

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

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

ELABORATI GENERALI

Impalcato in c.a.p. L=25,00 m (Lc=22,8m) doppio binario

Relazione di calcolo

| APPALTATORE   | DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE  | PROGETTISTA                                 |
|---|--|---|
| Consorzio HIRPINIA AV<br>Il Direttore Tecnico<br>Ing. Vincenzo Moriello<br><br>21/02/2020 | Il Responsabile integrazione fra le varie<br>prestazioni specialistiche<br>Ing. G. Cassani | <b>Alpina</b> Sp.A.<br><br>Ing. P. Galvanin |

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. | SCALA: |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|--------|
| IF28     | 01    | E    | ZZ   | CL        | VI0008           | 001    | A    | -      |

| Rev. | Descrizione            | Redatto        | Data       | Verificato   | Data       | Approvato     | Data       | Autorizzato Data |
|------|------------------------|----------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|------------------|
| A    | Emissione per consegna | G. Pallavicini | 21/02/2020 | L. Zanelotti | 21/02/2020 | M. Vernaleone | 21/02/2020 | Ing. P. Galvanin |
|      |                        |                |            |              |            |               |            |                  |
|      |                        |                |            |              |            |               |            |                  |
|      |                        |                |            |              |            |               |            |                  |

21/02/2020

File: IF2801EZZCLVI0008001A

n. Elab.: -

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.         | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u><br>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A. |   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>2 di 113 |

## Indice

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>PREMESSA .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>SCOPO DEL DOCUMENTO .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>3.</b> | <b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>                        | <b>6</b>  |
| 3.1       | <b>NORMATIVE .....</b>  | <b>6</b>  |
| 3.2       | <b>ELABORATI DI RIFERIMENTO .....</b>                                   | <b>6</b>  |
| <b>4</b>  | <b>MATERIALI.....</b>   | <b>7</b>  |
| 4.1       | <b>CALCESTRUZZO PER TRAVI IN C.A.P. E TRAVERSI .....</b>                | <b>7</b>  |
| 4.2       | <b>CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA IMPALCATO E PREDALLES .....</b>      | <b>7</b>  |
| 4.3       | <b>ACCIAIO PER C.A. ....</b>  | <b>8</b>  |
| 4.4       | <b>ACCIAIO PER C.A.P.....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>5</b>  | <b>DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</b>                                      | <b>9</b>  |
| <b>6</b>  | <b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>  | <b>11</b> |
| 6.1       | <b>PESO PROPRIO (G1) .....</b>  | <b>11</b> |
| 6.2       | <b>PERMANENTI PORTATI (G2) .....</b>                                    | <b>12</b> |
| 6.2.1     | <b>MASSICCIAA, ARMAMENTO E IMPERMEABILIZZAZIONE.....</b>                | <b>12</b> |
| 6.2.2     | <b>BARRIERE ANTIRUMORE .....</b>  | <b>12</b> |
| 6.2.3     | <b>CANALETTE PORTACAVI E MARCIAPIEDI FFP O GALLERIAEQUIVALENTE.....</b> | <b>12</b> |
| 6.2.4     | <b>ALTRE AZIONI PERMANENTI.....</b>                                     | <b>13</b> |
| 6.3       | <b>AZIONI VARIABILI.....</b>  | <b>13</b> |
| 6.3.1     | <b>TRENI DI CARICO .....</b>  | <b>13</b> |
| 6.3.2     | <b>CARICHI SUI MARCIAPIEDI .....</b>                                    | <b>17</b> |
| 6.3.3     | <b>FORZA CENTRIFUGA .....</b>   | <b>17</b> |
| 6.3.4     | <b>SERPEGGIO .....</b>  | <b>18</b> |
| 6.3.5     | <b>AVVIAMENTO E FRENATURA .....</b>                                     | <b>19</b> |
| 6.3.6     | <b>TRASLAZIONE TBM (TUNNEL BORING MACHINE) .....</b>                    | <b>20</b> |
| 6.4       | <b>AZIONI DINAMICHE .....</b>   | <b>21</b> |
| 6.4.1     | <b>AZIONI DOVUTE AL DERAGLIAMENTO .....</b>                             | <b>23</b> |
| 6.4.2     | <b>RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI .....</b>                             | <b>25</b> |
| 6.5       | <b>AZIONI CLIMATICHE.....</b>   | <b>25</b> |
| 6.5.1     | <b>VARIAZIONE TERMICA UNIFORME.....</b>                                 | <b>25</b> |
| 6.5.2     | <b>VARIAZIONE TERMICA NON UNIFORME.....</b>                             | <b>25</b> |
| 6.5.3     | <b>VENTO.....</b>   | <b>25</b> |
| 6.6       | <b>AZIONI INDIRETTE.....</b>  | <b>27</b> |
| 6.6.1     | <b>RITIRO.....</b>  | <b>27</b> |

|  |   |          |            |      |          |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
|--|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio  Soci          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>   |          |            |      |          |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria  Mandanti   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0008 001</td> <td>A</td> <td>3 di 113</td> </tr> </table> |          |            |      |          |  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 3 di 113 |
| COMMESSA   | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| IF28   | 01  | E ZZ CL  | VI0008 001 | A    | 3 di 113 |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 6.6.2     | RITIRO DELLA TRAVE IN C.A.P.....  | 27        |
| 6.6.3     | RITIRO DELLA SOLETTA GETTATA.....   | 28        |
| 6.6.4     | VISCOSITÀ .....   | 29        |
| 6.6.5     | VISCOSITÀ PER VALUTAZIONE PERDITE DI PRECOMPRESSIONE .....                | 30        |
| 6.6.6     | VISCOSITÀ PER VALUTAZIONE CARATTERISTICHE SEZIONE COMPOSTA A T = INF..... | 31        |
| 6.6.7     | AZIONI SISMICHE .....   | 32        |
| <b>7</b>  | <b>FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE .....</b>                              | <b>33</b> |
| 7.1       | MODELLAZIONE: GENERALITÀ .....  | 35        |
| 7.1.1     | MODELLO FASE 0 .....  | 35        |
| 7.1.2     | MODELLO FASE 1 .....  | 36        |
| 7.1.3     | MODELLO FASE 2 .....  | 37        |
| 7.1.4     | MODELLO FASE 3A.....  | 38        |
| 7.1.4     | MODELLO FASE 3B.....  | 39        |
| 7.2       | COMBINAZIONI DI CARICO .....  | 40        |
| <b>8</b>  | <b>EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE.....</b>  | <b>43</b> |
| 8.1       | SOLLECITAZIONI.....   | 44        |
| 8.2       | VERIFICHE TENSIONALI .....  | 50        |
| 8.2.1     | MATERIALI.....  | 50        |
| 8.2.2     | MASCHERA PRECOMPRESSIONE.....   | 52        |
| 8.2.3     | CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI.....  | 54        |
| 8.2.4     | FASE 0 .....  | 54        |
| 8.2.5     | FASE 1 .....  | 56        |
| 8.2.6     | FASE 2 .....  | 58        |
| 8.2.7     | FASE 3 .....  | 63        |
| 8.3       | VERIFICHE A FESSURAZIONE.....   | 64        |
| <b>9</b>  | <b>EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE AGLI SLU .....</b>            | <b>65</b> |
| 9.1       | SOLLECITAZIONI A PRESSOFLESSIONE.....                                     | 65        |
| 9.2       | VERIFICHE DI RESISTENZA .....   | 66        |
| 9.2.1     | MATERIALI.....  | 67        |
| 9.2.2     | DATI GEOMETRICI SEZIONE .....   | 69        |
| 9.2.3     | CALCOLO .....   | 70        |
| 9.3       | SOLLECITAZIONI A TAGLIO.....  | 72        |
| 9.4       | VERIFICHE DI RESISTENZA .....   | 74        |
| <b>10</b> | <b>TRAVERSI – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE .....</b>                     | <b>77</b> |
| <b>11</b> | <b>EFFETTI LOCALI SULL’IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE.....</b>           | <b>82</b> |
| 11.1      | ANALISI DEI CARICHI.....  | 82        |
| 11.1.1    | PESO PROPRIO (G1).....  | 82        |

|  |   |          |            |      |          |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
|--|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio  Soci          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>   |          |            |      |          |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria  Mandanti   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0008 001</td> <td>A</td> <td>4 di 113</td> </tr> </table> |          |            |      |          |  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 4 di 113 |
| COMMESSA   | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| IF28   | 01  | E ZZ CL  | VI0008 001 | A    | 4 di 113 |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |

|  |            |
|--|------------|
| 11.1.2 MASSICCIA TA, ARMAMENTO E IMPERMEABILIZZAZIONE.....                               | 82         |
| 11.1.3 BARRIERE ANTIRUMORE – TIPO H4 .....   | 83         |
| 11.1.4 PALO T.E. ....  | 83         |
| 11.1.5 CANALETTE PORTACAVI E MARCIAPIEDI FFP O GALLERIAEQUIVALENTE.....                  | 83         |
| 11.1.6 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO .....   | 84         |
| 11.1.7 CARICHI SUI MARCIAPIEDI .....   | 85         |
| 11.1.8 FORZA CENTRIFUGA .....  | 85         |
| 11.1.9 SERPEGGIO .....   | 85         |
| 11.1.10 AVVIAMENTO E FRENATURA.....  | 86         |
| 11.1.11 AZIONI DINAMICHE.....  | 86         |
| 11.1.12 AZIONI DOVUTE AL DERAGLIAMENTO .....   | 86         |
| 11.1.13 AZIONI CLIMATICHE .....  | 86         |
| 11.1.14 VENTO.....   | 87         |
| 11.2 VERIFICHE SLU.....  | 88         |
| 11.2.1 SEZIONE DI INCASTRO DELLO SBALZO .....  | 88         |
| 11.2.2 SEZIONE DI MEZZERIA (COMPRESA TRA LE ANIME DEL PREFABBRICATO).....                | 91         |
| 11.2.3 VERIFICA A PUNZONAMENTO DEL PALO T.E.....   | 94         |
| 11.2.4 VERIFICA A PUNZONAMENTO DELL'ASSE TBM.....  | 95         |
| 11.3 VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO.....                                       | 96         |
| 11.3.1 COAZIONI INTERNE LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO .....                 | 96         |
| 11.3.2 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO .....     | 97         |
| <b>12 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE.....</b>   | <b>99</b>  |
| 12.1 VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO).....                                     | 99         |
| 12.2 VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI COMFORT .....  | 99         |
| <b>13 AZIONI SUGLI APPOGGI.....</b>  | <b>100</b> |
| 13.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA PER $V_N=75$ ANNI E $C_U=1.5$ ( $V_R=112.5$ ) ..... | 100        |
| 13.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO E STRATEGIA DI PROGETTAZIONE .....     | 100        |
| 13.1.2 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO .....   | 102        |
| 13.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SUGLI APPOGGI .....   | 109        |
| 13.2.1 APPOGGI PER IMPALCATI CON $V_N=75$ ANNI E $C_U=1.5$ ( $V_R=112.5$ ).....          | 109        |
| <b>14 DIMENSIONAMENTO MARCIAPIEDI FFP O GALLERIA EQUIVALENTE .....</b>                   | <b>111</b> |

|   |   |          |            |      |          |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
|---|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>   |          |            |      |          |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0008 001</td> <td>A</td> <td>5 di 113</td> </tr> </table> |          |            |      |          |  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 5 di 113 |
| COMMESSA  | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| IF28  | 01  | E ZZ CL  | VI0008 001 | A    | 5 di 113 |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  |   |          |            |      |          |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |

## 1. PREMESSA

Nell'ambito dell'Itinerario Napoli-Bari si inserisce il Raddoppio della Tratta Apice-Orsara - I° Lotto Funzionale Apice- Hirpinia oggetto di progettazione esecutiva.

## 2. SCOPO DEL DOCUMENTO

Nel presente documento di calcolo è riportata l'analisi strutturale relativa agli impalcati ferroviari in c.a.p., costituiti da 4 travi a cassoncino accostate e soletta di completamento gettata in opera, di portata teorica pari a  $L=22.80m$  (interasse fra le pile/fra le pile e le spalle pari a  $L=25m$ ). Tale tipologia strutturale è frequentemente impiegata nell'ambito del *Raddoppio della Tratta Apice-Orsara* di cui al § 1. Le analisi strutturali anzidette involuppano cautelativamente le peggiori condizioni di impiego, in termini di azioni (sismiche, vento, centrifuga, etc.), della tipologia strutturale in questione.

|  |   |                    |                            |                                |                  |                           |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                           |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                           |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>6 di 113</b> |

### 3. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 NORMATIVE

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

[1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»

[2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»

[3] Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture

[4] Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale

[5] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea

#### 3.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

|   |  |             |                     |                         |           |                    |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>7 di 113 |

## 4 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

### 4.1 CALCESTRUZZO PER TRAVI IN C.A.P. E TRAVERSI

| Classe          | C45/55 |     |  |
|-----------------|--------|-----|--|
| $R_{ck} =$      | 55     | MPa | <i>resistenza caratteristica cubica</i>            |
| $f_{ck} =$      | 45     | MPa | <i>resistenza caratteristica cilindrica</i>        |
| $f_{cm} =$      | 53     | MPa | <i>valor medio resistenza cilindrica</i>           |
| $\alpha_{cc} =$ | 0,85   |     | <i>coeff. rid. Per carichi di lunga durata</i>     |
| $g_M =$         | 1,5    | -   | <i>coefficiente parziale di sicurezza SLU</i>      |
| $f_{cd} =$      | 25,50  | MPa | <i>resistenza di progetto</i>                      |
| $f_{ctm} =$     | 3,80   | MPa | <i>resistenza media a trazione semplice</i>        |
| $f_{ctm} =$     | 4,55   | MPa | <i>resistenza media a trazione per flessione</i>   |
| $f_{ctk} =$     | 2,66   | MPa | <i>valore caratteristico resistenza a trazione</i> |
| $E_{cm} =$      | 36283  | MPa | <i>Modulo elastico di progetto</i>                 |
| $\nu =$         | 0,2    |     | <i>Coefficiente di Poisson</i>                     |
| $G_c =$         | 15118  | MPa | <i>Modulo elastico Tangenziale di progetto</i>     |

### 4.2 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA IMPALCATO E PREDALLES

| Classe          | C32/40 |     |  |
|-----------------|--------|-----|--|
| $R_{ck} =$      | 40     | MPa | <i>resistenza caratteristica cubica</i>        |
| $f_{ck} =$      | 32     | MPa | <i>resistenza caratteristica cilindrica</i>    |
| $f_{cm} =$      | 40     | MPa | <i>valor medio resistenza cilindrica</i>       |
| $\alpha_{cc} =$ | 0,85   |     | <i>coeff. rid. Per carichi di lunga durata</i> |
| $g_M =$         | 1,5    | -   | <i>coefficiente parziale di sicurezza SLU</i>  |
| $f_{cd} =$      | 18,13  | MPa | <i>resistenza di progetto</i>                  |
| $f_{ctm} =$     | 3,02   | MPa | <i>resistenza media a trazione semplice</i>    |

|   |  |             |                     |                         |           |                    |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>8 di 113 |

|             |       |     |   |
|-------------|-------|-----|---|
| $f_{cm} =$  | 3,63  | MPa | resistenza media a trazione per flessione   |
| $f_{ctk} =$ | 2,12  | MPa | valore caratteristico resistenza a trazione |
| $E_{cm} =$  | 33346 | MPa | Modulo elastico di progetto                 |
| $\nu =$     | 0,2   |     | Coefficiente di Poisson                     |
| $G_c =$     | 13894 | MPa | Modulo elastico Tangenziale di progetto     |

### 4.3 ACCIAIO PER C.A.

|                              |        |     |  |
|------------------------------|--------|-----|--|
| <b>B450C</b>                 |        |     |  |
| $f_{yk} \geq$                | 450    | MPa | tensione caratteristica di snervamento |
| $f_{tk} \geq$                | 540    | MPa | tensione caratteristica di rottura     |
| $(f_t/f_y)_k \geq$           | 1,15   |     |  |
| $(f_t/f_y)_k <$              | 1,35   |     |  |
| $g_s =$                      | 1,15   | -   | coefficiente parziale di sicurezza SLU |
| $f_{yd} =$                   | 391,3  | MPa | tensione caratteristica di snervamento |
| $E_s =$                      | 200000 | MPa | Modulo elastico di progetto            |
| $\epsilon_{yd} =$            | 0,196% |     | deformazione di progetto a snervamento |
| $\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$ | 7,50%  |     | deformazione caratteristica ultima     |

### 4.4 ACCIAIO PER C.A.P.

|  |         |     |   |
|--|---------|-----|---|
| <b>Trefoli <math>\Phi 0.6''</math> (<math>A=139 \text{ mm}^2</math>)</b> |         |     |   |
| $f_{pk} \geq$  | 1860    | MPa | tensione caratteristica di rottura                |
| $f_{p(0,1)k} \geq$   | -       | MPa | tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua |
| $f_{p(1)k} \geq$   | 1670    | MPa | tensione caratteristica allo 1% di def. Totale    |
| Allung. Per carico max.  | 3,50%   | -   |   |
| $E_p =$  | 195.000 | MPa | Modulo elastico di progetto                       |
| $\gamma_s =$   | 1,15    | -   | coefficiente parziale di sicurezza SLU            |
| $f_{pd} =$   | 1456    | MPa | tensione caratteristica di snervamento            |
| $\epsilon_{ypd} = f_{pd} / E_p$  | 0,75%   | -   | deformazione di progetto a snervamento            |
| $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$                               | 3,15%   | -   | deformazione caratteristica ultima                |

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                    |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |             |                     |                         |           |                    |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>9 di 113 |

## 5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato a doppio binario è realizzato con 4 cassoncini accostati in c.a.p. e soletta gettata in opera. La luce è pari a 25.00 m misurata dall'asse delle pile. La lunghezza complessiva delle travi prefabbricate è pari a 24.30 m. La luce tra gli appoggi (portata teorica) è pari a 22.80 m. Lo schema di calcolo è di trave in semplice appoggio.

Lo schema degli appoggi, riportato di seguito, prevede un dispositivo sotto ogni trave. La larghezza dell'impalcato è pari a 13.70 m, necessaria al fine di ospitare il *tipologico RFI* per le barriere antirumore. L'armamento è di tipo tradizionale su ballast e l'interasse tra i binari è pari a 4.0 m. Oltre i traversi di testata, sono previsti due traversi intermedi; i traversi saranno solidarizzati mediante trefoli post-tesi iniettati. Di seguito si riportano delle viste in pianta, prospetto e sezione dell'impalcato tipologico, oltre che lo schema di disposizione dei vincoli previsto.

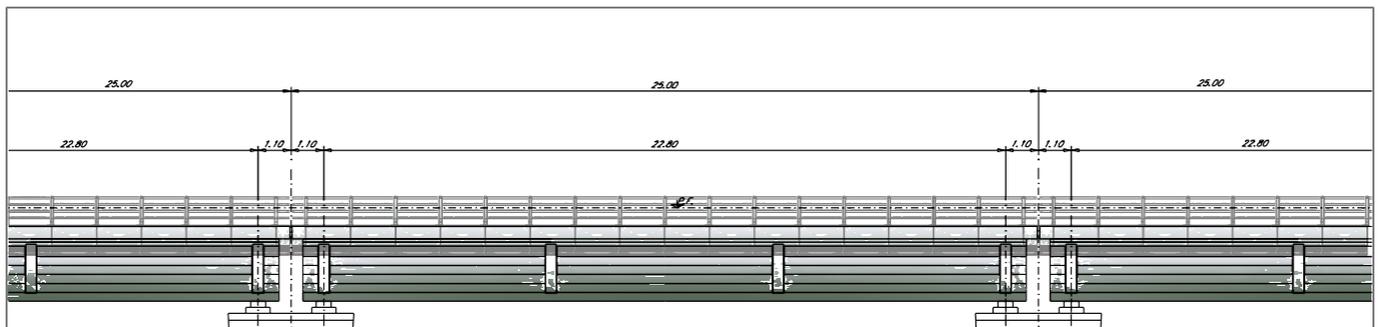


Figura 1 – Prospetto tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

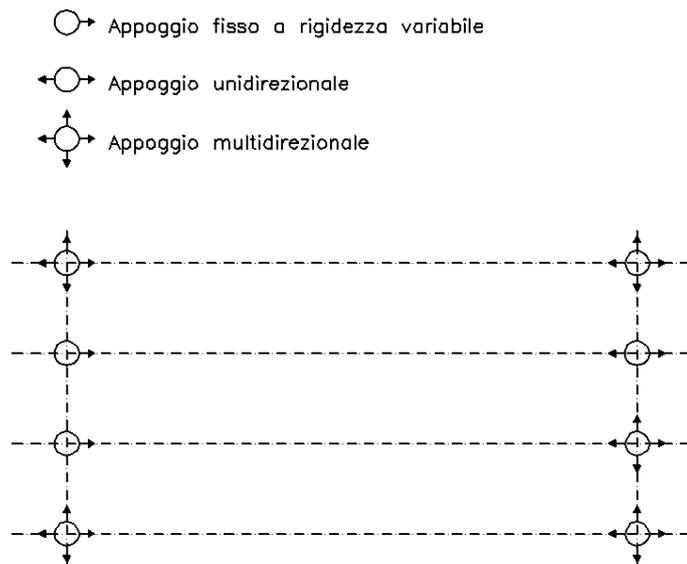


Figura 2 – schema di disposizione degli appoggi

APPALTATORE:  
 Consorzio Soci  
 HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.

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

PROGETTAZIONE:  
 Mandataria Mandanti  
 ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.

