub> (MPa)                | 33,20         | V <sub>Ed</sub> (kN) | 0,0    |
| a (m)   | 0,64              |  |                  | α <sub>cc</sub>                      | 0,85          |                      |        |
| d (m)   | 0,67              |  |                  | v                                    | 0,87          |                      |        |
| <b>VERIFICA ARMATURA</b>                          |                   |  |                  |                                      |               |                      |        |
| - Tiranti tesi                                    |                   |  |                  |                                      |               |                      |        |
| T=T <sub>3</sub> (kN)                             | 1317,9            |  |                  |                                      |               |                      |        |
| A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )                 | 5699 (1x1Ø22/10)  |  |                  | σ <sub>Ed</sub> /f <sub>yd</sub>     | 59,1%         | <b>VERIFICA OK</b>   |        |
| σ <sub>s</sub> (MPa)                              | 231,25            |  |                  |                                      |               |                      |        |
| T <sub>w</sub> =T <sub>2</sub> (kN)               | 2090,0            |  |                  |                                      |               |                      |        |
| A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )                | 7385 (1Ø14/10/20) |  |                  | σ <sub>Ed</sub> /f <sub>yd</sub>     | 72,3%         | <b>VERIFICA OK</b>   |        |
| σ <sub>sw</sub> (MPa)                             | 283,00            |  |                  |                                      |               |                      |        |
| <b>VERIFICA CALCESTRUZZO</b>                      |                   |  |                  |                                      |               |                      |        |
| - Armatura di confinamento (NTC2018 §4.1.2.1.2.1) |                   |  |                  |                                      |               |                      |        |
| A <sub>sh</sub> (mm <sup>2</sup> )                | 0 (-)             | f <sub>ck,c</sub> (MPa)                                    | 33,2             |                                      |               |                      |        |
| σ <sub>1</sub> (MPa)                              | 0,00              | f <sub>cd,c</sub> (MPa)                                    | 18,8             |                                      |               |                      |        |
| α   | 1,00              | σ <sub>Rd,max</sub> (MPa)                                  | 16,31            |                                      |               |                      |        |
| σ <sub>2</sub> (MPa)                              | 0,00              |  |                  |                                      |               |                      |        |
| - Puntoni compressi                               |                   |  |                  |                                      |               |                      |        |
| C <sub>1</sub> (kN)                               | 2316,1            |  |                  |                                      |               |                      |        |
| B <sub>1</sub> (m)                                | 0,14              |  |                  | σ <sub>Ed</sub> /σ <sub>Rd,max</sub> | 69,9%         | <b>VERIFICA OK</b>   |        |
| σ <sub>c1</sub> (MPa)                             | 11,41             |  |                  |                                      |               |                      |        |
| C=C <sub>2</sub> (kN)                             | 2316,1            |  |                  |                                      |               |                      |        |
| B <sub>2</sub> (m)                                | 0,46              |  |                  | σ <sub>Ed</sub> /σ <sub>Rd,max</sub> | 20,4%         | <b>VERIFICA OK</b>   |        |
| σ <sub>c2</sub> (MPa)                             | 3,33              |  |                  |                                      |               |                      |        |