PROGETTO ESECUTIVO  
 Relazione di calcolo

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 IF28 01 E ZZ CL VI0008 001 A 10 di 113

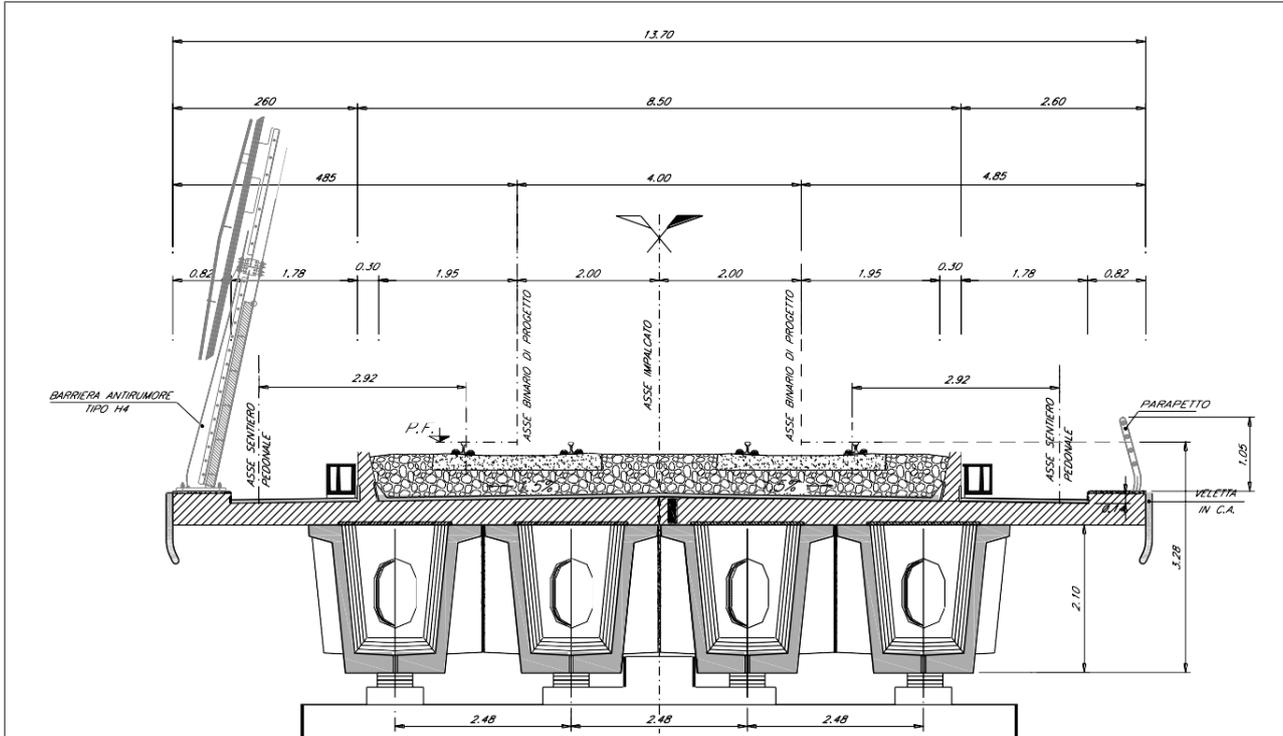


Figura 3–Sezione tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

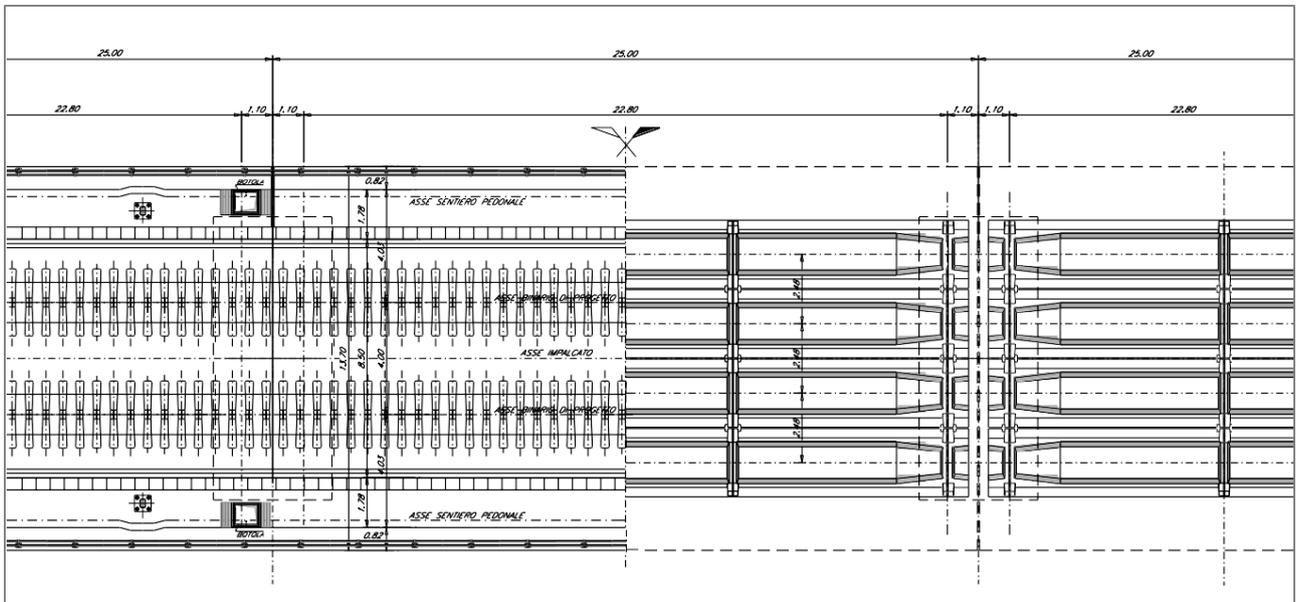


Figura 4– Pianta tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>11 di 113</b> |

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 PESO PROPRIO (G1)

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

Di seguito si riporta la stima dei pesi propri considerati.

#### Elementi prefabbricati:

- Trave prefabbricata – sezione di appoggio  
 $A_{cls} = 2.01 \text{ m}^2$      $Pp1 = 2.01 \times 25 = 50.25 \text{ kN/m}$
- Trave prefabbricata – sezione di transizione (media)  
 $A_{cls} = 1.60 \text{ m}^2$      $Pp2 = 1.60 \times 25 = 40.00 \text{ kN/m}$
- Trave prefabbricata – sezione corrente  
 $A_{cls} = 1.13 \text{ m}^2$      $Pp3 = 1.13 \times 25 = 28.25 \text{ kN/m}$
- Traversi di testata(per ogni trave)  
 $A_{cls} = 4.77 - 2.01 = 2.76 \text{ m}^2$ ;  $sp = 0.40 \text{ m}$      $Pp4 = 2.76 \times 0.40 \times 25 = 27.6 \text{ kN}$
- Traversi intermedi (per ogni trave)  
 $A_{cls} = 4.77 - 1.13 = 3.64 \text{ m}^2$ ;  $sp = 0.25 \text{ m}$      $Pp4 = 3.64 \times 0.25 \times 25 = 22.75 \text{ kN}$

Il peso complessivo di ogni elemento prefabbricato è pari a:

$$G_{1,1} = (50,25 * 0,75 * 2) + (40 * 1,8 * 2) + (28,25 * 19,20) + (27,60 * 2) + (22,75 * 2) = \mathbf{863 \text{ kN}}$$

#### Elementi gettati in opera

- Soletta, muretti paraballast e cordoli  
 $A_{cls} = 5.41 \text{ m}^2$      $Pp5 = 5.41 \times 25 = 135.25 \text{ kN/m}$

Il peso complessivo degli elementi gettati in opera è pari a:

$$G_{1,2} = 135,25 * (25 - 0,10) = \mathbf{3368 \text{ kN}}$$

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>12 di 113</b> |

## 6.2 PERMANENTI PORTATI (G2)

### 6.2.1 Massicciata, armamento e impermeabilizzazione

Si assumono convenzionalmente i seguenti pesi di volume relativi alla massicciata, all'armamento e all'impermeabilizzazione

- Peso di volume in rettilineo: 18.00 kN/m<sup>3</sup>
- Peso di volume in curva: 20.00 kN/m<sup>3</sup>

A vantaggio di sicurezza si valuta l'azione sulla soletta di impalcato in riferimento al peso di volume in curva:

$$G_{1,2} = 20 * 0,80 = 16 \frac{kN}{m^2}$$

### 6.2.2 Barriere antirumore

Si considera un carico relativo alle barriere antirumore pari a 4.0 kN/m<sup>2</sup>. Considerando cautelativamente un'altezza massima di barriera pari a 5.0 m, si ottiene un carico lineare pari a:

$$G_{1,2} = 4 * 5m = 20 \frac{kN}{m}$$

per ogni lato dell'impalcato il carico lineare complessivo è pari a 40 kN/m.

### 6.2.3 Canalette portacavi e marciapiedi FFP o Galleria Equivalente

Lato camminamenti a ridosso dei muretti paraballast (sui lati esterni degli stessi) è prevista la presenza di canalette portacavi, nonché la presenza, ove progettualmente prevista, dei marciapiedi per *Fire Fighting Point (FFP)* o per *Galleria Equivalente*. Per il peso delle canalette portacavi ed il peso afferente ai marciapiedi *FFP* o *Galleria Equivalente* (valutato cautelativamente) si assume un carico linearmente distribuito complessivo pari a:

$G_{2,3} = q_{canalette} = 11.20 \text{ kN/m}$  per ogni lato dell'impalcato il carico lineare complessivo è pari a 22.40 kN/m.

|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                  Soci<br><b>HIRPINIA AV                  SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>      | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                  Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>13 di 113</b> |

### 6.2.4 Altre azioni permanenti

Non sono presenti sull'impalcato altre azioni permanenti (spinta delle terre, spinte idrauliche, ecc...).

## 6.3 AZIONI VARIABILI

### 6.3.1 Treni di carico

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente "α" che deve assumersi come da tabella seguente:

| MODELLO DI CARICO | COEFFICIENTE "α" |
|-------------------|------------------|
| LM71              | 1.1              |
| SW/0              | 1.1              |
| SW/2              | 1.0              |

Tabella 1–coefficienti α per modelli di carico

Non si considera il modello di carico SW/0 perché l'impalcato non è continuo.

#### Treno di carico LM71

Il Treno di carico LM71 è schematizzato nella figura seguente.

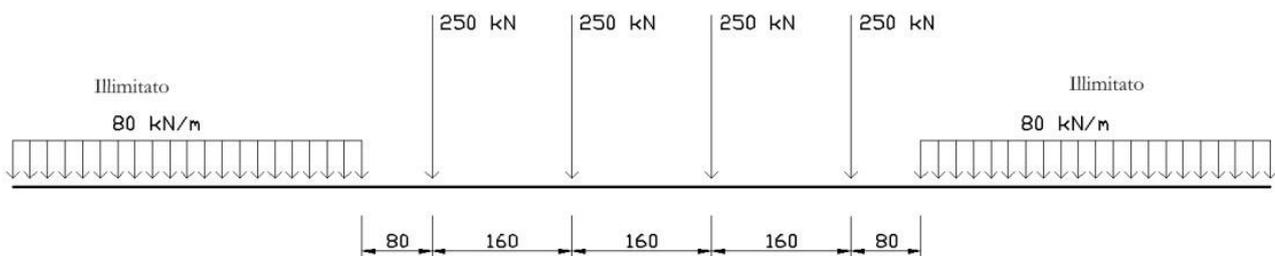


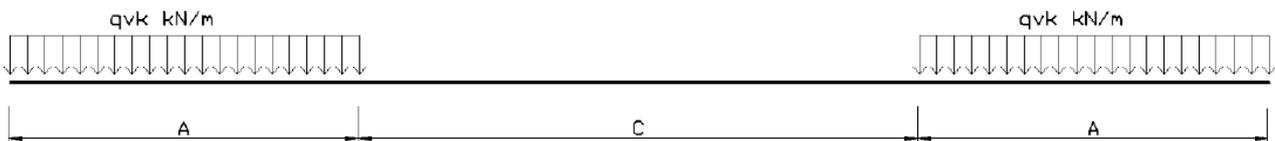
Figura 5– Treno di carico LM71

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>14 di 113</b> |

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario pari a  $s/18$ , con  $s=1435$  mm. Quindi, l'eccentricità considerata nel modo più sfavorevole per le strutture è pari a:  $e = \sim 80$  mm

### Treno di carico SW/2

Il Treno di carico SW/2 è schematizzato nella figura seguente.



**Figura 6– Treno di carico SW**

| Tipo di carico | Qvk [kN/m] | A [m] | C [m] |
|----------------|------------|-------|-------|
| SW/0           | 133        | 15.0  | 5.3   |
| SW/2           | 150        | 25.0  | 7.0   |

**Tabella 2–caratterizzazione treni di carico SW**

Nel presente documento, si è considerato solo il modello di carico SW/2.

### Treno scarico

Alcuni scenari di carico prevedono l'impiego del treno scarico, convenzionalmente costituito da un carico uniformemente distribuito pari a **10.00 kN/m**.

### Ripartizione locale dei carichi

Nelle analisi si sono considerati i seguenti meccanismi di ripartizione longitudinale dei carichi.

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                  Soci<br><b>HIRPINIA AV                  SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>      | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                  Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A.              NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>15 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   |   |                    |                            |                                |                  |                            |

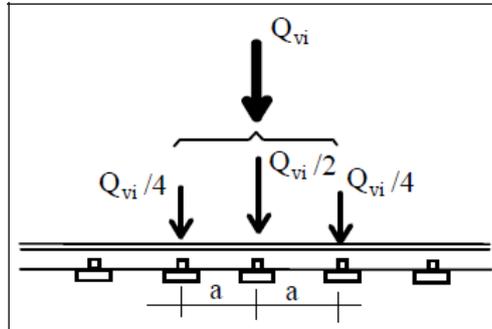


Figura 7– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo del binario

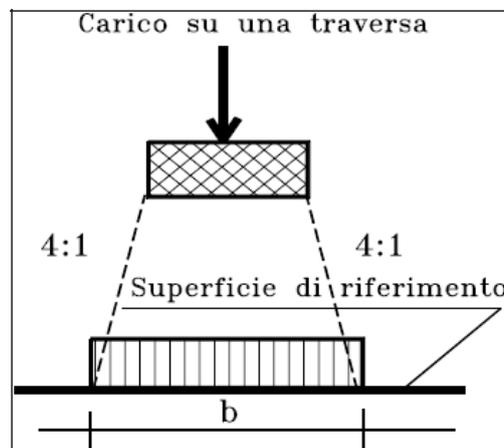


Figura 8– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast

La superficie di riferimento è la superficie di appoggio del ballast.

Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi:

- Larghezza traversine:  $B = 0,26 \text{ m}$
- Interasse traversine:  $i = 0,60 \text{ m}$
- Altezza di diffusione:  $h = 0,40 \text{ m}$

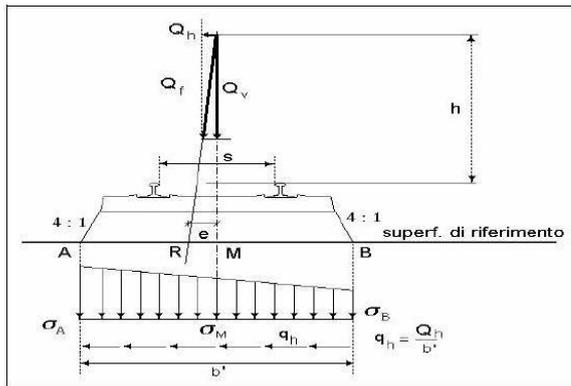
Larghezza di diffusione:  $b = B + 2 * \frac{h}{4} = 0,46 \text{ m} < i$

Il valore appena calcolato per la larghezza di diffusione sarà impiegato per la valutazioni degli effetti locali trasversali.

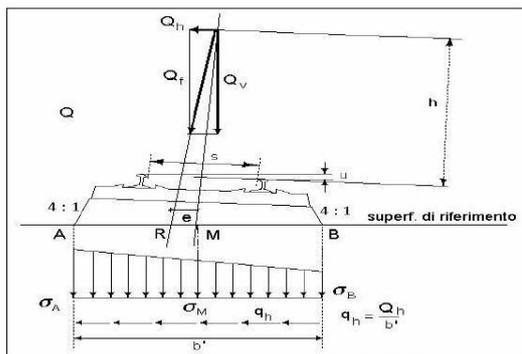
|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                  Soci<br><b>HIRPINIA AV                  SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>     | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                  Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>16 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  |   |                    |                            |                                |                  |                            |

Ripartizione trasversale

Nelle analisi si sono considerati i seguenti meccanismi di ripartizione trasversale dei carichi.



**Figura 9 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in rettilineo**



**Figura 10– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in curva**

La superficie di riferimento è la superficie di appoggio del ballast.

Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi. A vantaggio di sicurezza si adotta lo schema di ponte in rettilineo.

- Larghezza traversine:  $B = 2.40 \text{ m}$
- Altezza di diffusione:  $h = 0.40 \text{ m}$
- Larghezza di diffusione:  $b = B + 2 * \frac{h}{4} = 2,60\text{m} < i$

Il valore appena calcolato per la larghezza di diffusione sarà impiegato per la definizione del modello di calcolo globale e per la valutazioni degli effetti locali trasversali.

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>17 di 113 |

### 6.3.2 Carichi sui marciapiedi

I marciapiedi non aperti al pubblico sono utilizzati solo dal personale autorizzato. I carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di **10 kN/m<sup>2</sup>**.

Questo carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra i marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli. Per questo tipo di carico distribuito non deve applicarsi l'incremento dinamico.

### 6.3.3 Forza centrifuga

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 azioni centrifughe sono state valutate secondo le seguenti espressioni:

$$Q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

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

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo quanto riportato nella seguente tabella.

| Valore di $\alpha$ | Massima velocità della linea [Km/h] | Azione centrifuga basata su: |          |   |   | traffico verticale associato                            |
|--------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------|---|---|---|
|                    |                                     | V                            | $\alpha$ | f |   |   |
| SW/2               | $\geq 100$                          | 100                          | 1        | 1 | $1 \times 1 \times SW/2$                    | $\Phi \times 1 \times SW/2$                             |
|                    | $< 100$                             | V                            | 1        | 1 | $1 \times 1 \times SW/2$                    |   |
| LM71 e SW/0        | $> 120$                             | V                            | 1        | f | $1 \times f \times (LM71^{''} + SW/0)$      | $\Phi \times 1 \times 1 \times (LM71^{''} + SW/0)$      |
|                    |                                     | 120                          | $\alpha$ | 1 | $\alpha \times 1 \times (LM71^{''} + SW/0)$ | $\Phi \times \alpha \times 1 \times (LM71^{''} + SW/0)$ |
|                    | $\leq 120$                          | V                            | $\alpha$ | 1 | $\alpha \times 1 \times (LM71^{''} + SW/0)$ |   |

Tabella 3–Parametri per determinazione della forza centrifuga

|  |   |   |                     |                         |           |                     |
|--|---|---|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u><br>HIRPINIA AV        | <u>Soci</u><br>SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.   | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u><br>ROCKSOIL S.P.A. | <u>Mandanti</u><br>NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. |   |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo             | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01   | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>18 di 113 |

Si assumono le seguenti coppie di valori per velocità e raggi di curvatura:

| Tipo           | V [km/h] | R [m] | f |
|----------------|----------|-------|---|
| 1 - linea LM71 | 180      | 1550  | 1 |
| 2 - linea SW/2 | 100      | 500   | 1 |

Il caso 1 - linea LM71 involuppa il *caso a)* ed il *caso b)* previsti dal *Manuale di Progettazione delle Opere Civili* RFI DTC SI PS MA IFS 001 A (cfr. § 2.5.1.4.3.1) per il modello di carico LM71 e velocità superiori a 120km/h. Si rappresenta, inoltre, che i valori di calcolo considerati per la velocità (caso 1) e per i raggi di curvatura (caso 1 e caso 2) e sopra esplicitati sono tali da condurre ad una valutazione cautelativa delle azioni centrifughe caratteristiche e di progetto.

Si ottengono, pertanto, i seguenti valori caratteristici dell'azione centrifuga. I valori massimi sono impiegati nelle analisi.

| Tipo | treno | $Q_{vk}$ | $q_{vk}$ | V    | R    | f | $Q_{tk}$ | $q_{tk}$ |
|------|-------|----------|----------|------|------|---|----------|----------|
| -    |       | kN       | kN/m     | km/h | m    | - | kN       | kN/m     |
| 1    | LM71  | 250      | 80       | 180  | 1550 | 1 | 41,1     | 13,2     |
| 2    | SW/2  | 0        | 100      | 100  | 500  | 1 | 0,0      | 15,7     |

### 6.3.4 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a  $Q_{sk}=100$  kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$ , ma non per il coefficiente di incremento dinamico.

Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>19 di 113</b> |

### 6.3.5 Avviamento e frenatura

Le forze di frenatura e di avviamento si considera come azione agente sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso, come carico uniformemente distribuito. A vantaggio di sicurezza si trascurano gli effetti di interazione binario struttura.

Si considerano i seguenti valori delle azioni:

|  |           |                 |
|--|-----------|-----------------|
| Avviamento                               |           |                 |
| $Q_{Ia} = 33 \times 25 = 825 \text{ kN}$ | < 1000 kN | per LM71 e SW/2 |
| Frenatura                                |           |                 |
| $Q_{Ib} = 20 \times 25 = 500 \text{ kN}$ | < 6000 kN | per LM71        |
| $Q_{Ib} = 35 \times 25 = 875 \text{ kN}$ |           | per SW/2        |

Come previsto dalla normativa, si considerano due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura. Le azioni di frenatura ed avviamento si combinano con i relativi carichi da traffico verticali.

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.         | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>20 di 113 |

### 6.3.6 Traslazione TBM (Tunnel Boring Machine)

Durante le fasi di costruzione del viadotto VI02, l'impalcato sperimenterà una prima fase di esercizio che riguarda la traslazione di una macchina TBM che verrà adoperata nella costruzione di una galleria adiacente.