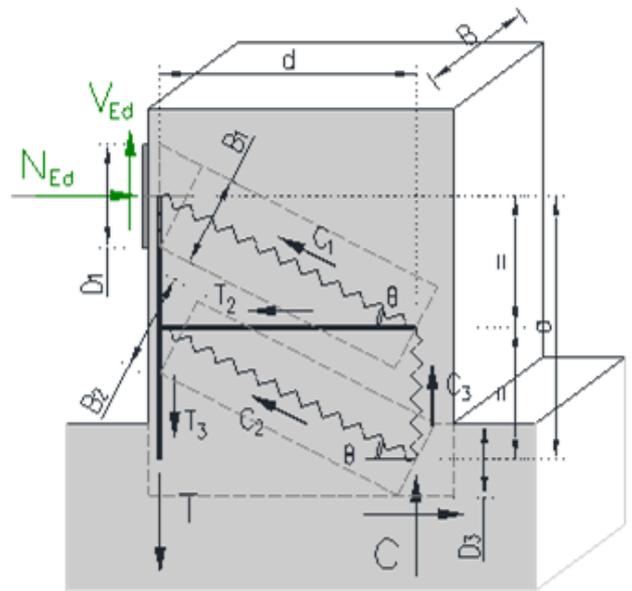


Figura 45 – Schema delle verifiche locali del ritegno trasversale

### 12.3.1.2 Ritegni longitudinali

Si considera l'azione  $N_{Ed}=1.10 \cdot 2000 = 2200$  kN, un'armatura al corrente teso verticale di 1Ø24/10 e un'armatura distribuita interna di staffe/ganci 1Ø14/10/10 ad assorbire le trazioni orizzontali all'interno del ritegno. A favore di sicurezza, si considera un effetto di confinamento delle armature trasversali nullo.

VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:  
Relazione di calcolo Spalla S2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA |    |    | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B     | 02    | E    | ZZ   | CL       | VI                 | 10 | 04 | 002   | B   | 174    |

| NOME: RITEGNI LONG. L=25m                         |                    | VERIFICHE LOCALI METODO STRUT-TIE (ENV 1992, CEB-FIP MC90) |                  |                       |               | Rev. 09              |        |
|---|--------------------|--|------------------|-----------------------|---------------|----------------------|--------|
| <b>GEOMETRIA</b>                                  |                    |  | <b>MATERIALI</b> |                       | <b>AZIONI</b> |                      |        |
| D <sub>1</sub> (m)                                | 0,20               | B (m)  | 1,80             | f <sub>yd</sub> (MPa) | 391,3         | N <sub>Ed</sub> (kN) | 2200,0 |
| D <sub>3</sub> (m)                                | 0,20               | θ (rad)  | 0,288 (16,5°)    | f <sub>ck</sub> (MPa) | 33,20         | V <sub>Ed</sub> (kN) | 0,0    |
| a (m)   | 0,45               |  |                  | α <sub>cc</sub>       | 0,85          |                      |        |
| d (m)   | 0,76               |  |                  | v                     | 0,87          |                      |        |
| <b>VERIFICA ARMATURA</b>                          |                    |  |                  |                       |               |                      |        |
| - Tiranti tesi                                    |                    |  |                  |                       |               |                      |        |
| T=T <sub>3</sub> (kN)                             | 1643,1             |  |                  |                       |               |                      |        |
| A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )                 | 9552 (1x1Ø24/10)   | σ <sub>Ed</sub> /f <sub>yd</sub>                           | 44,0%            | <b>VERIFICA OK</b>    |               |                      |        |
| σ <sub>s</sub> (MPa)                              | 172,02             |  |                  |                       |               |                      |        |
| T <sub>w</sub> =T <sub>2</sub> (kN)               | 2200,0             |  |                  |                       |               |                      |        |
| A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )                | 12463 (1Ø14/10/10) | σ <sub>Ed</sub> /f <sub>yd</sub>                           | 45,1%            | <b>VERIFICA OK</b>    |               |                      |        |
| σ <sub>sw</sub> (MPa)                             | 176,53             |  |                  |                       |               |                      |        |
| <b>VERIFICA CALCESTRUZZO</b>                      |                    |  |                  |                       |               |                      |        |
| - Armatura di confinamento (NTC2018 §4.1.2.1.2.1) |                    |  |                  |                       |               |                      |        |
| A <sub>sh</sub> (mm <sup>2</sup> )                | 0 (-)              | f <sub>ck,c</sub> (MPa)                                    | 33,2             |                       |               |                      |        |
| σ <sub>1</sub> (MPa)                              | 0,00               | f <sub>cd,c</sub> (MPa)                                    | 18,8             |                       |               |                      |        |
| α   | 1,00               | σ <sub>Rd,max</sub> (MPa)                                  | 16,31            |                       |               |                      |        |
| σ <sub>2</sub> (MPa)                              | 0,00               |  |                  |                       |               |                      |        |
| - Puntoni compressi                               |                    |  |                  |                       |               |                      |        |
| C <sub>1</sub> (kN)                               | 2294,4             | σ <sub>Ed</sub> /σ <sub>Rd,max</sub>                       | 40,7%            | <b>VERIFICA OK</b>    |               |                      |        |
| B <sub>1</sub> (m)                                | 0,19               |  |                  |                       |               |                      |        |
| σ <sub>c1</sub> (MPa)                             | 6,65               |  |                  |                       |               |                      |        |
| C=C <sub>2</sub> (kN)                             | 2294,4             | σ <sub>Ed</sub> /σ <sub>Rd,max</sub>                       | 11,1%            | <b>VERIFICA OK</b>    |               |                      |        |
| B <sub>2</sub> (m)                                | 0,70               |  |                  |                       |               |                      |        |
| σ <sub>c2</sub> (MPa)                             | 1,81               |  |                  |                       |               |                      |        |

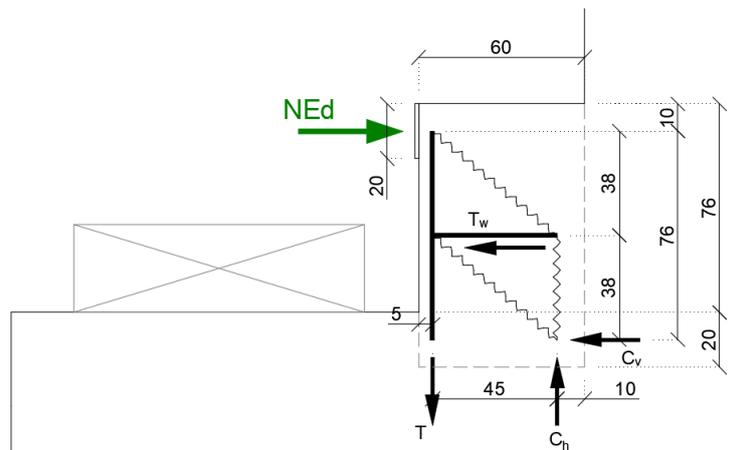
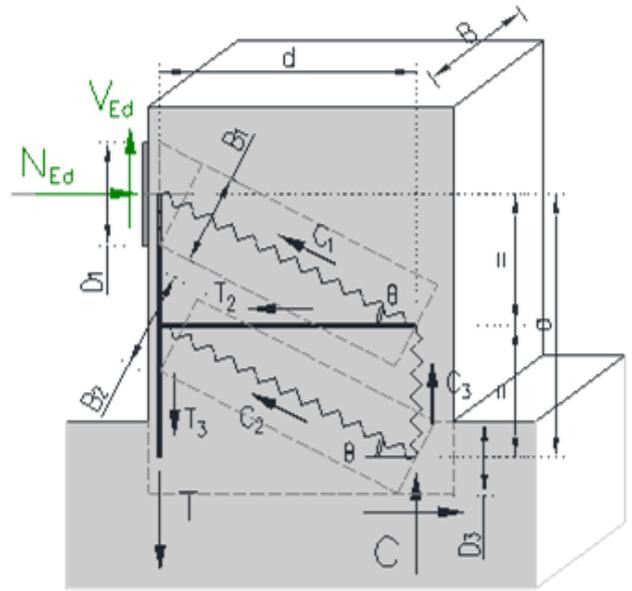


Figura 46 – Schema delle verifiche locali del ritegno longitudinale

|   |  |   |           |   |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 175    |

### 13. RIEPILOGO INCIDENZE C.A.

Dalle verifiche effettuate sugli elementi in c.a. costituenti la sottostruttura in oggetto, si riassumono di seguito i principali valori di incidenza di armature previsti rispetto ai volumi totali di calcestruzzo.

| Sottostruttura | Plinto<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Elevazione<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Muri<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Paraghiaia<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Baggioli<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Ritegni<br>(kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| SPALLA SP2     | 90                             | 80                                 | 150                          | 100                                | 350                              | 450                             |

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |        |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | 176    |

## 14. APPOGGI E GIUNTI

### 14.1 APPOGGI

Gli apparecchi d'appoggio sono dimensionati per le massime azioni statiche orizzontali, trasversali e verticali in condizione statica SLU e sismica SLV, con riferimento all'analisi elastica con  $q=1.00$ .