Viene descritto il modello di carico adoperato nel modello:

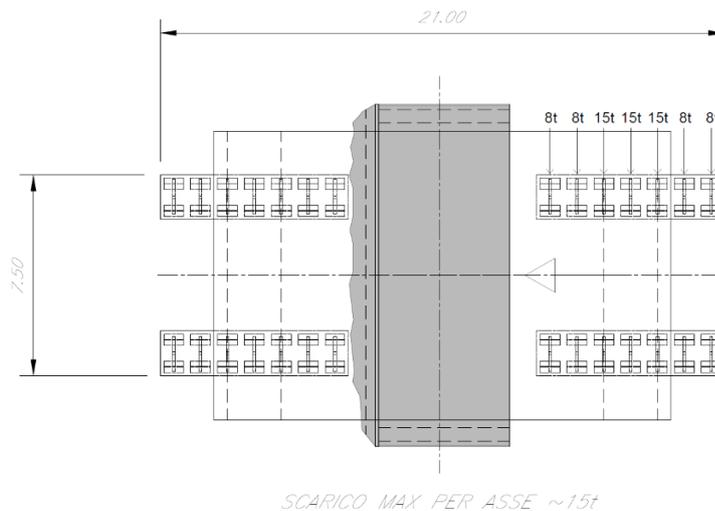
Peso concio TBM: 250 t

Peso carrelli: 45 t

$Q_{tot} = 250 + 45 = 295 * 1.05 = 310 \text{ t}$  (comprensivo di effetti dinamici)

Il carico totale viene ripartito nei 4 carrelli, dove ogni asse può sopportare un massimo di 15 t;

Scarico Carrello: **77 t**



**Figura 11 – schema di carico della TBM**

Ripartizione dei carichi:

Il carico della TBM attraverserà il viadotto quando l'impalcato sarà completo della sola soletta in c.a., di conseguenza il carico si ripartirà solo attraverso essa. Dimensioni del carrello:

$B_1 = 6,4 \text{ m}$  (longitudinale)

$B_2 = 1,44 \text{ m}$  (trasversale)

$h = 0,35 \text{ m}$  (altezza soletta in c.a)

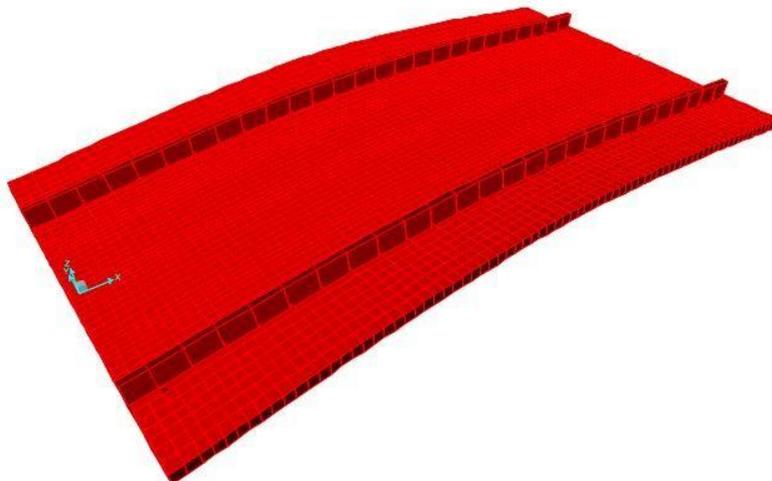
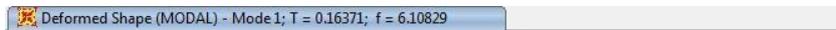
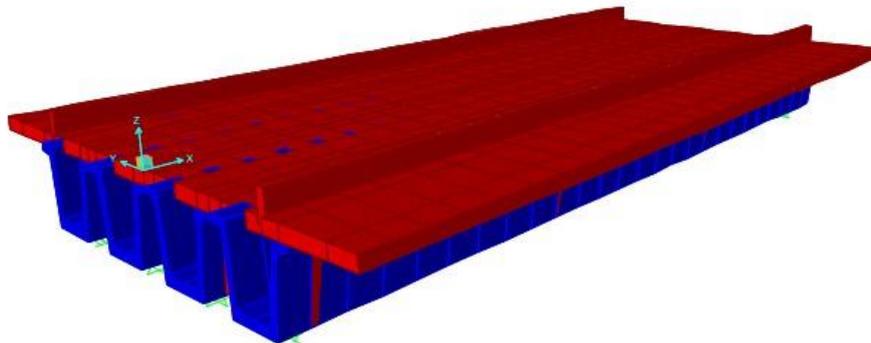
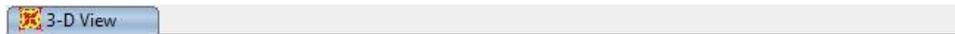
$$b_1 = B_1 + 2 * \frac{h}{2} = 6,75 \text{ m} \quad | \quad b_2 = B_2 + 2 * \frac{h}{2} = 1,79 \text{ m} \quad \rightarrow \quad Q_{TBM} = \frac{77 \text{ t}}{(6,75 * 1,79)} = 62,51 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>21 di 113</b> |

## 6.4 AZIONI DINAMICHE

Per ponti convenzionali e per velocità di percorrenza inferiori a 200 km/h, come nel caso in esame, se la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso (cfr. figura 1.4.2.4.2 del *Manuale di Progettazione delle Opere Civili* RFI DTC SI PS MA IFS 001 A) è sufficiente utilizzare il coefficiente dinamico  $\phi_3$  per tenere conto delle azioni dinamiche amplificando le sollecitazioni, le deformazioni e gli effetti delle vibrazioni della struttura.

Per il calcolo del periodo fondamentale dell'impalcato in oggetto è stata condotta una analisi modale FEM dell'impalcato stesso considerando, oltre al peso proprio, i soli carichi permanenti.



|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                  Soci<br><b>HIRPINIA AV                  SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                  Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                  NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>22 di 113</b> |

Valori limite per la frequenza naturale

|                             |             |              |    |   |
|-----------------------------|-------------|--------------|----|---|
| Luce caratteristica         | $L_{\phi}$  | <b>22.80</b> | m  |   |
| Limite superiore            | $n_{0,sup}$ | <b>9.139</b> | Hz | $n_{0,sup} = 94.76 L_{\phi}^{-0.748}$   |
| Limite inferiore            | $n_{0,inf}$ | <b>3.704</b> | Hz | $n_{0,inf} = 80 / L_{\phi}$<br>se $4m \leq L_{\phi} \leq 20m$<br><br>$n_{0,inf} = 23.58 L_{\phi}^{-0.592}$<br>se $20m < L_{\phi} \leq 100m$ |
| Prima frequenza flessionale | $n_0$       | <b>6.10</b>  | Hz | $n_{0,inf} < n_0 < n_{0,sup}$   |

Pertanto, in riferimento a quanto previsto per linee a normale standard manutentivo, si calcolano i seguenti coefficienti di amplificazione dinamica:

$$\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}^{-0,2}}} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{22,8^{-0,2}}} + 0,73 = 1,2 \quad \text{per effetti globali}$$

$$\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}^{-0,2}}} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{(1,50 \cdot 3)^{-0,2}}} + 0,73 = 1,854 \quad \text{per effetti locali}$$

avendo considerato per gli effetti globali la luce tra gli appoggi delle travi principali, mentre per gli effetti locali la luce della soletta tra le nervature delle travi principali pari a 1,50 m.

|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>23 di 113</b> |

### 6.4.1 Azioni dovute al deragliamento

In alternativa ai modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità che un locomotore o un carro pesante deragli. La normativa propone due diverse situazioni di progetto;

#### Caso 1:

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$  (comprensivo dell'effettodinamico) ciascuno. 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. (NTC).

Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentresono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

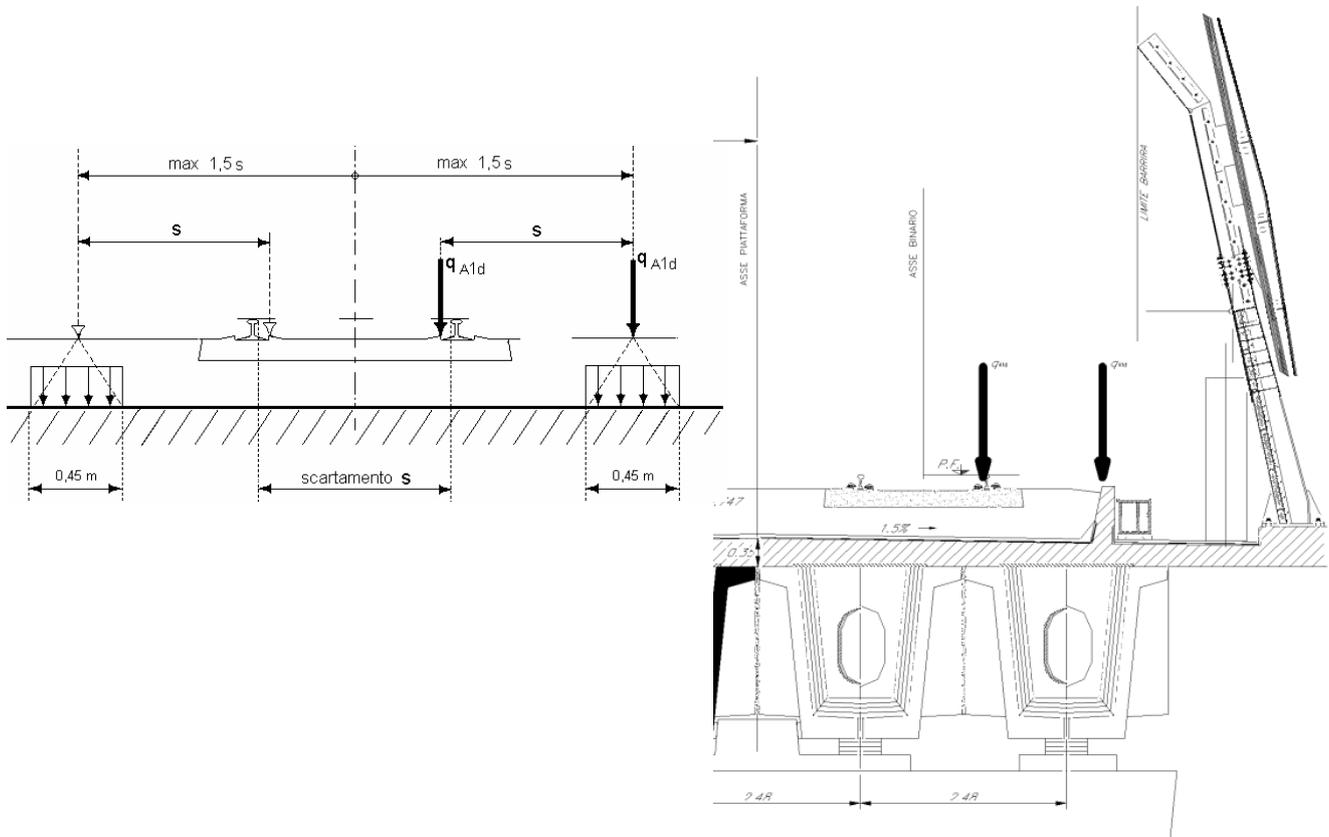


Figura 12– posizione azioni da deragliamento – caso 1

|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>24 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  |   |                    |                            |                                |                  |                            |

Caso 2

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d}=80 \times 1.4$  kN/m esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1.5 s rispetto all'asse del binario. Tale caso deve essere applicato solo per effetti globali.

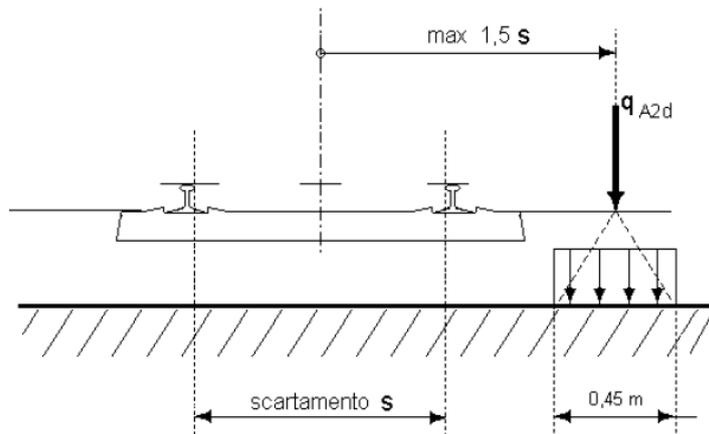


Figura 13– posizione azioni da deragliamento – caso 2

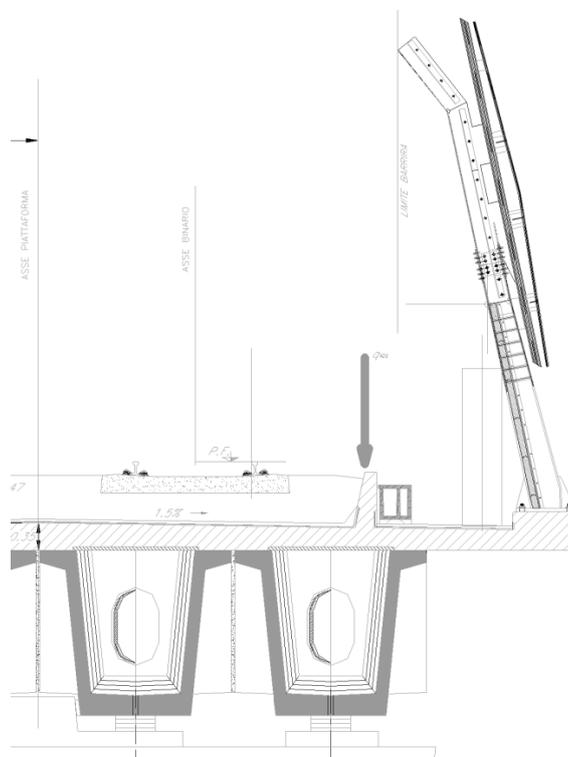


Figura 14– posizione azioni da deragliamento – caso 2

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>25 di 113</b> |

## 6.4.2 Resistenze passive dei vincoli

Per la valutazione delle coazioni generate all'atto dello scorrimento dei vincoli, è stato considerato un coefficiente d'attrito pari al 4% applicato alle azioni verticali agenti sugli apparecchi d'appoggio.

## 6.5 AZIONI CLIMATICHE

### 6.5.1 Variazione termica uniforme

Si considera una variazione termica uniforme pari a  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ . Per il calcolo delle escursioni dei giunti e degli apparecchi d'appoggio si considera una variazione di temperatura incrementata del 50 %.

### 6.5.2 Variazione termica non uniforme

In aggiunta alla variazione termica uniforme, si considera un gradiente di temperatura di  $5^{\circ}\text{C}$  fra soletta e travi prefabbricate, considerando i due casi di intradosso a temperatura superiore e inferiore dell'estradosso.

Nella valutazione degli effetti locali, si è considerato un gradiente termico lineare di  $5^{\circ}\text{C}$  nello spessore delle pareti tra esterno ed interno dei cassoncini.

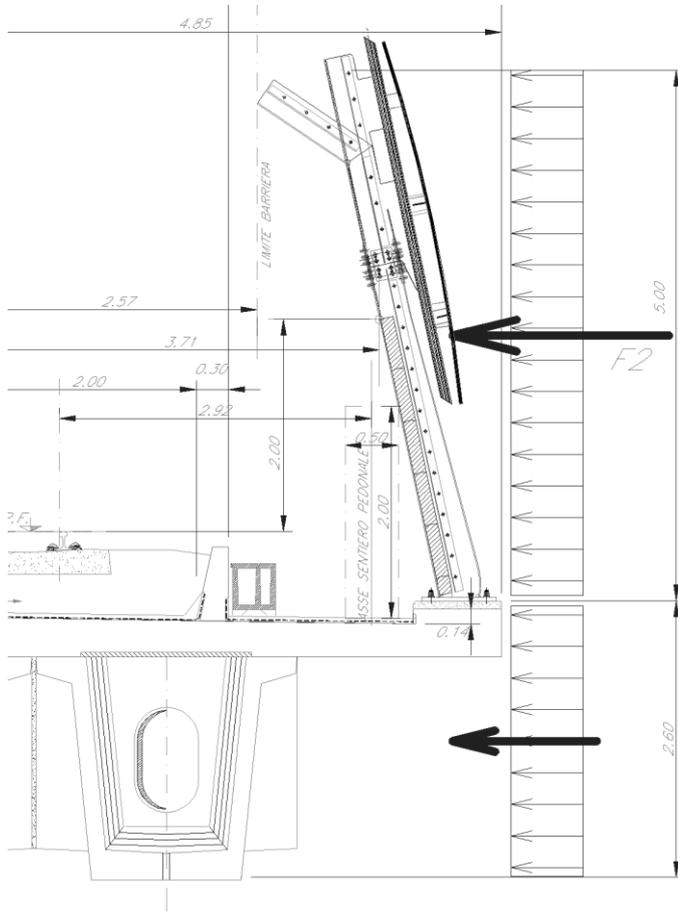
### 6.5.3 Vento

Si assume convenzionalmente una pressione uniforme agente lateralmente pari a  $2.50\text{ kN/mq}$ .

Nei casi in cui si considera la condizione di "treno scarico" la pressione del vento si considera agente sulla barriera antirumore. A vantaggio di sicurezza si assume un'altezza complessiva per la barriera pari a  $5.00\text{ m}$ .

L'azione del vento viene applicata considerando due distinte risultanti. La prima applicata a metà dell'altezza delle strutture dell'impalcato, la seconda a metà dell'altezza di barriera considerata, secondo lo schema riportato di seguito. Per semplicità di calcolo, è stata trascurata l'eccentricità della forza  $F_1$  rispetto al baricentro dell'impalcato.

|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>26 di 113</b> |



$$F2 = 2,50 * 5,00 = 12,50 \frac{kN}{m}$$

$$M2 = \frac{12,50 * 5,00}{2} = 31,25 \frac{kNm}{m}$$

$$F1 = 2,50 * 2,60 = 6,50 \frac{kN}{m}$$

$$M1 = 0$$

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>27 di 113 |

## 6.6 AZIONI INDIRETTE

### 6.6.1 Ritiro

Di seguito si valutano le deformazioni da ritiro della trave, sulla base della sua geometria, nell'ipotesi di una umidità relativa pari al 65%. Per la valutazione del ritiro è stata considerata la geometria della sezione corrente ed è stato considerato cautelativamente come istante iniziale il giorno del getto delle travi ( $t=0$ ).

### 6.6.2 Ritiro della trave in C.A.P.

| Ritiro (EN1992-1-1 §3.1.4) |            |                 |   |
|----------------------------|------------|-----------------|---|
| $\epsilon_{CS}$            | 0,000376   | -               | Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{CS} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ |
| Ritiro da essiccamento     |            |                 |   |
| Classe                     | C45/55     |                 | Classe del calcestruzzo   |
| $R_{ck} =$                 | 55         | MPa             | resistenza caratteristica cubica  |
| $f_{ck} =$                 | 45         | MPa             | resistenza caratteristica cilindrica  |
| $f_{cm} =$                 | 53         | MPa             | Valor medio resistenza cilindrica   |
| $f_{cm,0} =$               | 10         | MPa             | Valor medio resistenza cilindrica   |
| Cem.Tipo                   | N          | -               | CEM 32,5 R, CEM 42,5 N  |
| $\alpha_{ds1} =$           | 4          |                 |   |
| $\alpha_{ds2} =$           | 0,12       |                 |   |
| RH =                       | 65         | %               | Umidità Relativa  |
| $RH_0 =$                   | 100        | %               |   |
| $\beta_{RH} =$             | 1,12       |                 | Coeff. per umidità relativa   |
| $\epsilon_{cd,0} =$        | 0,00033    |                 | Deformazione da ritiro per essiccamento non contrastato                       |
| $A_c =$                    | 1.093.000  | mm <sup>2</sup> | Area sez trasversale  |
| $u =$                      | 11847      | mm              | Perimetro a contatto con l'atmosfera  |
| $h_0 =$                    | 184,519288 | mm              | Dimensione fittizia dell'elemento   |
| $k_h =$                    | 0,8732211  |                 | Coeff. per dimensione fittizia  |
| $t =$                      | 10.000     | gg              | Età del calcestruzzo, al momento considerato                                  |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>28 di 113 |

|                           |                  |    |  |
|---------------------------|------------------|----|--|
| $t_s =$                   | 0                | gg | Età del calcestruzzo, all'inizio del ritiro per essiccamento |
| $\beta_{RH}(t, t_s)$      | 0,99             |    |  |
| $\epsilon_{cd} =$         | <b>0,0002887</b> |    | Deformazione da ritiro per essiccamento                      |
| <b>Ritiro autogeno</b>    |                  |    |  |
| $\epsilon_{ca}(\infty) =$ | 0,000088         | -  | Deformazione da ritiro autogeno per $t=\infty$               |
| $t =$                     | 10.000           | gg |  |
| $\beta_{as}(t) =$         | 1,00             | -  |  |
| $\epsilon_{ca}(t) =$      | <b>0,000087</b>  | -  | Deformazione da ritiro autogeno                              |

A vantaggio di sicurezza, si considera completamente esaurito il ritiro della trave prefabbricata all'atto del getto della soletta. Di seguito si calcola il ritiro della soletta gettata in opera a tempo infinito (10.000 gg), coincidente con il ritiro differenziale soletta-travi.

### 6.6.3. Ritiro della soletta gettata

|                                   |                 |     |   |
|-----------------------------------|-----------------|-----|---|
| <b>Ritiro (EN1992-1-1 §3.1.4)</b> |                 |     |   |
| $\epsilon_{CS}$                   | <b>0,000309</b> | -   | Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{CS} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ |
| <b>Ritiro da essiccamento</b>     |                 |     |   |
| Classe                            | C32/40          |     | Classe del calcestruzzo   |
| $R_{ck} =$                        | 40              | MPa | resistenza caratteristica cubica  |
| $f_{ck} =$                        | 32              | MPa | resistenza caratteristica cilindrica  |
| $f_{cm} =$                        | 40              | MPa | Valor medio resistenza cilindrica   |
| $f_{cm,0} =$                      | 10              | MPa | Valor medio resistenza cilindrica   |
| Cem.Tipo                          | N               | -   | CEM 32,5 R, CEM 42,5 N  |
| $\alpha_{ds1} =$                  | 4               |     |   |
| $\alpha_{ds2} =$                  | 0,12            |     |   |
| RH =                              | 65              | %   | Umidità Relativa  |
| $RH_0 =$                          | 100             | %   |   |
| $\beta_{RH} =$                    | 1,12            |     | Coeff. per umidità relativa   |
| $\epsilon_{cd,0} =$               | 0,00039         |     | Deformazione da ritiro per essiccamento non contrastato                       |

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>29 di 113</b> |

|                           |                  |                 |  |
|---------------------------|------------------|-----------------|--|
| $A_c =$                   | 854.000          | mm <sup>2</sup> | Area sez trasversale   |
| $u =$                     | 2440             | mm              | Perimetro a contatto con l'atmosfera                         |
| $h_0 =$                   | 700              | mm              | Dimensione fittizia dell'elemento                            |
| $k_h =$                   | 0,7              |                 | Coeff. per dimensione fittizia                               |
| $t =$                     | 10.000           | gg              | Età del calcestruzzo, al momento considerato                 |
| $t_s =$                   | 0                | gg              | Età del calcestruzzo, all'inizio del ritiro per essiccamento |
| $\beta_{RH}(t, t_s)$      | 0,93             |                 |  |
| $\epsilon_{cd} =$         | <b>0,0002544</b> |                 | Deformazione da ritiro per essiccamento                      |
| <b>Ritiro autogeno</b>    |                  |                 |  |
| $\epsilon_{ca}(\infty) =$ | 0,000055         | -               | Deformazione da ritiro autogeno per $t=\infty$               |
| $t =$                     | 10.000           | gg              |  |
| $\beta_{as}(t) =$         | 1,00             | -               |  |
| $\epsilon_{ca}(t) =$      | <b>0,000055</b>  | -               | Deformazione da ritiro autogeno                              |

### 6.6.4 Viscosità

Gli effetti conseguenti alla viscosità del calcestruzzo per azioni di lunga durata (sovraccarichi permanenti, ritiro, ecc.) possono essere valutati assumendo nel calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione composta un valore fittizio del modulo di elasticità del calcestruzzo  $E_c^*$  fornito dall'espressione:

$$E_c^* = E_c / (1+\phi) \quad \text{modulo di elasticità ridotto}$$

Di seguito è riportata la valutazione del coefficiente di viscosità ridotto utilizzato per la valutazione degli effetti della viscosità sulle perdite di precompressione.

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>30 di 113 |

### 6.6.5 Viscosità per valutazione perdite di precompressione

| Viscosità (EN1992-1-1 §3.1.4) |               |                         |  |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|--|
| Classe                        | C45/55        | Classe del calcestruzzo |  |
| $R_{ck} =$                    | 55            | MPa                     | resistenza caratteristica cubica                           |
| $f_{ck} =$                    | 45            | MPa                     | resistenza caratteristica cilindrica                       |
| $f_{cm} =$                    | 53            | MPa                     | valor medio resistenza cilindrica                          |
| $E_{cm} =$                    | 36.283        | MPa                     | Modulo elastico di progetto                                |
| $E_c =$                       | 38.097        | MPa                     | Modulo elastico tangente                                   |
| Cem.Tipo                      | N             | -                       | CEM 32,5 R, CEM 42,5 N                                     |
| $t_0$                         | 7             | gg                      | età di applicazione del carico                             |
| $t_0^*$                       | 7             | gg                      | età di applicazione del carico modif. tipo cem. (S, N o R) |
| t                             | 10.000        | gg                      |  |
| $A_c$                         | 1.093.000     | mm <sup>2</sup>         | area sez trasversale                                       |
| u                             | 11847         | mm                      | perimetro a contatto con l'atmosfera                       |
| $h_0$                         | 183,607358    | mm                      | dimensione fittizia dell'elemento                          |
| RH                            | 65%           |                         | Umidità Relativa   |
| $\beta(f_{cm})$               | 2,31          | -                       | influenza della resistenza del cls                         |
| $\beta(t_0)$                  | 0,63          | -                       | influenza del momento di applicazione del carico           |
| $\varphi_{RH}$                | 1,42          | -                       | coeff.influenza dell'umidità relativa                      |
| $\alpha_1$                    | 0,75          | -                       | coeff.influenza della resistenza del cls                   |
| $\alpha_2$                    | 0,92          | -                       | coeff.influenza della resistenza del cls                   |
| $\alpha_3$                    | 0,81          | -                       | coeff.influenza della resistenza del cls                   |
| $\varphi_0$                   | 2,08          | -                       | coeff. nominale di viscosità                               |
| $\beta_H$                     | 306,24        | -                       | coeff. per RH e $h_0$                                      |
| $\beta_c(t^*, t_0)$           | 0,99          | -                       |  |
| $\varphi(t^*, t_0)$           | 2,07          | -                       | Coeff. di viscosità  |
| $E_{c,R} =$                   | <b>12.424</b> | MPa                     | Modulo elastico Ridotto                                    |
| $E_{c,R}^* =$                 | <b>14.359</b> | MPa                     | Modulo elastico Ridotto Modificato                         |

Di seguito è riportata la valutazione del coefficiente di viscosità ridotto utilizzato per la del contributo alla resistenza della sezione composta sotto l'effetto dei carichi di lunga durata (permanenti portati).

|  |  |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
|--|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>  |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |  |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0008 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">31 di 113</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO      | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 31 di 113 |
| COMMESSA   | LOTTO  | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV.     | FOGLIO    |      |        |      |    |         |            |   |           |
| IF28   | 01   | E ZZ CL  | VI0008 001 | A        | 31 di 113 |      |        |      |    |         |            |   |           |

### 6.6.6 Viscosità per valutazione caratteristiche sezione composta a $t = \text{inf.}$

| <b>Viscosità (EN1992-1-1 §3.1.4)</b> |               |     |   |
|--------------------------------------|---------------|-----|---|
| Classe                               | C32/40        |     | <i>Classe del calcestruzzo</i>                                    |
| $R_{ck} =$                           | 40            | MPa | <i>resistenza caratteristica cubica</i>                           |
| $f_{ck} =$                           | 32            | MPa | <i>resistenza caratteristica cilindrica</i>                       |
| $f_{cm} =$                           | 40            | MPa | <i>valor medio resistenza cilindrica</i>                          |
| $E_{cm} =$                           | 33.346        | MPa | <i>Modulo elastico di progetto</i>                                |
| $E_c =$                              | 35.013        | MPa | <i>Modulo elastico tangente</i>                                   |
| Cem. Tipo                            | N             | -   | <i>CEM 32,5 R, CEM 42,5 N</i>                                     |
| $t_0$                                | 7             | gg  | <i>età di applicazione del carico</i>                             |
| $t_0^*$                              | 7             | gg  | <i>età di applicazione del carico modif. tipo cem. (S, N o R)</i> |
| $t$                                  | 10.000        | gg  |   |
| $A_c$                                | 854.000       | mmq | <i>area sez trasversale</i>                                       |
| $u$                                  | 2440          | mm  | <i>perimetro a contatto con l'atmosfera</i>                       |
| $h_0$                                | 700           | mm  | <i>dimensione fittizia dell'elemento</i>                          |
| RH                                   | 65            | %   | <i>Umidità Relativa</i>   |
| $\beta(f_{cm})$                      | 2,66          | -   | <i>influenza della resistenza del cls</i>                         |
| $\beta(t_0)$                         | 0,63          | -   | <i>influenza del momento di applicazione del carico</i>           |
| $\Phi_{RH}$                          | 1,35          | -   | <i>coeff.influenza dell'umidità relativa</i>                      |
| $\alpha_1$                           | 0,91          | -   | <i>coeff.influenza della resistenza del cls</i>                   |
| $\alpha_2$                           | 0,97          | -   | <i>coeff.influenza della resistenza del cls</i>                   |
| $\alpha_3$                           | 0,94          | -   | <i>coeff.influenza della resistenza del cls</i>                   |
| $\square_0$                          | 2,27          | -   | <i>coeff. nominale di viscosità</i>                               |
| $\beta_H$                            | 352,29        | -   | <i>coeff. per RH e <math>h_0</math></i>                           |
| $\beta_c(t^*, t_0)$                  | 0,99          | -   |   |
| $\varphi(t^*, t_0)$                  | 2,25          | -   | <i>Coeff. di viscosità</i>  |
| $E_{c,R} =$                          | <b>10.768</b> | MPa | <i>Modulo elastico Ridotto</i>                                    |
| $E_{c,R}^* =$                        | <b>12.500</b> | MPa | <i>Modulo elastico Ridotto Modificato</i>                         |

|  |  |          |            |      |           |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
|--|--|----------|------------|------|-----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>  |          |            |      |           |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0008 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">32 di 113</td> </tr> </table> |          |            |      |           |  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 32 di 113 |
| COMMESSA   | LOTTO  | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO    |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| IF28   | 01   | E ZZ CL  | VI0008 001 | A    | 32 di 113 |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   |  |          |            |      |           |  |          |       |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |

### 6.6.7 Azioni sismiche

Le azioni sismiche non sono dimensionanti ai fini delle verifiche relative all'impalcato e non vengono quindi considerate nelle analisi dello stesso. Le azioni sismiche considerate per la progettazione delle sottostrutture (pile, spalle e fondazioni) sono riportate nelle corrispondenti relazioni di calcolo.

La valutazione delle azioni sismiche considerate nella progettazione dei dispositivi di appoggio degli impalcati in CAP oggetto del presente documento è riportata nel corrispondente paragrafo.

|   |   |             |                     |                         |           |                     |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>33 di 113 |

## 7 FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata considerando le fasi costruttive descritte di seguito.

### Fase 0: condizione a vuoto

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata alla tesatura in stabilimento, secondo le seguenti ipotesi.

- Azione di precompressione alla tesatura.
- Peso proprio della trave prefabbricata agente con schema statico di trave appoggiata sui lembi estremi della trave ( $L = L_{trave}$ ).
- Sezione resistente della sola trave prefabbricata.

### Fase 1: getto della soletta

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata al getto della soletta di impalcato, secondo le seguenti ipotesi.

- Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- Peso proprio trave prefabbricata e del getto della soletta agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L = l_{appoggi}$ ).
- Sezione resistente della sola trave.

A vantaggio di sicurezza, in questa fase si considerano le travi prefabbricate non solidarizzate. L'entità del carico spettante alla trave di bordo risulta quindi stimato cautelativamente con il criterio delle aree di influenza e non considerando invece una ripartizione uniforme del carico tra tutte le travi.

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>34 di 113</b> |

Fase 2: carichi permanenti e valutazione effetti di ritiro differenziale e viscosità

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (ora collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto dei carichi permanenti, secondo le seguenti ipotesi.

- Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- Carichi permanenti agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L=L_{appoggi}$ ).
- Sezione resistente trave+soletta.
- Valutazione degli effetti di ritiro differenziale e viscosità.

Fase 3a: condizione di servizio

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto del carico della TBM, secondo le seguenti ipotesi.

- Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- Carichi di servizio agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L=L_{appoggi}$ ).
- Sezione resistente trave+soletta.

Fase 3b: condizione di servizio

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto dei carichi di servizio, secondo le seguenti ipotesi.

- Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- Carichi di servizio agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L=L_{appoggi}$ ).
- Sezione resistente trave+soletta.

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Conorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>35 di 113</b> |

## 7.1 MODELLAZIONE: GENERALITÀ

Le sollecitazioni relative ad ogni fase sono state valutate con adeguati modelli e combinate secondo quanto previsto dalla normativa. In riferimento alle verifiche tensionali previste dalla normativa, gli effetti sugli elementi resistenti sono stati valutati e verificati ad ogni fase e cumulati ove necessario.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata con l'ausilio di modelli di calcolo realizzati con il software SAP2000 v.22.0.0

Sono stati realizzati diversi modelli per l'individuazione delle sollecitazioni nelle diverse fasi costruttive. Tale approccio ha consentito considerare le fasi realizzative mediante analisi lineari, evitando inutili complicazioni del modello di calcolo.

I modelli riproducono le caratteristiche geometriche e meccaniche delle strutture. In particolare, le travi prefabbricate sono state modellate con elementi monodimensionali di tipo "frame", mentre la soletta ed i traversi sono stati descritti utilizzando elementi bidimensionali tipo shell.

### 7.1.1 Modello fase 0

Il modello replica l'elemento prefabbricato, comprensivo dei traversi, appoggiato alle estremità della trave stessa.

I carichi applicati sono relativi al peso proprio e sono definiti automaticamente dal software, una volta definito il peso di volume del materiale. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.



Figura 15– modello di calcolo f.e.m. fase 0

|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>         | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>36 di 113</b> |

### 7.1.2 Modello fase 1

Il modello replica l'elemento prefabbricato, comprensivo dei traversi, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. Oltre al peso proprio, viene applicato il carico relativo al getto della soletta come carico uniforme. La valutazione del peso della soletta è effettuata secondo il criterio di area di influenza. Per semplicità, viene valutato solamente l'elemento trave di bordo, che è quello maggiormente sollecitato. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo. A vantaggio di sicurezza il carico del muretto baraballast è stato considerato in questa fase, quindi agente sulla sola trave prefabbricata.

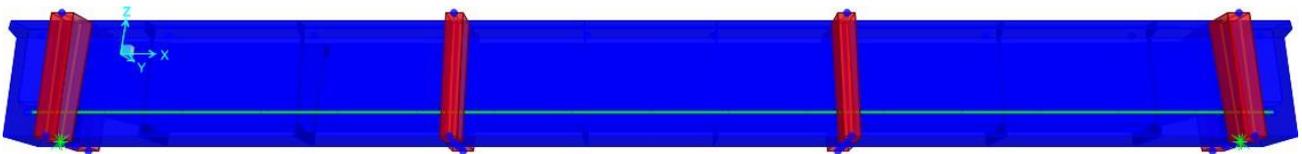
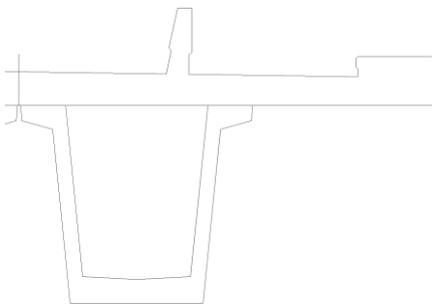


Figura 16– modello di calcolo f.e.m. fase 1



$$A = 1.76 \text{ m}^2$$

$$q = 1.76 \times 25 = 44 \text{ kN/m}$$

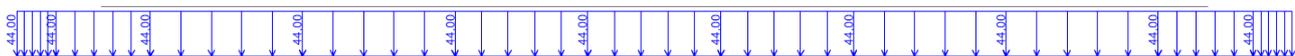


Figura 17– Carico soletta su modello fase 1

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>37 di 113</b> |

### 7.1.3 Modello fase 2

Il modello replica l'impalcato, comprensivo di travi, traversi e soletta, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. I carichi applicati sono quelli relativi ai sovraccarichi permanenti, valutati in coerenza con quanto definito nell'analisi dei carichi (massicciata, barriere antirumore e canalette).

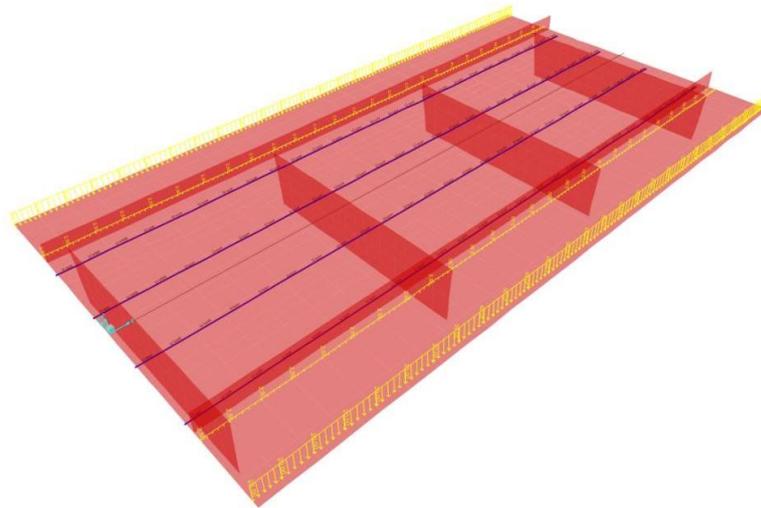


Figura 18–modello fase 2 – Carico barriere a.r. e canalette

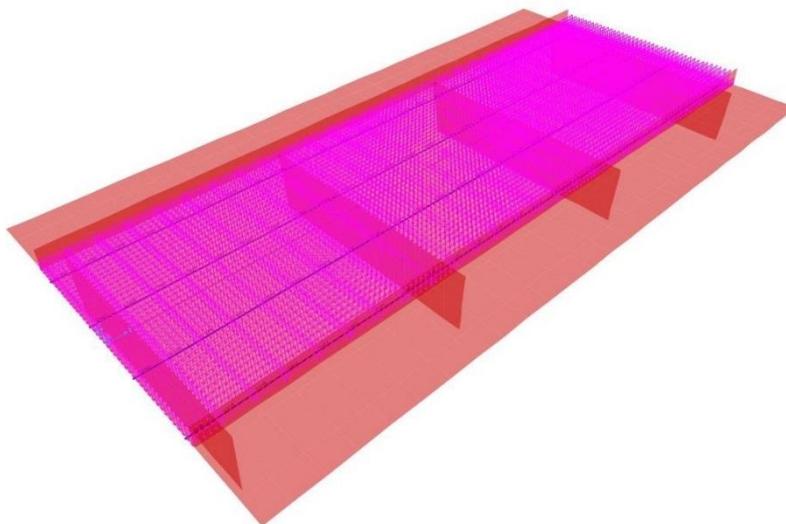


Figura 19–modello fase 2 – Carico massicciata

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>38 di 113</b> |

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo globale della struttura.

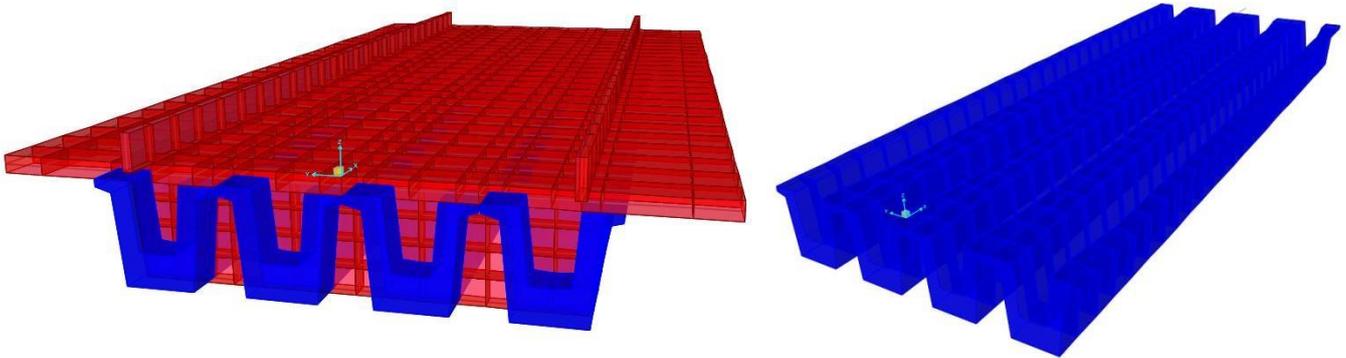


Figura 20– modello di calcolo f.e.m. fase 2 e 3

#### 7.1.4 Modello fase 3a

Il modello replica l'impalcato, comprensivo di travi, traversi e soletta, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. I carichi applicati sono quelli relativi al carico della TBM, valutati in coerenza con quanto definito nell'analisi dei carichi.

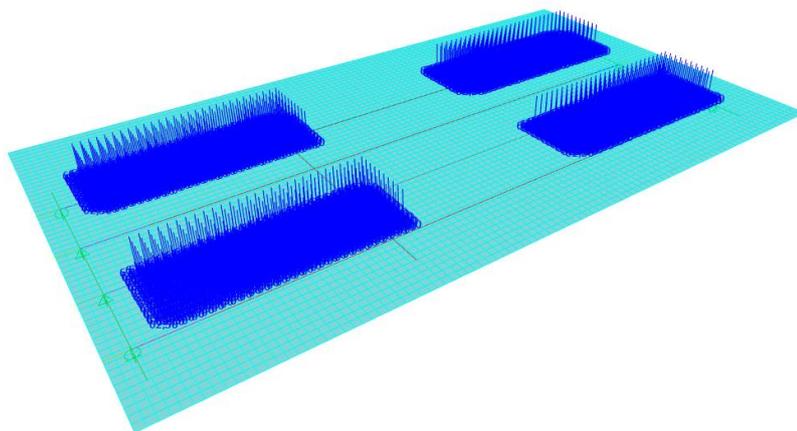


Figura 21– modello di calcolo f.e.m. fase 3a – aree di carico

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>39 di 113</b> |

### 7.1.4 Modello fase 3b

Il modello replica l'impalcato, comprensivo di travi, traversi e soletta, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. I carichi applicati sono quelli relativi ai carichi di servizio, valutati in coerenza con quanto definito nell'analisi dei carichi (traffico, vento, termica).

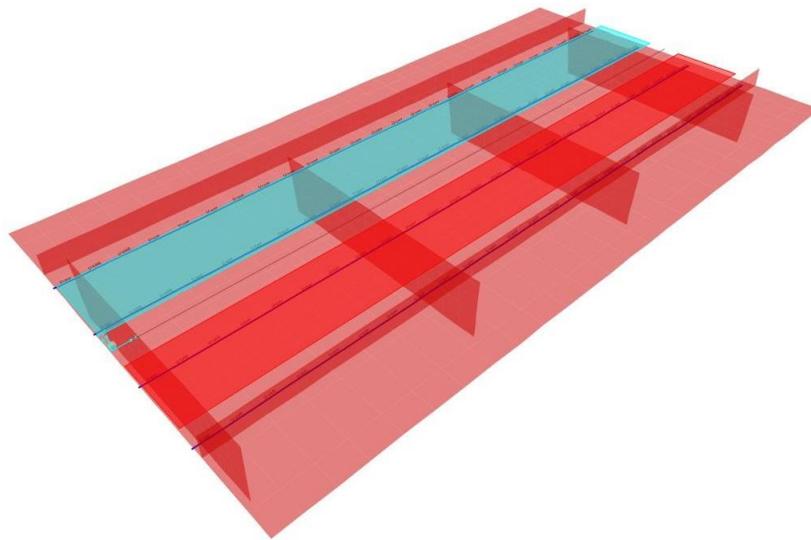


Figura 22– modello di calcolo f.e.m. fase 3b – linee di carico

I carichi da traffico ferroviario sono applicati al modello mediante linee di carico.