Le massime azioni sismiche assorbite dai vincoli dell'impalcato in c.a.p L=25 m sono state valutate considerando lo spettro elastico longitudinale o trasversale.

|   |         |                       |
|---|---------|-----------------------|
| Massa efficace longitudinale (kg)           | 1288603 | (Intera campata)      |
| Massa efficace trasversale (kg)             | 687982  | (Mezza campata)       |
| Massa efficace verticale (kg)               | 687982  | (Mezza campata)       |
| Forza sismica longitudinale (kN)            | 3558    |                       |
| Forza sismica trasversale (kN)              | 1900    |                       |
| Forza sismica verticale (kN)                | 950     |                       |
| Spettro elastico longitudinale $S_e(T)$ (g) | 0,2814  | (vedi calcolo spalle) |
| Spettro elastico trasversale $S_e(T)$ (g)   | 0,2814  |                       |
| Spettro elastico verticale $S_{ve}(T)$ (g)  | 0,1407  |                       |

| APPOGGI                | Appoggio (F) |             |              | Appoggio (UL) |              |              | Appoggio (M) |           |              |
|------------------------|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|
|                        | Long.        | Trasv.      | Vert.        | Long.         | Trasv.       | Vert.        | Long.        | Trasv.    | Vert.        |
| <b>SLU PERM</b>        |              |             |              |               |              |              |              |           |              |
| <b>Max (kN)</b>        | ±0           | ±0          | +1350        | ±0            | ±0           | +1350        | ±0           | ±0        | +2750        |
| <b>Min (kN)</b>        | ±0           | ±0          | +1350        | ±0            | ±0           | +1350        | ±0           | ±0        | +2750        |
| <b>SLU</b>             |              |             |              |               |              |              |              |           |              |
| <b>Max (kN)</b>        | ±300         | ±100        | +3100        | ±0            | ±200         | +3350        | ±0           | ±0        | +4300        |
| <b>Min (kN)</b>        | -±850        | -±50        | +950         | ±0            | -±100        | +950         | ±0           | ±0        | +1550        |
| <b>SLV</b>             |              |             |              |               |              |              |              |           |              |
| <b>Max (kN)</b>        | ±2000        | ±950        | +1300        | ±0            | ±1900        | +1300        | ±0           | ±0        | +2250        |
| <b>Min (kN)</b>        | -±1600       | -±950       | +700         | ±0            | -±1900       | +700         | ±0           | ±0        | +1400        |
| <b>TOTALE (kN)</b>     | <b>±2000</b> | <b>±950</b> | <b>±3100</b> | <b>±0</b>     | <b>±1900</b> | <b>±3350</b> | <b>±0</b>    | <b>±0</b> | <b>±4300</b> |
| <b>Spost. Max (mm)</b> | -            | -           | -            | <b>±110</b>   | -            | -            | <b>±110</b>  | <b>±5</b> | -            |

### 14.2 ESCURSIONE DEI GIUNTI

In accordo con il p.to 2.5.2.1.5.1 del RFI DTC SICS PS MA IFS 001 A, per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio può essere valutata come segue:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2D_t + 4d_{Ed} \cdot k_2 + 2d_{eg})$$

$E_1$  spostamento dovuto alla variazione termica uniforme

$E_2$  spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica

$E_3$  spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni non collegate

|   |  |   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |            |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| MANDATARIA<br> |  | 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>VI10 da km 20+236,96 a km 20+261,96:</b><br><b>Relazione di calcolo Spalla S2</b>            |  |   |  | 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>VI</b>          | <b>10</b> | <b>04</b> | <b>002</b> | <b>B</b> | <b>177</b> |

- $k_1$  coefficiente di non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo  
 $k_2$  coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti  
 $d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$  spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento  $d_E$  prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 delle NTC 2008  
 $d_{Ee}$  spostamento corrispondente al periodo di vibrazione della pila ricavato dallo spettro elastico in termini di spostamento e  $\mu_D = q$  per  $T_1 \geq T_C$  oppure  $\mu_D = 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1$  per  $T_1 < T_C$  e con la limitazione  $\mu_D \leq 5q-4$  ( $q$  è il fattore di struttura).  
 $d_{eg}$  spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 delle NTC 2008. Il valore di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo di un punto può calcolarsi come  $d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C T_D$   
 $a_g, S, T_C, T_D$  parametri sismici definiti ai capitoli precedenti