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>40 di 113 |

## 7.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella:

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.

Tabella 4 - Valutazione dei carichi da traffico (da *Manuale di Progettazione delle Opere Civili*)

Le azioni di cui ai paragrafi precedenti sono combinate tra loro, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto relative agli elementi strutturali di volta in volta considerati in base a quanto prescritto dal D.M. 14 Gennaio 2008 al paragrafo § 2.5.3, §3.2.4 e paragrafo §5.2.3.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):  

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \cdot$$
 [2.5.7]

|  |  |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
|--|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGIO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>  |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |  |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0008 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">41 di 113</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO      | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 41 di 113 |
| COMMESSA   | LOTTO  | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV.     | FOGLIO    |      |        |      |    |         |            |   |           |
| IF28   | 01   | E ZZ CL  | VI0008 001 | A        | 41 di 113 |      |        |      |    |         |            |   |           |

L'analisi ragionata delle combinazioni di carico previste dalla normativa ha consentito di ridurre il numero di combinazioni considerate. Nella tabella seguente si riportano i valori di combinazioni adottati per analisi e verifiche. I valori riportati in tabella considerano già i coefficienti di combinazione previsti dalla normativa.

| Tipo Combinazione     | Combinazione | Azione principale | G1_pp | G1_perm | P_Prec. | gr_traffico | Gr_TBM appoggio-mezzeria-metà | Tk_ΔT_unif | Tk_ΔT_lin | Fw_Vento | Ritiro | Viscosità |
|-----------------------|--------------|-------------------|-------|---------|---------|-------------|-------------------------------|------------|-----------|----------|--------|-----------|
| SLU                   | A1STR_gr1    | gr1               | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.45        | 0                             | 0.72       | 0.72      | 0.9      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr2    | gr2               | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.45        | 0                             | 0.72       | 0.72      | 0.9      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr3    | gr3               | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.45        | 0                             | 0.72       | 0.72      | 0.9      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr1_Fw | Fw                | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.16        | 0                             | 0.72       | 0.72      | 1.5      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr2_Fw | Fw                | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.16        | 0                             | 0.72       | 0.72      | 1.5      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr3_Fw | Fw                | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.16        | 0                             | 0.72       | 0.72      | 1.5      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr1_Tk | Tk                | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.45        | 0                             | 1.2        | 1.2       | 0.9      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr2_Tk | Tk                | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.45        | 0                             | 1.2        | 1.2       | 0.9      | 1.2    | 1.2       |
| SLU                   | A1STR_gr3_Tk | Tk                | 1.35  | 1.5     | 1       | 1.45        | 0                             | 1.2        | 1.2       | 0.9      | 1.2    | 1.2       |
| SLV                   | SLV_gr1      | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0.2         | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| SLV                   | SLV_gr3      | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0.2         | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr1     | gr1               | 1     | 1       | 1       | 1           | 0                             | 0.6        | 0.6       | 0.6      | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr2     | gr2               | 1     | 1       | 1       | 1           | 0                             | 0.6        | 0.6       | 0.6      | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr3     | gr3               | 1     | 1       | 1       | 1           | 0                             | 0.6        | 0.6       | 0.6      | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr1_Fw  | Fw                | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 0.6        | 0.6       | 1        | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr2_Fw  | Fw                | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 0.6        | 0.6       | 1        | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr3_Fw  | Fw                | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 0.6        | 0.6       | 1        | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr1_Tk  | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 1          | 1         | 0.6      | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr2_Tk  | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 1          | 1         | 0.6      | 1      | 1         |
| RARA (Caratteristica) | RARA_gr3_Tk  | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 1          | 1         | 0.6      | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr1       | gr1               | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr2       | gr2               | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr3       | gr3               | 1     | 1       | 1       | 0.8         | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr1_Fw    | Fw                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0.5      | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr2_Fw    | Fw                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0.5      | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr3_Fw    | Fw                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0.5      | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr1_Tk    | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.6        | 0.6       | 0        | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr2_Tk    | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.6        | 0.6       | 0        | 1      | 1         |
| FREQUENTE             | FR_gr3_Tk    | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.6        | 0.6       | 0        | 1      | 1         |
| QP                    | QP_Tk        | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| SLD                   | SLD_gr1      | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| SLD                   | SLD_gr3      | Tk                | 1     | 1       | 1       | 0           | 0                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |
| SLU-A                 | SLU-A_TBM    | Gr_TBM            | 1     | 1       | 1       | 0           | 1                             | 0.5        | 0.5       | 0        | 1      | 1         |

|  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>42 di 113</b> |

I valori della colonna "gr\_traffico" moltiplicano gli effetti dei singoli gruppi di carico considerati. I gruppi di carico sono definiti sulla base delle indicazioni di normativa, secondo i coefficienti riportati nella seguente tabella.

|                        | Carico Verticale | Treno Scarico | Frenatura | Avviamento | Centrifuga | Serpeggio |
|------------------------|------------------|---------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Gruppo 1 - fren (SW/2) | 1                | 0             | 0.5       | 0          | 1          | 1         |
| Gruppo 1 - avv (LM71)  | 1                | 0             | 0         | 0.5        | 1          | 1         |
| Gruppo 2 - (Scarico)   | 0                | 1             | 0         | 0          | 1          | 1         |
| Gruppo 3 - fren (SW/2) | 1                | 0             | 1         | 0          | 0.5        | 0.5       |
| Gruppo 3 - avv (LM71)  | 1                | 0             | 0         | 1          | 0.5        | 0.5       |

**Legenda:**

- Gruppo 1 - fren (SW/2) - gruppo 1 con treno di carico SW/2 sul binario 1 e corrispondenti azioni da traffico con frenatura
- Gruppo 1 - avv (LM71) - gruppo 1 con treno di carico LM71 sul binario 2 e corrispondenti azioni da traffico con avviamento
- Gruppo 2 - (Scarico) - gruppo 2 con treno scarico e corrispondenti azioni centrifuga e serpeggio
- Gruppo 3 - fren (SW/2) - gruppo 3 con treno di carico SW/2 sul binario 1 e corrispondenti azioni da traffico con frenatura
- Gruppo 3 - avv (LM71) - gruppo 3 con treno di carico LM71 sul binario 2 e corrispondenti azioni da traffico con avviamento

Per ridurre il numero di combinazioni, i gruppi di carico che prevedono il treno SW/2 comprendono sempre il carico di frenatura (che è più gravoso di quello di avviamento), mentre i gruppi di carico che prevedono il treno LM71 comprendono sempre il carico di avviamento.

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>43 di 113</b> |

## 8 EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE

Per ogni fase sono verificate le tensioni ai lembi superiore ed inferiore della trave e, una volta che la soletta diventa collaborante, anche la tensione ai lembi superiore ed inferiore della soletta stessa. I limiti tensionali per l'acciaio da precompressione e per il calcestruzzo nelle varie fasi, , sono definiti nel D.M. 14 Gennaio 2008 al §4.1.8.1.2 e nel Manuale di progettazione RFI 2016 "RFI DTC SI PS MA IFS 001 A" [3]. I limiti tensionali considerati, tengono conto del livello di maturazione del cls, secondo quanto di seguito definito.

### Fase 0 e 1:

- test cls sup. : si verifica che il lembo superiore della sezione non sia in trazione per i carichi considerati
- test cls inf. : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.6 \times f_{ck}$
- test precompr. : si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite  $0.75 \times f_{pk}$

### Fase 2 e 3:

- test cls sup.soletta : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf.soletta : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.
- test cls sup. : si verifica che la tensione di compressione al lembo superiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf.compr. : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf.trazione. : si verifica che il lembo inferiore della sezione non sia in trazione per i carichi considerati.
- test precompr. : si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite  $0.75 \times f_{pk}$

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>44 di 113</b> |

Tali verifiche sono state effettuate in corrispondenza delle sezioni di seguito descritte.

- Sezione 1: sezione ringrossata all'appoggio ( $x=0.75$  m), 48 trefoli
- Sezione 2: sezione corrente posta alla fine del tratto a sez. variabile ( $x=2.55$  m), 48 trefoli
- Sezione 3: sezione corrente in corrispondenza del primo traverso intermedio ( $x=8.35$  m), 72 trefoli
- Sezione 4: sezione corrente in mezzeria ( $x=12.15$  m), 72 trefoli

Oltre che per la geometria della sezione in c.a., le sezioni considerate differiscono anche per la precompressione agente.

## 8.1 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nelle sezioni di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti. I valori sono da intendersi già combinati.

### Fase 0 – condizione a vuoto

Le sollecitazioni sotto riportate sono valide sia per le travi di bordo che per quelle intermedie.

|           | $M_{pp}$ | $V_{pp}$ |
|-----------|----------|----------|
|           | kN-m     | kN       |
| Sezione 1 | 321      | 371      |
| Sezione 2 | 918      | 300      |
| Sezione 3 | 2197     | 140      |
| Sezione 4 | 2396     | 0        |

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>45 di 113 |

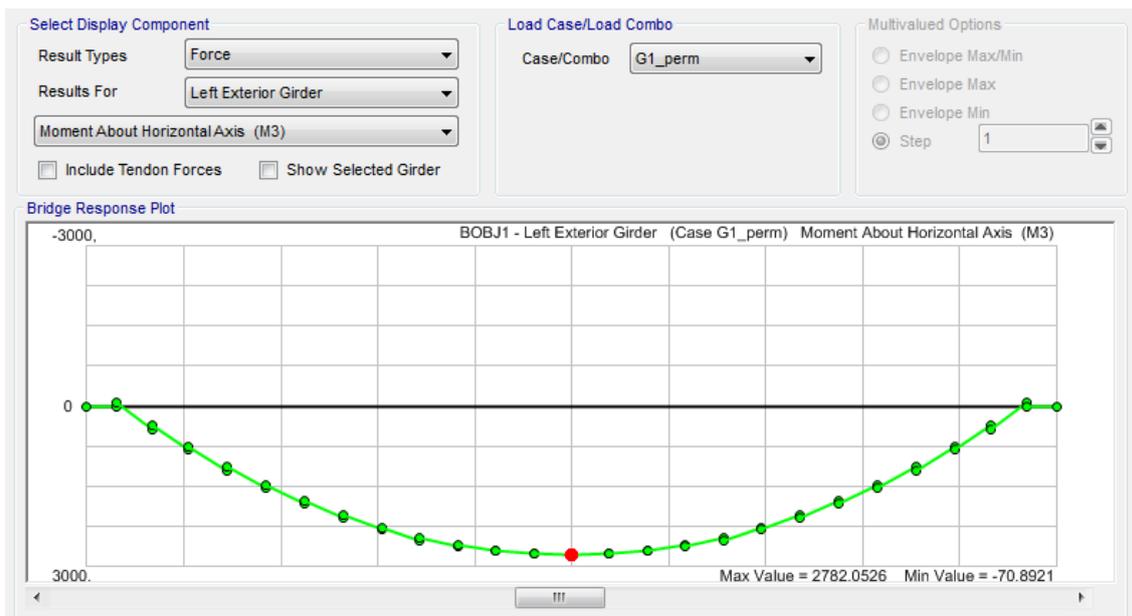
### Fase 1 – getto della soletta

Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.

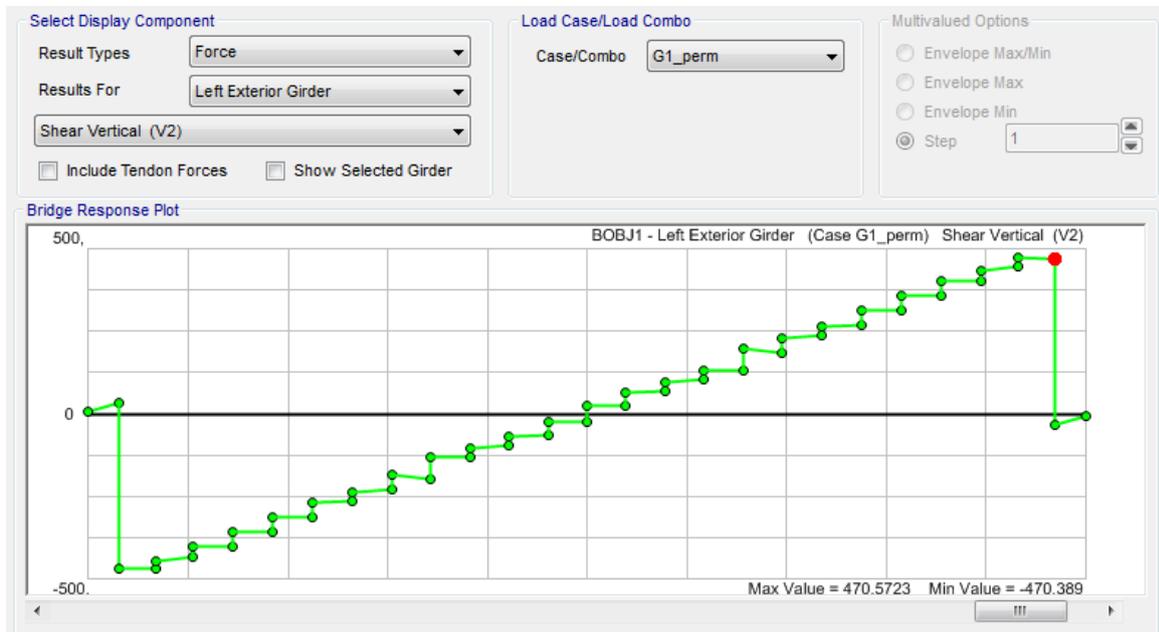
|           | $M_{pp}$ | $T_{pp}$ | $M_{soletta}$ | $T_{soletta}$ |
|-----------|----------|----------|---------------|---------------|
|           | kN-m     | kN       | kN-m          | kN            |
| Sezione 1 | -8       | 349      | -12           | 502           |
| Sezione 2 | 576      | 300      | 819           | 422           |
| Sezione 3 | 1853     | 141      | 2529          | 167           |
| Sezione 4 | 2051     | 0        | 2847          | 0             |

### Fase 2 – carichi permanenti

Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.



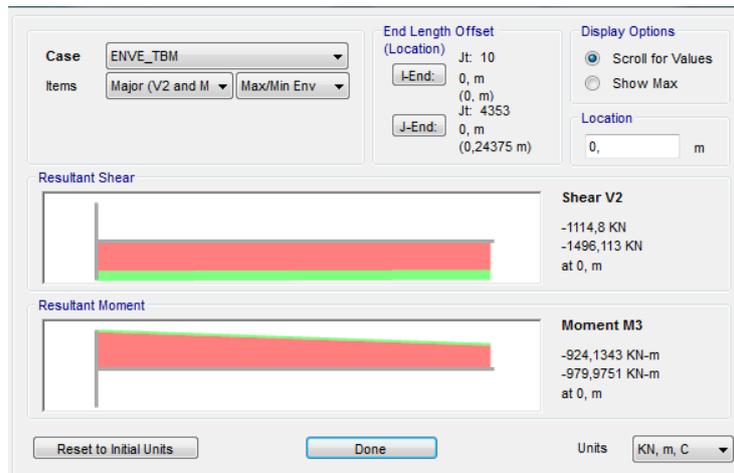
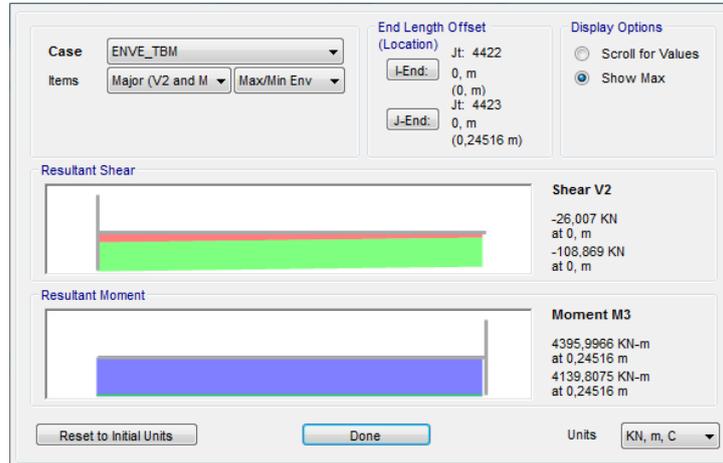
|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>46 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  |   |                    |                            |                                |                  |                            |



|           | $M_{perm}$ | $T_{perm}$ |
|-----------|------------|------------|
|           | kN-m       | kN         |
| Sezione 1 | -71        | 469        |
| Sezione 2 | 822        | 435        |
| Sezione 3 | 2519       | 200        |
| Sezione 4 | 2782       | 0          |

|   |   |       |          |            |      |           |
|---|---|-------|----------|------------|------|-----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio      Soci<br><b>HIRPINIA AV      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |       |          |            |      |           |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO    |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | IF28  | 01    | E ZZ CL  | VI0008 001 | A    | 47 di 113 |

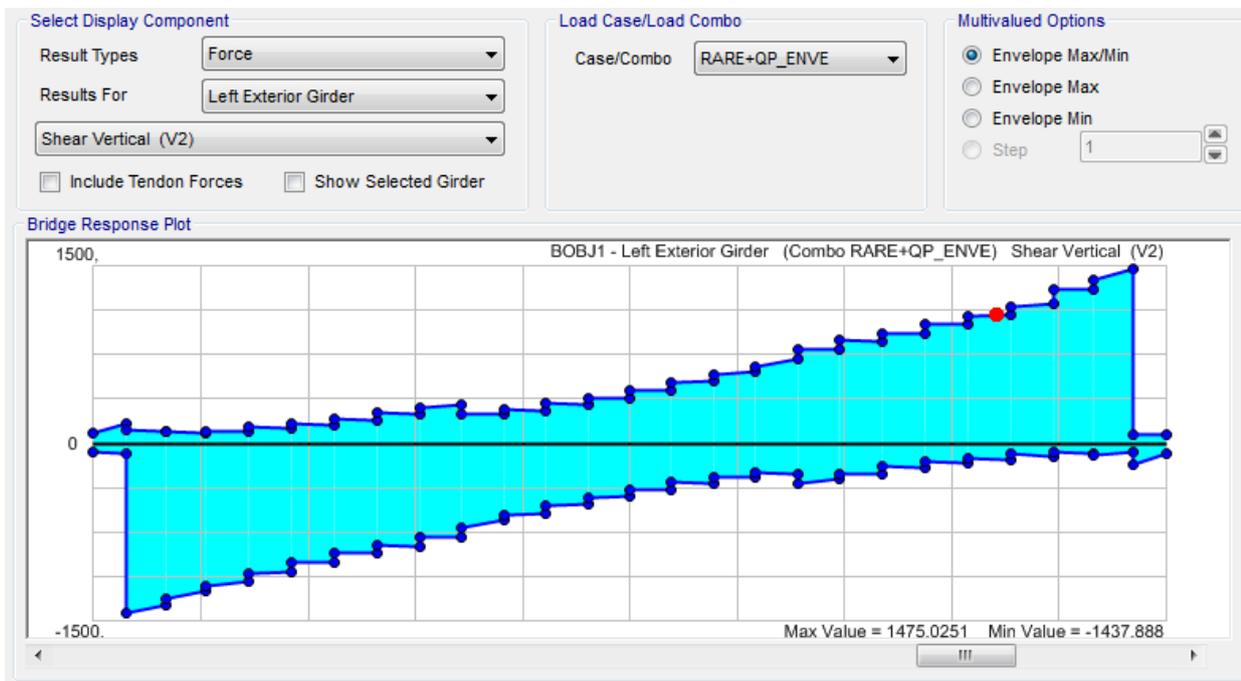
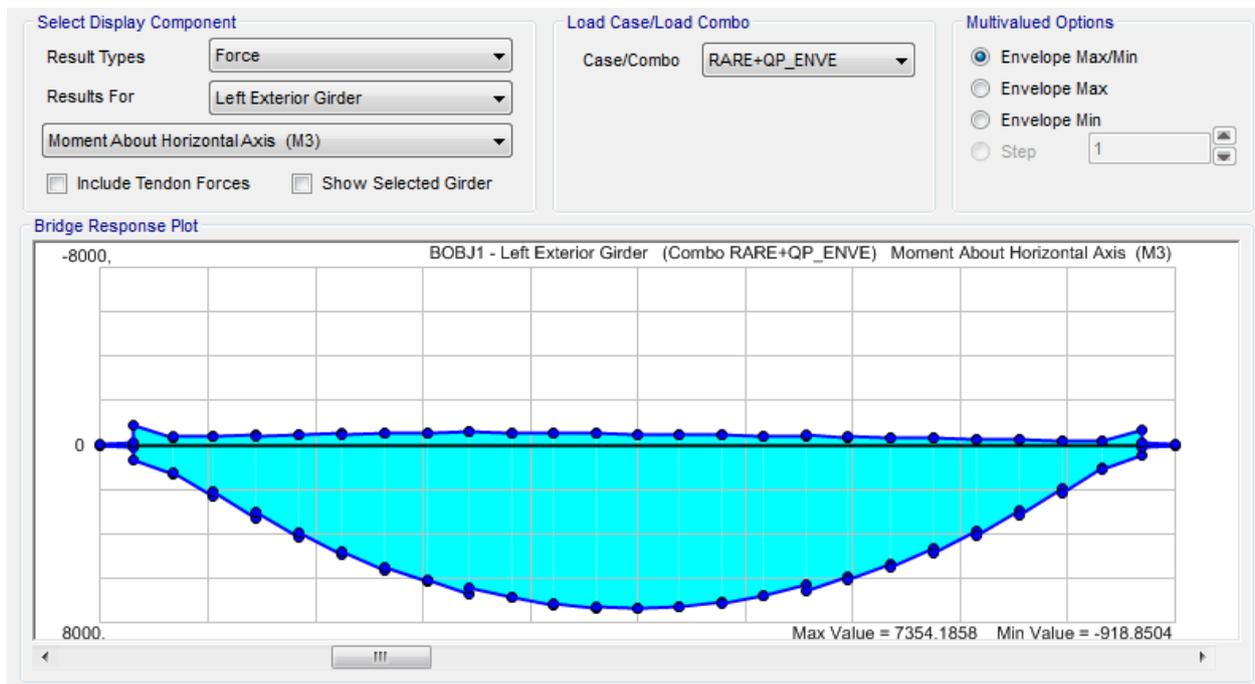
**Fase 3a: condizione di servizio – TBM**



|           | $M_{,3a \text{ fase}}$ | $T_{,3a \text{ fase}}$ |
|-----------|------------------------|------------------------|
|           | kN-m                   | kN                     |
| Sezione 1 | -979                   | 1496                   |
| Sezione 2 | 674                    | 1207                   |
| Sezione 3 | 3769                   | 551                    |
| Sezione 4 | 4396                   | 108                    |

|   |  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio      Soci<br><b>HIRPINIA AV      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          |  | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>48 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   |  |   |                    |                            |                                |                  |                            |

**Fase 3b: condizione di servizio**



|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>49 di 113</b> |

|           | $M_{SLE,3fase}$ | $T_{SLE,3fase}$ |
|-----------|-----------------|-----------------|
|           | kN-m            | kN              |
| Sezione 1 | -132            | 1438            |
| Sezione 2 | 2276            | 1199            |
| Sezione 3 | 6693            | 791             |
| Sezione 4 | 7354            | 448             |

Le sollecitazioni nella condizione durante il passaggio della TBM risultano inferiori rispetto alla condizione in esercizio del viadotto, di conseguenza risultano dimensionanti gli effetti derivanti alla condizione nella fase 3b.

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>50 di 113 |

## 8.2 VERIFICHE TENSIONALI

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLE

### 8.2.1 Materiali

| Calcestruzzo travi prefabbricate |        |     |  |
|----------------------------------|--------|-----|--|
| Classe                           | C45/55 |     |  |
| $R_{ck} =$                       | 55     | MPa | resistenza caratteristica cubica                 |
| $f_{ck} =$                       | 45     | MPa | resistenza caratteristica cilindrica             |
| $\gamma_C =$                     | 1,5    | -   | coefficiente parziale di sicurezza SLU           |
| $\alpha_{cc} =$                  | 1      |     | coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85) |
| $f_{cd} =$                       | 30     | MPa | resistenza di progetto                           |
| $f_{cm} =$                       | 53     | MPa | resistenza media                                 |
| $f_{ctm} =$                      | 3,80   | MPa | resistenza media a trazione semplice             |
| $E_{cm} =$                       | 36.283 | MPa | Modulo elastico di progetto                      |
| $\epsilon_{c2} =$                | 0,20%  |     | per classi inferiori a C50/60                    |
| $\epsilon_{cu2} =$               | 0,35%  |     | per classi inferiori a C50/60                    |

| Calcestruzzo travi prefabbricate al trasferimento della precompressione |        |     |   |
|---|--------|-----|---|
| Classe  | C35/45 |     |   |
| $R_{ck} =$  | 45     | MPa | resistenza caratteristica cubica                            |
| $f_{ck} =$  | 35     | MPa | resistenza caratteristica cilindrica                        |
| $\gamma_C =$  | 1,5    | -   | coefficiente parziale di sicurezza SLU                      |
| $\alpha_{cc} =$   | 1      |     | coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)            |
| $f_{cd} =$  | 23,33  | MPa | resistenza di progetto                                      |
| $f_{cm} =$  | 43     | MPa | resistenza media  |
| $f_{ctm} =$   | 3,21   | MPa | resistenza media a trazione semplice                        |
| $E_{cm} =$  | 34.077 | MPa | Modulo elastico di progetto                                 |
| $\epsilon_{c2} =$   | 0,20%  |     | per classi inferiori a C50/60                               |
| $\epsilon_{cu2} =$  | 0,35%  |     | per classi inferiori a C50/60                               |
| $0,7 \times f_{ck} =$   | 24,5   | MPa | Valore limite della tensione all'atto della precompressione |
| $0,6 \times f_{ck} =$   | 21     | MPa | Valore limite della tensione a cadute avvenute              |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>51 di 113 |

### Calcestruzzo soletta

|                    |        |     |  |
|--------------------|--------|-----|--|
| Classe             | C32/40 |     |  |
| $R_{ck} =$         | 40     | Mpa | Resistenza caratteristica cubica       |
| $f_{ck} =$         | 32     | Mpa | Resistenza caratteristica cilindrica   |
| $\gamma_c =$       | 1.5    |     | Coefficiente parziale di sicurezza SLU |
| $\alpha_{cc} =$    | 1      |     | Coeff. Rid. Per carichi lunga durata   |
| $f_{cd} =$         | 21.33  | Mpa | Resistenza di progetto                 |
| $f_{cm} =$         | 40     | Mpa | Resistenza media                       |
| $f_{ctm} =$        | 3.02   | Mpa | Resistenza media a trazione semplice   |
| $E_{cm} =$         | 33346  | Mpa | Modulo elastico di progetto            |
| $\epsilon_{c2} =$  | 0.20%  |     | Per classi inferiori a C50/60          |
| $\epsilon_{CU2} =$ | 0.35%  |     | Per classi inferiori a C50/60          |

### Acciaio da precompressione

|                              |         |     |   |
|------------------------------|---------|-----|---|
| Trefoli a basso rilassamento |         |     |   |
| $f_{pk} \geq$                | 1860    | MPa | tensione caratteristica di rottura                          |
| $f_{p(0,1)k} \geq$           | 1670    | MPa | tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua           |
| $0,8 \times f_{pk} =$        | 1488    | MPa | Tensione limite alla tesatura - Condiz. 1                   |
| $0,9 \times f_{p(0,1)k} =$   | 1503    | MPa | Tensione limite alla tesatura - Condiz. 2                   |
| $\sigma_{p,max} =$           | 1488    | MPa | Tensione massima alla tesatura (=min{cond.1;cond.2})        |
| $\sigma_p =$                 | 1400    | MPa | Tensione alla tesatura $< \sigma_{p,max}$                   |
| $E_p =$                      | 195.000 | MPa | Modulo elastico di progetto                                 |
| $0,75 \times f_{pk} =$       | 1395    |     | Tensione alla tesatura dopo trasf. - Condiz. 1              |
| $0,85 \times f_{p(0,1)k} =$  | 1420    |     | Tensione alla tesatura dopo trasf. - Condiz. 2              |
| $\sigma_{p0,max} =$          | 1395    |     | Tensione massima alla tesatura a perdite immediate avvenute |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>52 di 113 |

## 8.2.2 Maschera precompressione

### Precompressione tipo 1 – sezione corrente

| Famiglia    | Numero Trefoli | $A_{\text{trefolo}}$  | $A_{P,i}$          | $y_{P,i}$ | $y_{P,i} \times A_{P,i}$ | $N_{\text{prec}}$ |
|-------------|----------------|-----------------------|--------------------|-----------|--------------------------|-------------------|
|             |                | [mm <sup>2</sup> ]    | [mm <sup>2</sup> ] | [mm]      | [mm <sup>3</sup> ]       | [kN]              |
| 1           | 2              | 139                   | 278                | 2040      | 567120                   | 389,20            |
| 2           | 2              | 139                   | 278                | 1130      | 314140                   | 389,20            |
| 3           | 2              | 139                   | 278                | 1080      | 300240                   | 389,20            |
| 4           | 2              | 139                   | 278                | 1030      | 286340                   | 389,20            |
| 5           | 2              | 139                   | 278                | 980       | 272440                   | 389,20            |
| 6           | 2              | 139                   | 278                | 930       | 258540                   | 389,20            |
| 7           | 2              | 139                   | 278                | 880       | 244640                   | 389,20            |
| 8           | 2              | 139                   | 278                | 830       | 230740                   | 389,20            |
| 9           | 2              | 139                   | 278                | 780       | 216840                   | 389,20            |
| 10          | 2              | 139                   | 278                | 730       | 202940                   | 389,20            |
| 11          | 2              | 139                   | 278                | 680       | 189040                   | 389,20            |
| 12          | 2              | 139                   | 278                | 630       | 175140                   | 389,20            |
| 13          | 0              | 139                   | 0                  | 570       | 0                        | 0,00              |
| 14          | 0              | 139                   | 0                  | 510       | 0                        | 0,00              |
| 15          | 0              | 139                   | 0                  | 450       | 0                        | 0,00              |
| 16          | 2              | 139                   | 278                | 360       | 100080                   | 389,20            |
| 17          | 2              | 139                   | 278                | 310       | 86180                    | 389,20            |
| 18          | 2              | 139                   | 278                | 260       | 72280                    | 389,20            |
| 19          | 2              | 139                   | 278                | 210       | 58380                    | 389,20            |
| 20          | 12             | 139                   | 1668               | 160       | 266880                   | 2335,20           |
| 21          | 14             | 139                   | 1946               | 110       | 214060                   | 2724,40           |
| 22          | 14             | 139                   | 1946               | 60        | 116760                   | 2724,40           |
| 23          |                | 139                   | 0                  |           | 0                        | 0,00              |
| 24          |                | 139                   | 0                  |           | 0                        | 0,00              |
| 25          |                | 139                   | 0                  |           | 0                        | 0,00              |
|             | <b>72</b>      |                       |                    |           | <b>4172780</b>           | <b>14011</b>      |
| $A_P =$     | <b>10008</b>   | <b>Mm<sup>2</sup></b> |                    |           |                          |                   |
| $y_{G,P} =$ | <b>417</b>     | <b>mm</b>             |                    |           |                          |                   |

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>53 di 113 |

Precompressione tipo 2 – sezione appoggio

| Famiglia    | Numero Trefoli | $A_{trefolo}$         | $A_{P,i}$ | $y_{P,i}$ | $y_{P,i} \times A_{P,i}$ | $N_{prec}$  |
|-------------|----------------|-----------------------|-----------|-----------|--------------------------|-------------|
|             |                | [mmq]                 | [mmq]     | [mm]      | [mmc]                    | [kN]        |
| 1           | 2              | 139                   | 278       | 2040      | 567120                   | 389,20      |
| 2           | 2              | 139                   | 278       | 1130      | 314140                   | 389,20      |
| 3           | 2              | 139                   | 278       | 1080      | 300240                   | 389,20      |
| 4           | 2              | 139                   | 278       | 1030      | 286340                   | 389,20      |
| 5           | 2              | 139                   | 278       | 980       | 272440                   | 389,20      |
| 6           | 2              | 139                   | 278       | 930       | 258540                   | 389,20      |
| 7           | 2              | 139                   | 278       | 880       | 244640                   | 389,20      |
| 8           | 2              | 139                   | 278       | 830       | 230740                   | 389,20      |
| 9           | 2              | 139                   | 278       | 780       | 216840                   | 389,20      |
| 10          | 2              | 139                   | 278       | 730       | 202940                   | 389,20      |
| 11          | 2              | 139                   | 278       | 680       | 189040                   | 389,20      |
| 12          | 2              | 139                   | 278       | 630       | 175140                   | 389,20      |
| 13          | 0              | 139                   | 0         | 570       | 0                        | 0,00        |
| 14          | 0              | 139                   | 0         | 510       | 0                        | 0,00        |
| 15          | 0              | 139                   | 0         | 450       | 0                        | 0,00        |
| 16          | 2              | 139                   | 278       | 360       | 100080                   | 389,20      |
| 17          | 2              | 139                   | 278       | 310       | 86180                    | 389,20      |
| 18          | 2              | 139                   | 278       | 260       | 72280                    | 389,20      |
| 19          | 2              | 139                   | 278       | 210       | 58380                    | 389,20      |
| 20          | 4              | 139                   | 556       | 160       | 88960                    | 778,40      |
| 21          | 6              | 139                   | 834       | 110       | 91740                    | 1167,60     |
| 22          | 6              | 139                   | 834       | 60        | 50040                    | 1167,60     |
| 23          |                |                       | 0         | 0         | 0                        | 0,00        |
| 24          |                |                       | 0         | 0         | 0                        | 0,00        |
| 25          |                |                       | 0         | 0         | 0                        | 0,00        |
|             | <b>48</b>      |                       |           |           | <b>3805820</b>           | <b>9341</b> |
| $A_P =$     | <b>6672</b>    | <b>mm<sup>2</sup></b> |           |           |                          |             |
| $y_{G,P} =$ | <b>570</b>     | <b>mm</b>             |           |           |                          |             |

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.         | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>54 di 113 |

### 8.2.3 Caratteristiche delle sezioni

| Sezione         | -               | 1         | 2         | 3         | 4         |   |
|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| ascissa x       | [m]             | 0,75      | 2,55      | 8,35      | 12,15     |   |
| Precompr.       | -               | Tipo 2    | Tipo 2    | Tipo 1    | Tipo 1    |   |
| n               |                 | 5,4       | 5,4       | 5,4       | 5,4       | Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione |
| $A_{cls} =$     | mm <sup>2</sup> | 1.973.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | Area lorda sezione CLS                                |
| $A_P =$         | mm <sup>2</sup> | 6.672     | 6.672     | 10.008    | 10.008    | Area armatura di precompressione                      |
| $A^* =$         | mm <sup>2</sup> | 2.008.858 | 1.128.858 | 1.146.787 | 1.146.787 | Area omogeneizzata                                    |
| $y_{G,cls} =$   | Mm              | 960       | 915       | 915       | 915       | Baricentro sezione cls                                |
| $y_{G,P} =$     | Mm              | 570       | 570       | 417       | 417       | Baricentro armatura precompressione                   |
| $y^*_{G,cls} =$ | Mm              | 953       | 904       | 892       | 892       | Baricentro sezione cls omogeneizzata                  |
| $I_{cls} =$     | mm <sup>4</sup> | 8,838E+11 | 5,90E+11  | 5,90E+11  | 5,90E+11  | Inerzia sezione cls                                   |
| $I^*_{cls} =$   | mm <sup>4</sup> | 8,891E+11 | 5,94E+11  | 6,03E+11  | 6,03E+11  | Inerzia sezione cls omogeneizzata                     |
| $H_{sez} =$     | Mm              | 2100      | 2100      | 2100      | 2100      | Altezza sezione                                       |
| $y_{sup} =$     | Mm              | 1147      | 1196      | 1208      | 1208      | distanza del lembo sup. da $y^*_{G,cls}$              |
| $y_{inf} =$     | Mm              | 953       | 904       | 892       | 892       | distanza del lembo inf. da $y^*_{G,cls}$              |
| e               | Mm              | 383       | 334       | 475       | 475       | Eccentricità cavo risultante                          |
| $W^*_{sup} =$   | mm <sup>3</sup> | 7,75E+08  | 4,97E+08  | 4,99E+08  | 4,99E+08  | Modulo di res. Lembo sup.                             |
| $W^*_{inf} =$   | mm <sup>3</sup> | 9,33E+08  | 6,57E+08  | 6,76E+08  | 6,76E+08  | Modulo di res. Lembo inf.                             |

### 8.2.4 Fase 0

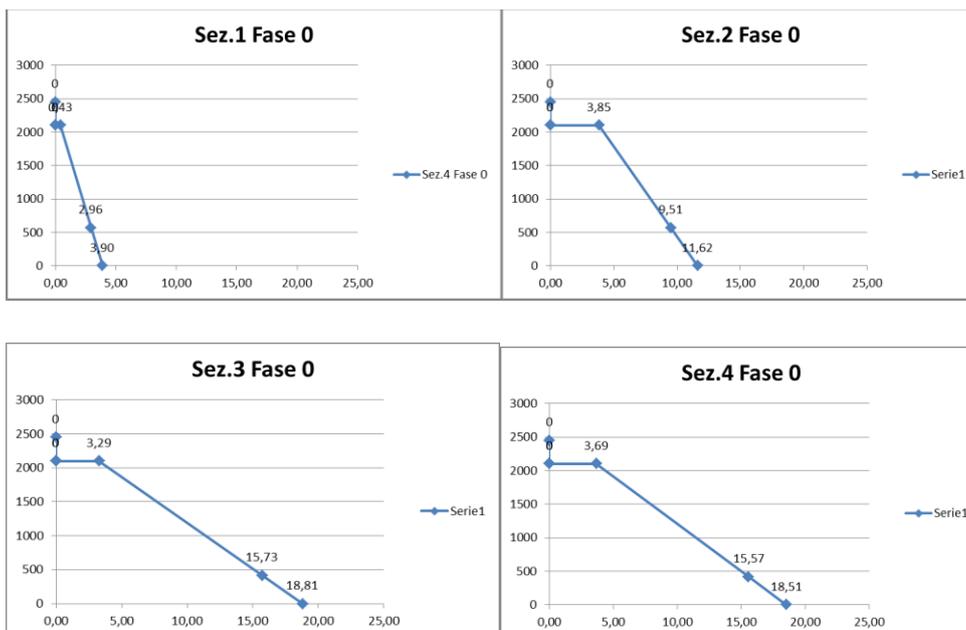
| Sezione              | -      | 1      | 2      | 3      | 4      |  |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| ascissa x            | [m]    | 0,75   | 2,55   | 8,35   | 12,15  |  |
| $N_{prec}$           | [kN]   | 9.341  | 9.341  | 14.011 | 14.011 | Precompressione alla tesatura                                |
| $M_{prec}$           | [kN-m] | -3.574 | -3.116 | -6.651 | -6.651 | Momento di Precompressione alla tesatura                     |
| c - trasferim.       | -      | 0,5    | 1      | 1      | 1      | coefficiente di trasferimento precompressione (*)            |
| $N^*_{prec}$         | [kN]   | 4.670  | 9.341  | 14.011 | 14.011 | Parte di Precompressione trasferita alla tesatura            |
| $M^*_{prec}$         | [kN-m] | -1.787 | -3.116 | -6.651 | -6.651 | Parte di Momento di Precompressione trasferito alla tesatura |
| $M^*_{pp}$           | [kN-m] | 321    | 918    | 2197   | 2396   | Momento dovuto al peso proprio - $L=L_{trave}$               |
| $\sigma^*_{c,sup} =$ | MPa    | 0,43   | 3,85   | 3,29   | 3,69   | Tensione nel cls al lembo superiore della sezione            |
| $\sigma^*_{c,inf} =$ | MPa    | 3,90   | 11,62  | 18,81  | 18,51  | Tensione nel cls al lembo inferiore della sezione            |
| $\sigma^*_{c,yGp} =$ | MPa    | 2,96   | 9,51   | 15,73  | 15,57  | Tensione nel cls fibra cavo risultante                       |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>55 di 113 |

| Sezione                      | -   | 1      | 2       | 3       | 4       |   |
|------------------------------|-----|--------|---------|---------|---------|---|
| ascissa x                    | [m] | 0,75   | 2,55    | 8,35    | 12,15   |   |
| $\Delta\sigma_{p0} =$        | MPa | 0,00   | 0,00    | 0,00    | 0,00    | Perdite immediate per rientro ancoraggi       |
| $\Delta\sigma_{p0,elast.} =$ | MPa | 15,89  | 51,11   | 84,52   | 83,68   | Perdite immediate per deformazione elastica   |
| $\sigma^*_{pi} =$            | MPa | 684,11 | 1348,89 | 1315,48 | 1316,32 | Tensione nel cavo a perdite iniziali avvenute |
| test cls sup.                | -   | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_{c,sup} > 0$ ?                      |
| test cls inf.                | -   | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_{c,inf} < 0,6 \times f_{ck}$ ?      |
| test precompr.               | -   | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_{pi} < \sigma_{p0,max}$ ?           |

(\*) In questa fase progettuale, si effettua l'ipotesi di trasferimento del 50% degli effetti di precompressione. Resta inteso che il valore dell'aliquota di carico trasferito potrà essere confermato (o eventualmente ridefinita) nella successiva fase progettuale in relazione alle modalità esecutive quali, ad esempio, il grado di maturazione del calcestruzzo al taglio trefoli.