Nel caso in esame si suppone in via cautelativa che tale spostamento assoluto coincida con lo spostamento relativo tra due punti, ossia si sta valutando lo spostamento relativo della fondazione in esame rispetto ad un punto fermo.

| NOME: <b>SPALLA S2</b>              |                 | CALCOLO GIUNTI IMPALCATO (MdP ITF Opere civili 2019) |                                       |  |                | Rev. 00              |              |            |            |              |                         |
|-------------------------------------|-----------------|--|---------------------------------------|--|----------------|----------------------|--------------|------------|------------|--------------|-------------------------|
| SPOSTAMENTO (§2.5.2.1.5.1)          |                 |  |                                       |  |                |                      |              |            |            |              |                         |
| 1) Termico uniforme                 |                 | 2) Sismico strutturale                               |                                       | 3) Sismico fondazioni non collegate              |                |                      |              |            |            |              |                         |
| $E_1$ (mm)                          | 11,3            | +  | $E_2$ (mm)                            | 69,4   | +              | $E_3$ (mm)           | 166,6        | =          | $E_L$ (mm) | 111,2        |                         |
| $E_T$ (mm)                          | ±5,6            |  | $d_{Ed}$ (mm)                         | ±31,5  |                | $d_{eg}$ (mm)        | ±83,3        |            | $k_1$      | <b>0,45</b>  |                         |
|                                     |                 |  | $k_2$                                 | <b>0,55</b>                                      |                | $a_g$ SLV (g)        | <b>0,242</b> |            | ↓          | Zona sismica | ag<0.25g                |
| L (mm)                              | <b>25000</b>    |  | $\mu_d$                               | 1,00   |                | S                    | <b>1,163</b> |            |            | $E_0$ (mm)   | 130,5                   |
| $\alpha$ (1/°Cm)                    | <b>1,00E-05</b> |  | q                                     | <b>1,00</b>                                      |                | $T_B$ (s)            | <b>0,157</b> |            |            | ↓            | $E_L$ (mm) > $E_0$ (mm) |
| $\Delta T$ (°C)                     | <b>±22,5</b>    |  | $T_1$ (s)                             | 0,000  |                | $T_C$ (s)            | <b>0,470</b> |            |            | ↓            | > $E_1$ (mm)            |
|                                     |                 |  |                                       |  |                | $T_D$ (s)            | <b>2,567</b> |            |            | ↓            | > $E_2$ (mm)            |
|                                     |                 |  |                                       |  |                | $F_0$                | <b>2,452</b> |            |            | ↓            | > $E_3$ (mm)            |
|                                     |                 |  | Spostamento sismico a livello giunti: |  |                |                      |              |            |            |              |                         |
|                                     |                 |  | $d_{Ee}$ (mm)                         | 31,5 (da calcoli)                                |                |                      |              |            |            |              |                         |
| CORSA APPOGGI MOBILI (§2.5.2.1.5.2) |                 |  |                                       | $\pm (E_L/2 + \text{Min}(E_L/8; 15 \text{ mm}))$ |                | $\pm 98 \text{ mm}$  |              |            |            |              |                         |
| ESCURSIONI GIUNTI (§2.5.2.1.5.3)    |                 |  |                                       | $\pm (E_L/2 + 10 \text{ mm})$                    |                | $\pm 93 \text{ mm}$  |              |            |            |              |                         |
|                                     |                 | OK   | Escursione giunti progetto            |  | <b>±110 mm</b> |                      | ←            | $E_L$ (mm) | 166,6      |              |                         |
| AMPIEZZA VARCHI (§2.5.2.1.5.4)      |                 |  |                                       | $V \geq (E_L/2 + 20 \text{ mm})$                 |                | $\pm 103 \text{ mm}$ |              |            |            |              |                         |
|                                     |                 | OK   | Varco impalcati progetto              |  | <b>±150 mm</b> |                      |              |            |            |              |                         |