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 0.



|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>56 di 113 |

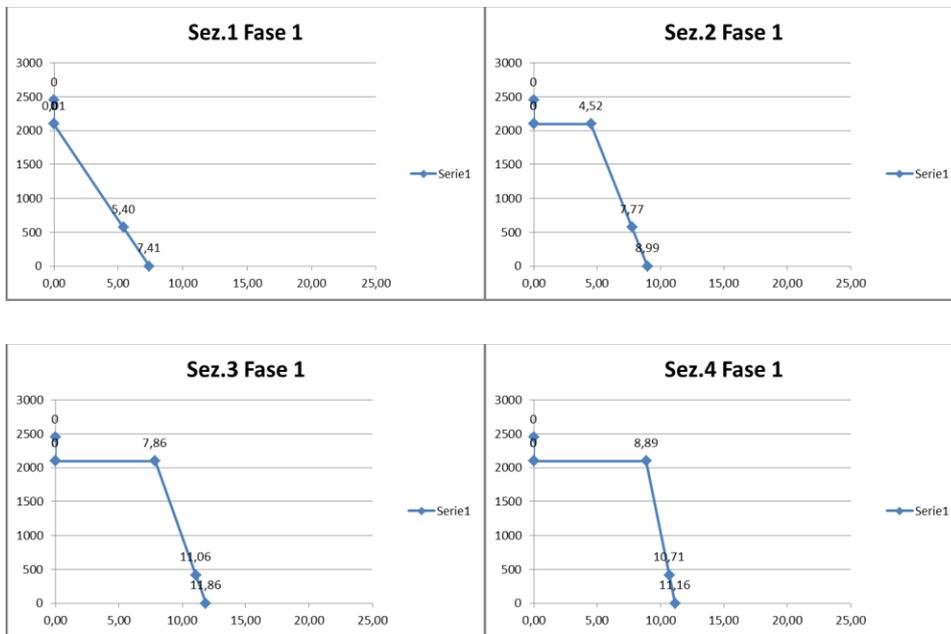
### 8.2.5 Fase 1

| Sezione                         | -               | 1         | 2         | 3         | 4         |  |
|---------------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| ascissa x                       | [m]             | 0,75      | 2,55      | 8,35      | 12,15     |  |
| $\Delta\sigma_{pr}$             | MPa             | 63        | 63        | 63        | 63        | Perdita per rilassamento al tempo $t = 500,000h$                                   |
| $\epsilon_{cs,1} =$             | -               | 0,000376  | 0,000376  | 0,000376  | 0,000376  | Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$      |
| $E_p =$                         | MPa             | 195.000   | 195.000   | 195.000   | 195.000   | Modulo elastico di progetto acciaio da prec.                                       |
| $E_{cm} =$                      | MPa             | 36.283    | 36.283    | 36.283    | 36.283    | Modulo elastico di progetto cls travi  |
| $\varphi_1(t^*, t_0)$           | -               | 2,07      | 2,07      | 2,07      | 2,07      | Coeff. di viscosità fase 1 (tave prefabbricata)                                    |
| $A_p =$                         | mm <sup>2</sup> | 6.672     | 6.672     | 10.008    | 10.008    | Area armatura di precompressione   |
| $A_c =$                         | mm <sup>2</sup> | 1.973.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | Area lorda sezione CLS   |
| $I_c =$                         | mm <sup>4</sup> | 8,84E+11  | 5,90E+11  | 5,90E+11  | 5,90E+11  | Inerzia sezione cls  |
| $Z_{cp} =$                      | mm              | 383       | 334       | 475       | 475       | Eccentricità cavo risultante   |
| <b>Sollecitazioni di fase 1</b> |                 |           |           |           |           |  |
| $\Psi_2$                        | -               | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | Coeff. di combinazione carico variabile  |
| $M_Q$                           | [kN-m]          | 0         | 0         | 0         | 0         | Momento dovuto ai carichi variabili - $L=L_{appoggi}$                              |
| $M_{pp}$                        | [kN-m]          | -8        | 576       | 1853      | 2051      | Momento dovuto al peso proprio - $L=L_{appoggi}$                                   |
| $M_{soletta}$                   | [kN-m]          | -12       | 819       | 2529      | 2847      | Momento dovuto al getto della soletta  |
| $\sigma_{p,i}$                  | MPa             | 1.400     | 1.400     | 1.400     | 1.400     | $\sigma_p - \Delta\sigma_{p0}$ (tens. Alla tesatura-perdite per rientro ancoraggi) |
| $N_{prec}$                      | [kN]            | 9.341     | 9.341     | 14.011    | 14.011    | Precompressione iniziale   |
| $M_{prec}$                      | [kN-m]          | -3.574    | -3.116    | -6.651    | -6.651    | Momento di precompressione iniziale  |
| $\sigma_{c,QP} =$               | MPa             | 6,2       | 9,2       | 14,0      | 13,6      | Tensione nel cls in corrisp. del cavo  |
| $\Delta\sigma_{p,c+s+tr}$       | MPa             | 181       | 205       | 236       | 232       | Perdite per rit. visc. e rilassamento  |
| $\Delta N_{prec}$               | [kN]            | 1.208     | 1.368     | 2.360     | 2.322     | Riduzione precompressione  |
| $\sigma_{c,sup} =$              | MPa             | 0,01      | 4,52      | 7,86      | 8,89      | Tensione nel cls al lembo superiore della sezione                                  |
| $\sigma_{c,inf} =$              | MPa             | 7,41      | 8,99      | 11,86     | 11,16     | Tensione nel cls al lembo inferiore della sezione                                  |
| $\sigma_{c,yGp} =$              | MPa             | 5,40      | 7,77      | 11,06     | 10,71     | Tensione nel cls fibra cavo risultante   |
| $\sigma_{pi} =$                 | MPa             | 671,00    | 1358,22   | 1340,54   | 1342,46   | Tensione nel cavo  |
| test cls sup.                   | -               | OK        | OK        | OK        | OK        | $\sigma_{c,sup}^* > 0$ ?   |
| test cls inf.                   | -               | OK        | OK        | OK        | OK        | $\sigma_{c,inf}^* < 0,6 \times f_{ck}$ ?   |

|   |  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGIO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>           |  | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  |  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>57 di 113</b> |

|                   |     |      |      |      |       |                                     |
|-------------------|-----|------|------|------|-------|-------------------------------------|
| Sezione           | -   | 1    | 2    | 3    | 4     |                                     |
| ascissa x         | [m] | 0,75 | 2,55 | 8,35 | 12,15 |                                     |
| test<br>precompr. | -   | OK   | OK   | OK   | OK    | $\sigma_{pi}^* < \sigma_{p0,max} ?$ |

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 1.



|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>58 di 113 |

### 8.2.6 Fase 2

| Sezione                         | -               | 1         | 2         | 3         | 4         |  |
|---------------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| ascissa x                       | [m]             | 0,75      | 2,55      | 8,35      | 12,15     |  |
| $n_{cls} =$                     | -               | 1,065     | 1,065     | 1,065     | 1,065     | Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP          |
| $s_{soletta} =$                 | mm              | 350       | 350       | 350       | 350       | Spessore soletta                                       |
| $b_{sol, coll.} =$              | mm              | 2.440     | 2.440     | 2.440     | 2.440     | Larghezza collaborante soletta                         |
| n                               |                 | 5,4       | 5,4       | 5,4       | 5,4       | Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione  |
| $A_{cls} =$                     | mm <sup>2</sup> | 1.973.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | Area lorda sezione CLS                                 |
| $A_{cls,soletta} =$             | mm <sup>2</sup> | 854.000   | 854.000   | 854.000   | 854.000   | Area lorda sezione CLS soletta                         |
| $A_p =$                         | mm <sup>2</sup> | 6.672     | 6.672     | 10.008    | 10.008    | Area armatura di precompressione                       |
| $A^* =$                         | mm <sup>2</sup> | 2.810.934 | 1.930.934 | 1.948.863 | 1.948.863 | Area omogeneizzata                                     |
| $y_{G,cls+sol.} =$              | mm              | 1340      | 1491      | 1491      | 1491      | Baricentro sezione cls                                 |
| $y_{G,p} =$                     | mm              | 570       | 570       | 417       | 417       | Baricentro armatura precompressione                    |
| $y^*_{G,cls} =$                 | mm              | 1330      | 1474      | 1461      | 1461      | Baricentro sezione cls omogeneizzata                   |
| $I_{cls+sol} =$                 | mm <sup>4</sup> | 1,878E+12 | 1,454E+12 | 1,454E+12 | 1,454E+12 | Inerzia sezione cls + soletta                          |
| $I^*_{cls+sol} =$               | mm <sup>4</sup> | 1,899E+12 | 1,483E+12 | 1,512E+12 | 1,512E+12 | Inerzia sezione cls omogeneizzata                      |
| $H_{sez,tr+sol} =$              | mm              | 2450      | 2450      | 2450      | 2450      | Altezza sezione trave + soletta                        |
| $y_{sup, sol} =$                | mm              | 1120      | 976       | 989       | 989       | distanza del lembo sup. della soletta da $y^*_{G,cls}$ |
| $y_{inf, sol} =$                | mm              | 770       | 626       | 639       | 639       | distanza del lembo inf. della soletta da $y^*_{G,cls}$ |
| $y_{sup, trave} =$              | mm              | 770       | 626       | 639       | 639       | distanza del lembo sup. della trave da $y^*_{G,cls}$   |
| $y_{inf, trave} =$              | mm              | 1330      | 1474      | 1461      | 1461      | distanza del lembo inf. della trave da $y^*_{G,cls}$   |
| e                               | mm              | 760       | 903       | 1044      | 1044      | eccentricità cavo risultante                           |
| $W^*_{sup, sol} =$              | mm <sup>3</sup> | 1,70E+09  | 1,52E+09  | 1,53E+09  | 1,53E+09  | Modulo di res. Lembo sup. soletta                      |
| $W^*_{inf, sol} =$              | mm <sup>3</sup> | 2,47E+09  | 2,37E+09  | 2,37E+09  | 2,37E+09  | Modulo di res. Lembo inf. soletta                      |
| $W^*_{sup, trave} =$            | mm <sup>3</sup> | 2,47E+09  | 2,37E+09  | 2,37E+09  | 2,37E+09  | Modulo di res. Lembo sup. trave                        |
| $W^*_{inf, trave} =$            | mm <sup>3</sup> | 1,43E+09  | 1,01E+09  | 1,04E+09  | 1,04E+09  | Modulo di res. Lembo inf. trave                        |
| $E_p =$                         | MPa             | 195.000   | 195.000   | 195.000   | 195.000   | Modulo elastico di progetto acciaio da prec.           |
| <b>Sollecitazioni di fase 2</b> |                 |           |           |           |           |  |
| $\Psi_2$                        | -               | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | Coeff. di combinazione carico variabile                |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>59 di 113 |

| Sezione                                   | -      | 1         | 2         | 3         | 4         |   |
|---|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| ascissa x                                 | [m]    | 0,75      | 2,55      | 8,35      | 12,15     |   |
| M <sub>Q</sub>                            | [kN-m] | 0         | 0         | 0         | 0         | Momento dovuto ai carichi variabili - L=L <sub>appoggi</sub>  |
| M <sub>Permanenti</sub>                   | [kN-m] | -16       | 887       | 2619      | 2955      | Momento dovuto ai carichi permanenti portati  |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$             | MPa    | -0,01     | 0,55      | 1,61      | 1,81      | Variazione di tensione Lembo sup. soletta   |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$             | MPa    | -0,01     | 0,35      | 1,04      | 1,17      | Variazione di tensione Lembo inf. soletta   |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$           | MPa    | -0,01     | 0,37      | 1,11      | 1,25      | Variazione di tensione Lembo sup. trave   |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$           | MPa    | 0,01      | -0,88     | -2,53     | -2,85     | Variazione di tensione Lembo inf. trave   |
| $\Delta\sigma_{c,yGp} =$                  | MPa    | 0,01      | -0,54     | -1,81     | -2,04     | Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo   |
| $\Delta\sigma_{pi} =$                     | MPa    | -0,03     | 2,90      | 9,72      | 10,96     | Variazione di tensione nel cavo   |
| <b>Rilassamento</b>                       |        |           |           |           |           |   |
| $\Delta\sigma_{pr}$                       | MPa    | 0         | 0         | 0         | 0         | Perdita per rilassamento residua<br>(inserire 0, se già scontata nella fase precedente)                                 |
| <b>Ritiro differenziale Trave-soletta</b> |        |           |           |           |           |   |
| $\epsilon_{cs} =$                         | -      | 0,000165  | 0,000165  | 0,000165  | 0,000165  | Residuo Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$<br>nella trave ancora da scontare |
| $\epsilon_{cs,soletta} =$                 |        | 0,000309  | 0,000309  | 0,000309  | 0,000309  | Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ nella soletta                             |
| $\Delta\epsilon_{cs,soletta} =$           |        | 0,000144  | 0,000144  | 0,000144  | 0,000144  | Ritiro differenziale Soletta-Trave  |
| E <sub>cm</sub> =                         | MPa    | 36.283    | 36.283    | 36.283    | 36.283    | Modulo elastico di progetto cls travi   |
| E <sub>cm,soletta</sub> =                 | MPa    | 33.346    | 33.346    | 33.346    | 33.346    | Modulo elastico di progetto cls soletta   |
| n <sub>cls</sub> =                        | -      | 1,065     | 1,065     | 1,065     | 1,065     | Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP   |
| E' <sub>cm,soletta</sub> =                | MPa    | 12170,409 | 12170,409 | 12170,409 | 12170,409 | Modulo elastico di progetto cls soletta (eff.viscosi)   |
| $\sigma_{c,soletta} =$                    | MPa    | -1,752539 | -1,752539 | -1,752539 | -1,752539 | Tensioni fittizia da ritiro nella soletta   |
| N <sub>Ritiro differenziale</sub>         | [kN]   | 1497      | 1497      | 1497      | 1497      | Sforzo assiale da ritiro differenziale Soletta-Trave  |
| M <sub>Ritiro differenziale</sub>         | [kN-m] | 1414      | 1200      | 1218      | 1218      | Momento dovuto al ritiro differenziale Soletta-Trave  |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$             | MPa    | -0,47     | -0,19     | -0,19     | -0,19     | Variazione di tensione Lembo sup. soletta   |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$             | MPa    | -0,71     | -0,47     | -0,47     | -0,47     | Variazione di tensione Lembo inf. soletta   |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$           | MPa    | 1,11      | 1,28      | 1,28      | 1,28      | Variazione di tensione Lembo sup. trave   |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$           | MPa    | -0,46     | -0,42     | -0,41     | -0,41     | Variazione di tensione Lembo inf. trave   |

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>60 di 113 |

| Sezione                   | -               | 1         | 2         | 3         | 4         |  |
|---------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| ascissa x                 | [m]             | 0,75      | 2,55      | 8,35      | 12,15     |  |
| $\Delta\sigma_{c,yGp} =$  | MPa             | -0,03     | 0,04      | -0,07     | -0,07     | Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo          |
| $\Delta\sigma_{pi,rit} =$ | MPa             | 0,18      | -0,24     | 0,39      | 0,39      | Variazione di tensione nel cavo                        |
| <b>Viscosità</b>          |                 |           |           |           |           |  |
| $\varphi(t^*, t_0)$       | -               | 2,25      | 2,25      | 2,25      | 2,25      | Coeff. di viscosità fase 2 (soletta)                   |
| $n_{cls} =$               |                 | 1,065     | 1,065     | 1,065     | 1,065     | Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP          |
| $n'_{cls} =$              | -               | 2,98      | 2,98      | 2,98      | 2,98      | $n_{cls} \times (1 + 0,8 \times \varphi(t^*, t_0))$    |
| $s_{soletta} =$           | mm              | 350       | 350       | 350       | 350       | Spessore soletta                                       |
| $b_{soletta, collab.} =$  | mm              | 2440      | 2440      | 2440      | 2440      | Larghezza collaborante soletta                         |
| n                         | -               | 5,4       | 5,4       | 5,4       | 5,4       | Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione  |
| $A_{cls} =$               | mm <sup>2</sup> | 1.973.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | 1.093.000 | Area lorda sezione CLS                                 |
| $A_{cls,soletta} =$       | mm <sup>2</sup> | 854.000   | 854.000   | 854.000   | 854.000   | Area lorda sezione CLS soletta                         |
| $A_p =$                   | mm <sup>2</sup> | 6.672     | 6.672     | 10.008    | 10.008    | Area armatura di precompressione                       |
| $A^* =$                   | mm <sup>2</sup> | 2.295.314 | 1.415.314 | 1.433.243 | 1.433.243 | Area omogeneizzata                                     |
| $Y_{G,cls+sol.} =$        | mm              | 1.127     | 1.197     | 1.197     | 1.197     | Baricentro sezione cls+soletta                         |
| $Y_{G,p} =$               | mm              | 570       | 570       | 417       | 417       | Baricentro armatura precompressione                    |
| $y^*_{G,cls} =$           | mm              | 1.118     | 1.182     | 1.168     | 1.168     | Baricentro sezione cls omogeneizzata                   |
| $I_{cls+sol} =$           | mm <sup>4</sup> | 1,316E+12 | 1,010E+12 | 1,010E+12 | 1,010E+12 | Inerzia sezione cls + soletta                          |
| $I^*_{cls+sol} =$         | mm <sup>4</sup> | 1,318E+12 | 1,012E+12 | 1,015E+12 | 1,015E+12 | Inerzia sezione cls omogeneizzata                      |
| $H_{sez,tr+sol} =$        | Mm              | 2.450     | 2.450     | 2.450     | 2.450     | Altezza sezione trave + soletta                        |
| $Y_{sup, sol} =$          | Mm              | 1.332     | 1.268     | 1.282     | 1.282     | distanza del lembo sup. della soletta da $y^*_{G,cls}$ |
| $Y_{inf, sol} =$          | Mm              | 982       | 918       | 932       | 932       | distanza del lembo inf. della soletta da $y^*_{G,cls}$ |
| $Y_{sup, trave} =$        | Mm              | 982       | 918       | 932       | 932       | distanza del lembo sup. della trave da $y^*_{G,cls}$   |
| $Y_{inf, trave} =$        | Mm              | 1.118     | 1.182     | 1.168     | 1.168     | distanza del lembo inf. della trave da $y^*_{G,cls}$   |
| e                         | Mm              | 548       | 611       | 751       | 751       | eccentricità cavo risultante                           |
| $W^*_{sup, sol} =$        | mm <sup>3</sup> | 9,90E+08  | 7,98E+08  | 7,92E+08  | 7,92E+08  | Modulo di res. Lembo sup. soletta                      |
| $W^*_{inf, sol} =$        | mm <sup>3</sup> | 1,34E+09  | 1,10E+09  | 1,09E+09  | 1,09E+09  | Modulo di res. Lembo inf. soletta                      |
| $W^*_{sup, trave} =$      | mm <sup>3</sup> | 1,34E+09  | 1,10E+09  | 1,09E+09  | 1,09E+09  | Modulo di res. Lembo sup. trave                        |
| $W^*_{inf, trave} =$      | mm <sup>3</sup> | 1,18E+09  | 8,57E+08  | 8,69E+08  | 8,69E+08  | Modulo di res. Lembo inf. trave                        |
| $E_p =$                   | MPa             | 195.000   | 195.000   | 195.000   | 195.000   | Modulo elastico di progetto acciaio da prec.           |

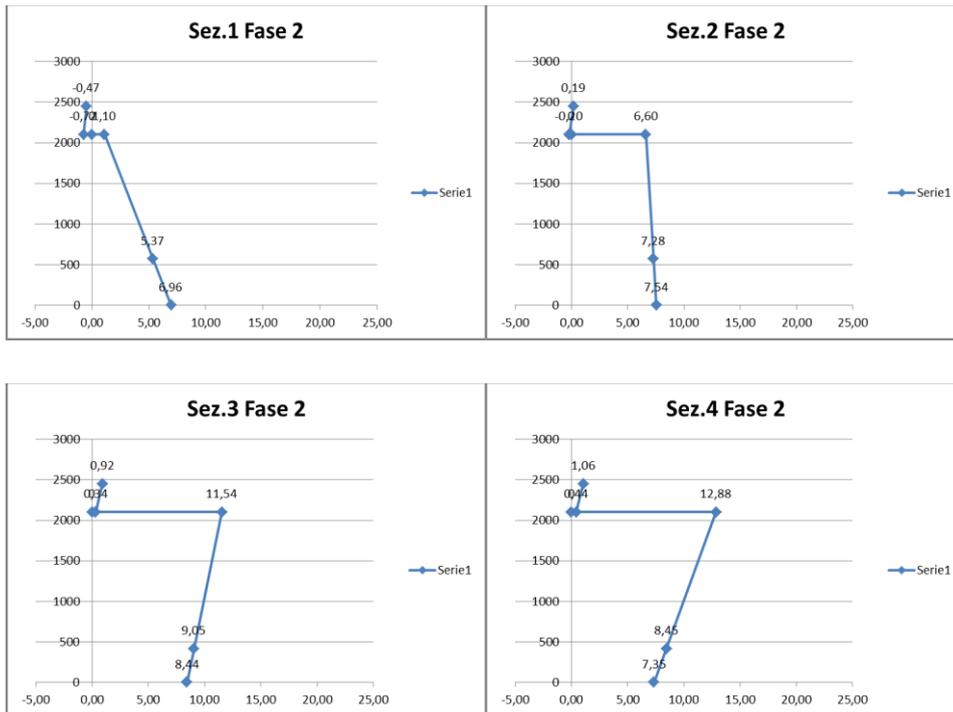
|   |  |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|--|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br><b>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.</b> | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>   | COMMESSA<br><b>IF28</b>  | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>61 di 113</b> |

| Sezione  | -   | 1      | 2       | 3       | 4       |  |
|--|-----|--------|---------|---------|---------|--|
| ascissa x  | [m] | 0,75   | 2,55    | 8,35    | 12,15   |  |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$                      | MPa | 0,003  | -0,176  | -0,500  | -0,564  | <i>Variazione di tensione Lembo sup. soletta</i>     |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$                      | MPa | 0,002  | -0,082  | -0,233  | -0,263  | <i>Variazione di tensione Lembo inf. soletta</i>     |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$                    | MPa | -0,005 | 0,430   | 1,297   | 1,463   | <i>Variazione di tensione Lembo sup. trave</i>       |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$                    | MPa | 0,002  | -0,154  | -0,483  | -0,545  | <i>Variazione di tensione Lembo inf. trave</i>       |
| $\Delta\sigma_{c,yGp} =$                           | MPa | 0,000  | 0,005   | -0,130  | -0,146  | <i>Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo</i> |
| $\Delta\sigma_{pi,v} =$                            | MPa | -0,001 | -0,025  | 0,697   | 0,786   | <i>Variazione di tensione nel cavo</i>               |
| <b>Tensioni totali di Fase 2 a cadute avvenute</b> |     |        |         |         |         |  |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$                      | MPa | -0,475 | 0,185   | 0,921   | 1,064   | <i>Variazione di tensione Lembo sup. soletta</i>     |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$                      | MPa | -0,718 | -0,201  | 0,336   | 0,440   | <i>Variazione di tensione Lembo inf. soletta</i>     |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$                    | MPa | 1,094  | 2,087   | 3,686   | 3,995   | <i>Variazione di tensione Lembo sup. trave</i>       |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$                    | MPa | -0,445 | -1,452  | -3,422  | -3,809  | <i>Variazione di tensione Lembo inf. trave</i>       |
| $\Delta\sigma_{c,yGp} =$                           | MPa | -0,027 | -0,491  | -2,011  | -2,259  | <i>Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo</i> |
| $\Delta\sigma_{pi,v} =$                            | MPa | 0,144  | 2,638   | 10,806  | 12,142  | <i>Variazione di tensione nel cavo</i>               |
| <b>Tensioni totali a cadute avvenute</b>           |     |        |         |         |         |  |
| $\sigma_{c,sup, Sol} =$                            | MPa | -0,47  | 0,19    | 0,92    | 1,06    | <i>tensione Lembo sup. soletta</i>                   |
| $\sigma_{c,inf, Sol} =$                            | MPa | -0,72  | -0,20   | 0,34    | 0,44    | <i>tensione Lembo inf. soletta</i>                   |
| $\sigma_{c,sup, Trave} =$                          | MPa | 1,10   | 6,60    | 11,54   | 12,88   | <i>tensione Lembo sup. trave</i>                     |
| $\sigma_{c,inf, Trave} =$                          | MPa | 6,96   | 7,54    | 8,44    | 7,35    | <i>tensione Lembo inf. trave</i>                     |
| $\sigma_{c,yGp} =$                                 | MPa | 5,37   | 7,28    | 9,05    | 8,45    | <i>tensione fibra corrisp. al cavo</i>               |
| $\sigma_p =$                                       | MPa | 671,14 | 1360,86 | 1351,34 | 1354,61 | <i>tensione nel cavo</i>                             |
| test cls sup.soletta                               | -   | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$                   |
| test cls inf.soletta                               | -   | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$                   |
| test cls sup.                                      | -   | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$                   |

|   |  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           |  | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  |  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>62 di 113</b> |

| Sezione                  | -   | 1    | 2    | 3    | 4     |                                      |
|--------------------------|-----|------|------|------|-------|--------------------------------------|
| ascissa x                | [m] | 0,75 | 2,55 | 8,35 | 12,15 |                                      |
| test cls<br>inf.compr.   | -   | OK   | OK   | OK   | OK    | $\sigma^*_{c} < 0,4 \times f_{ck} ?$ |
| test cls<br>inf.trazione | -   | OK   | OK   | OK   | OK    | $\sigma^*_{c} > 0 ?$                 |
| test<br>precompr.        | -   | OK   | OK   | OK   | OK    | $\sigma^*_{p} < \sigma_{p0,max} ?$   |

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 2.



|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>63 di 113 |

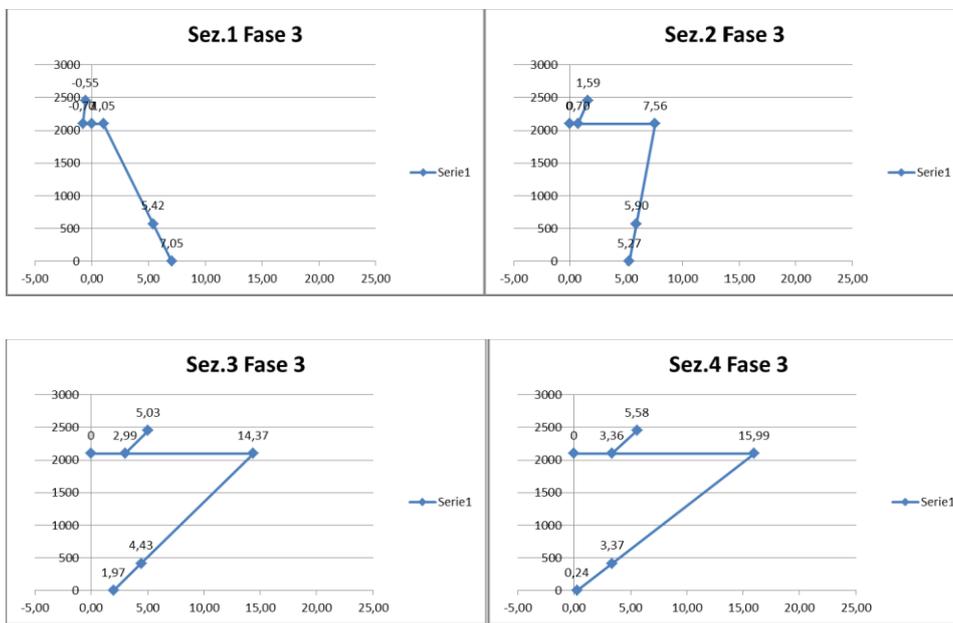
### 8.2.7 Fase 3

| Sezione                          | -      | 1      | 2       | 3       | 4       |   |
|----------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---|
| ascissa x                        | [m]    | 0,75   | 2,55    | 8,35    | 12,15   |   |
| <b>Sollecitazioni di fase 3</b>  |        |        |         |         |         |   |
| $\Psi_2$                         | -      | 1,00   | 1,00    | 1,00    | 1,00    | Coeff. di combinazione carico variabile               |
| $M_Q$                            | [kN-m] | -132   | 2276    | 6693    | 7354    | Momento dovuto ai carichi variabili - $L=L_{appoggi}$ |
| $M_{Permanenti}$                 | [kN-m] | 0      | 0       | 0       | 0       | Momento dovuto ai carichi permanenti                  |
| <b>Tensioni totali di Fase 3</b> |        |        |         |         |         |   |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$    | MPa    | -0,07  | 1,41    | 4,11    | 4,52    | Variazione di tensione Lembo sup. soletta             |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$    | MPa    | -0,05  | 0,90    | 2,66    | 2,92    | Variazione di tensione Lembo inf. soletta             |
| $\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$  | MPa    | -0,05  | 0,96    | 2,83    | 3,11    | Variazione di tensione Lembo sup. trave               |
| $\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$  | MPa    | 0,09   | -2,26   | -6,47   | -7,10   | Variazione di tensione Lembo inf. trave               |
| $\Delta\sigma_{c,yGp} =$         | MPa    | 0,05   | -1,39   | -4,62   | -5,08   | Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo         |
| $\Delta\sigma_p =$               | MPa    | -0,28  | 7,45    | 24,83   | 27,28   | Variazione di tensione nel cavo                       |
| <b>Tensioni totali</b>           |        |        |         |         |         |   |
| $\sigma_{c,sup, Sol} =$          | MPa    | -0,55  | 1,59    | 5,03    | 5,58    | tensione Lembo sup. soletta                           |
| $\sigma_{c,inf, Sol} =$          | MPa    | -0,77  | 0,70    | 2,99    | 3,36    | tensione Lembo inf. soletta                           |
| $\sigma_{c,sup, Trave} =$        | MPa    | 1,05   | 7,56    | 14,37   | 15,99   | tensione Lembo sup. trave                             |
| $\sigma_{c,inf, Trave} =$        | MPa    | 7,05   | 5,27    | 1,97    | 0,24    | tensione Lembo inf. trave                             |
| $\sigma_{c,yGp} =$               | MPa    | 5,42   | 5,90    | 4,43    | 3,37    | tensione fibra corrisp. al cavo                       |
| $\sigma_p =$                     | MPa    | 670,86 | 1368,31 | 1376,17 | 1381,89 | tensione nel cavo                                     |
| Test cls sup.soletta             | -      | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$                    |
| test cls inf.soletta             | -      | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$                    |
| test cls sup.                    | -      | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$                    |
| test cls inf.compr.              | -      | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$                    |
| test cls inf.trazione            | -      | OK     | OK      | OK      | OK      | $\sigma^*_c > 0 ?$                                    |

|   |  |             |                      |                         |           |                     |
|---|--|-------------|----------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                      |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                      |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E Z Z CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>64 di 113 |

|                   |     |      |      |      |       |                                  |
|-------------------|-----|------|------|------|-------|----------------------------------|
| Sezione           | -   | 1    | 2    | 3    | 4     |                                  |
| ascissa x         | [m] | 0,75 | 2,55 | 8,35 | 12,15 |                                  |
| fest<br>precompr. | -   | OK   | OK   | OK   | OK    | $\sigma_p^* < \sigma_{p0,max} ?$ |

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 3.



### 8.3 VERIFICHE A FESSURAZIONE

Le combinazioni SLE Frequenti presentano sollecitazioni inferiori a quelle delle combinazioni Rare analizzate nelle verifiche tensionali sopra riportate.

Secondo il §4.1.2.2.4 delle Norme Tecniche lo stato limite di formazione delle fessure si ha quando la tensione massima di trazione della sezione supera

$$\frac{f_{ctm}}{1,2} = 3,16 \text{ MPa}$$

Si ha quindi che le combinazioni frequenti non portano mai alla formazione di fessure in quanto già nelle combinazioni RARE la tensione massima non supera il valore sopra riportato.

|   |   |             |                     |                         |           |                     |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio      Soci<br><b>HIRPINIA AV      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>65 di 113 |

## 9 EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE AGLI SLU

Si riporta di seguito la verifica allo SLU per presso-flessione retta della sezione 4 (mezzeria) della trave composta di bordo, che è risultata la più sollecitata.

Si omettono per sintesi i risultati delle verifiche condotte considerando le fasi intermedie di costruzione.

Si riporta inoltre la verifica a taglio con le sollecitazioni di taglio massime (zona di appoggio) dedotta dai modelli di calcolo. A vantaggio di sicurezza è stata considerata comunque la sezione resistente corrispondente alla sezione corrente.

### 9.1 SOLLECITAZIONI A PRESSOFLESSIONE

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti.

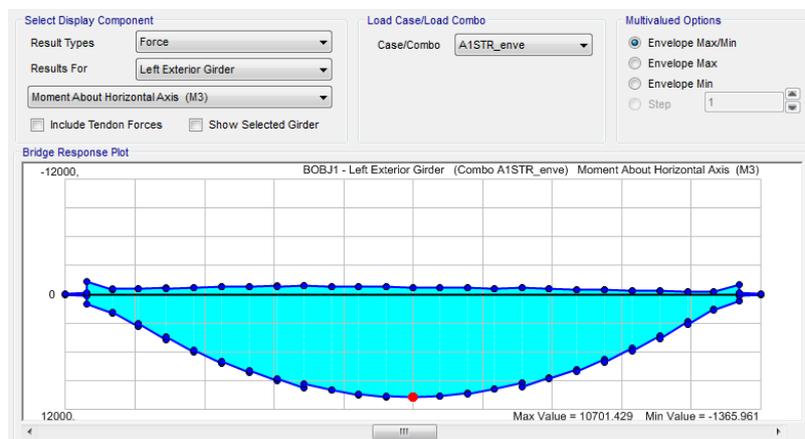
Fase 1 – peso proprio e getto della soletta:

$$M = (M_{pp} + M_{solet.}) * \gamma = (2051 + 2847) * 1,35 = 6612,3 \text{ kNm}$$

$$N = 0$$

Fase 2 e 3 – carichi permanenti portati e di esercizio:

Di seguito si riporta il diagramma delle sollecitazioni relative ai carichi applicati nella fase 3b, che è la condizione dimensionante.



|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>66 di 113 |

$$M = (M_{perm.} * \gamma) + (M_{rit} * \gamma) + (M_{rez,pass} * \gamma) + M_{es,SLU} =$$

$$= (2955 * 1,5) + (1218 * 1,2) + (365 * 1,49 * 1,5) + 10701 = \mathbf{17441 \text{ kNm}}$$

$$N = (N_{perm.} * \gamma) + (N_{rit} * \gamma) + (N_{res,pass} * \gamma) + N_{es,SLU} = 0 + (1497 * 1,2) + (-365 * 1,5) + (-1951) = \mathbf{-702 \text{ kN}}$$

Alle sollecitazioni appena calcolate devono essere sommati gli effetti della precompressione, considerata come carico esterno, al netto delle perdite di precompressione totali. Tali sollecitazioni sono valutate di seguito.

$$N_{prec} = \sigma_p * A_p = \frac{1354,6 * 10008}{1000} = 13557 \text{ kN}$$

$$M_{prec} = N_{prec} * e_p = (-13557) * (0,92 - 0,42) = -6779 \text{ kNm}$$

Di seguito si valutano momento e sforzo assiale complessivo nella condizione più gravosa.

$$M_{e,d} = 17441 - 6779 = \mathbf{10662 \text{ kNm}}$$

$$N_{e,d} = 13557 - 702 = \mathbf{12855 \text{ kN}}$$

## 9.2 VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLU.

Il dominio di resistenza della sezione deve essere tracciato tenendo conto della tensione presente nei trefoli indipendentemente dall'applicazione dei carichi. Operativamente si adotta un legame costitutivo fittizio di tipo elastico-perfettamente plastico, nel quale la soglia di snervamento ( $\Delta\sigma$ ) è pari alla differenza tra la soglia di snervamento prevista dalla normativa ( $f_{p0,1k}/\gamma$ ) e la tensione iniziale nei cavi ( $\sigma_p$ ). Analogamente, la deformazione residua utile ( $\Delta\varepsilon_p$ ) sarà pari alla deformazione ultima di progetto ( $\varepsilon_{ud}=0,9 \times \varepsilon_{uk}$ ) ridotta della deformazione iniziale nei cavi dovuta al tesaggio ( $\varepsilon_{p0}$ ). Partendo da tali ipotesi ed assegnando ad ogni materiale il corrispondente legame costitutivo è stato valutato l'andamento del dominio di resistenza nel piano N-M.

|  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>67 di 113</b> |

## 9.2.1 Materiali

| Calcestruzzo Trave   |       |     |  |
|----------------------|-------|-----|--|
| Classe               |       |     |  |
| $R_{ck} =$           | 55    | MPa | resistenza caratteristica cubica                 |
| $f_{ck} =$           | 45    | MPa | resistenza caratteristica cilindrica             |
| $\gamma_c =$         | 1,5   | -   | coefficiente parziale di sicurezza SLU           |
| $\alpha_{cc} =$      | 0,85  |     | coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85) |
| $f_{cd} =$           | 25,5  | MPa | resistenza di progetto                           |
| $E_{cm} =$           | 36283 | MPa | Modulo elastico di progetto                      |
| $\nu =$              | 0,2   |     | Coefficiente di Poisson                          |
| $\epsilon_{c2} =$    | 0,20% |     | per classi inferiori a C50/60                    |
| $\epsilon_{cu2} =$   | 0,35% |     | per classi inferiori a C50/60                    |
| n                    | 2     |     | coeff. per legame $\sigma_c - \epsilon_c$        |
| Calcestruzzo Soletta |       |     |  |
| Classe               |       |     |  |
| $R_{ck} =$           | 40    | MPa | resistenza caratteristica cubica                 |
| $f_{ck} =$           | 32    | MPa | resistenza caratteristica cilindrica             |
| $\gamma_c =$         | 1,5   | -   | coefficiente parziale di sicurezza SLU           |
| $\alpha_{cc} =$      | 0,85  |     | coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85) |
| $f_{cd} =$           | 18    | MPa | resistenza di progetto                           |
| $E_{cm} =$           | 33346 | MPa | Modulo elastico di progetto                      |
| $\nu =$              | 0,2   |     | Coefficiente di Poisson                          |
| $\epsilon_{c2} =$    | 0,20% |     | per classi inferiori a C50/60                    |
| $\epsilon_{cu2} =$   | 0,35% |     | per classi inferiori a C50/60                    |
| n                    | 2     |     | coeff. per legame $\sigma_c - \epsilon_c$        |

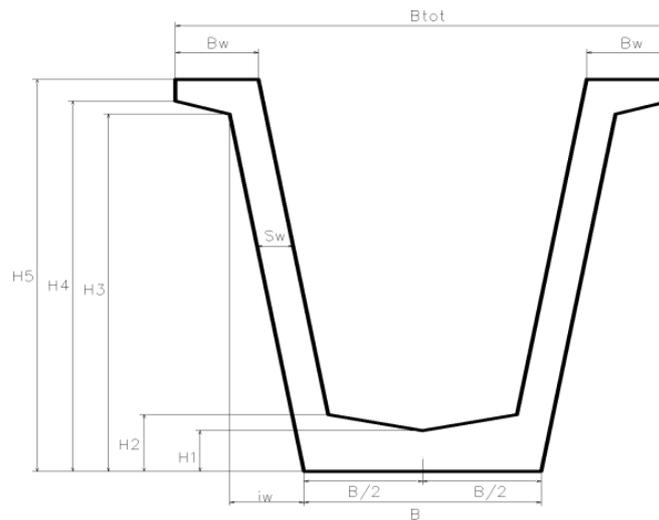
|  |   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
|--|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0008 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">68 di 113</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO      | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 68 di 113 |
| COMMESSA   | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV.     | FOGLIO    |      |        |      |    |         |            |   |           |
| IF28   | 01  | E ZZ CL  | VI0008 001 | A        | 68 di 113 |      |        |      |    |         |            |   |           |

| <b>Acciaio</b>                             |        |     |  |
|--|--------|-----|--|
| B450C                                      |        |     |  |
| $f_{yk} \geq$                              | 450    | MPa | <i>tensione caratteristica di snervamento</i>            |
| $f_{tk} \geq$                              | 540    | MPa | <i>tensione caratteristica di rottura</i>                |
| $(f_t/f_y)_k \geq$                         | 1,15   |     |  |
| $(f_t/f_y)_k <$                            | 1,35   |     |  |
| $\gamma_s =$                               | 1,15   | -   | <i>coefficiente parziale di sicurezza SLU</i>            |
| $f_{yd} =$                                 | 391,3  | MPa | <i>tensione caratteristica di snervamento</i>            |
| $E_s =$                                    | 200000 | MPa | <i>Modulo elastico di progetto</i>                       |
| $\epsilon_{yd} =$                          | 0,20%  |     | <i>deformazione di progetto a snervamento</i>            |
| $\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$               | 7,50%  |     | <i>deformazione caratteristica ultima</i>                |
| <b>Acciaio da precompressione</b>          |        |     |  |
| Trefoli                                    |        |     |  |
| $f_{pk} \geq$                              | 1860   | MPa | <i>tensione caratteristica di rottura</i>                |
| $f_{p(0,1)k} \geq$                         | 1674   | MPa | <i>tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua</i> |
| $f_{p(1)k} \geq$                           | 1670   | MPa | <i>tensione caratteristica allo 1% di def. Totale</i>    |
| Allung. x carico max.                      | 3,50%  |     |  |
| $E_p =$                                    | 195000 | MPa | <i>Modulo elastico di progetto</i>                       |
| $\gamma_s =$                               | 1,15   | -   | <i>coefficiente parziale di sicurezza SLU</i>            |
| $f_{ypd} =$                                | 1456   | MPa | <i>tensione caratteristica di snervamento</i>            |
| $f_{ptd} =$                                | 1617   | MPa | <i>tensione caratteristica di rottura</i>                |
| $\epsilon_{ypd} = f_{pd} / E_p$            | 0,75%  |     | <i>deformazione di progetto a snervamento</i>            |
| $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$ | 3,15%  |     | <i>deformazione caratteristica ultima</i>                |

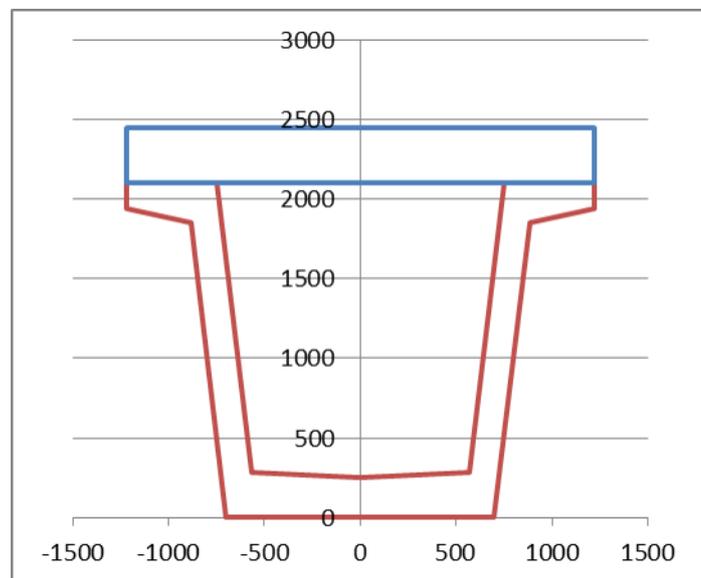
|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>         | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>69 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   |   |                    |                            |                                |                  |                            |

### 9.2.2 Dati geometrici sezione

In riferimento al seguente schema, si riportano le caratteristiche geometriche della sezione.

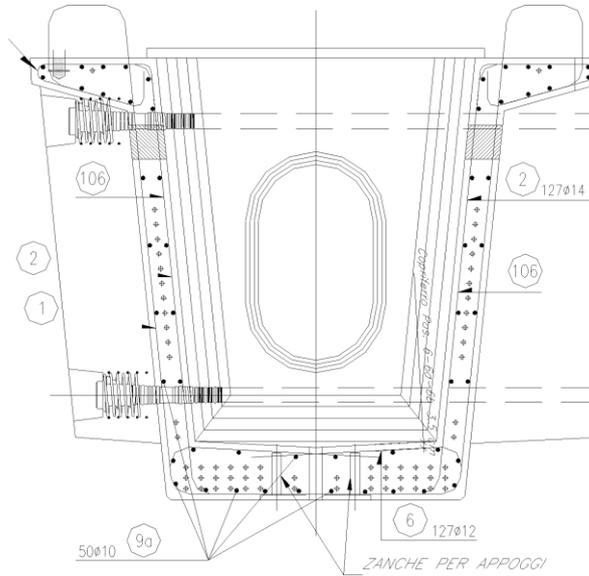


| Dati geometrici della sezione |      |    |
|-------------------------------|------|----|
| B =                           | 1400 | mm |
| B <sub>tot</sub> =            | 2440 | mm |
| S <sub>w</sub> =              | 160  | mm |
| B <sub>w</sub> =              | 470  | mm |
| i <sub>w</sub> =              | 185  | mm |
| H <sub>1</sub> =              | 250  | mm |
| H <sub>2</sub> =              | 280  | mm |
| H <sub>3</sub> =              | 1850 | mm |
| H <sub>4</sub> =              | 1940 | mm |
| H <sub>5</sub> =              | 2100 | mm |
| n =                           | 0,92 | -  |
| B <sub>soletta</sub> =        | 2440 | mm |
| S <sub>soletta</sub> =        | 350  | mm |



|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>70 di 113</b> |

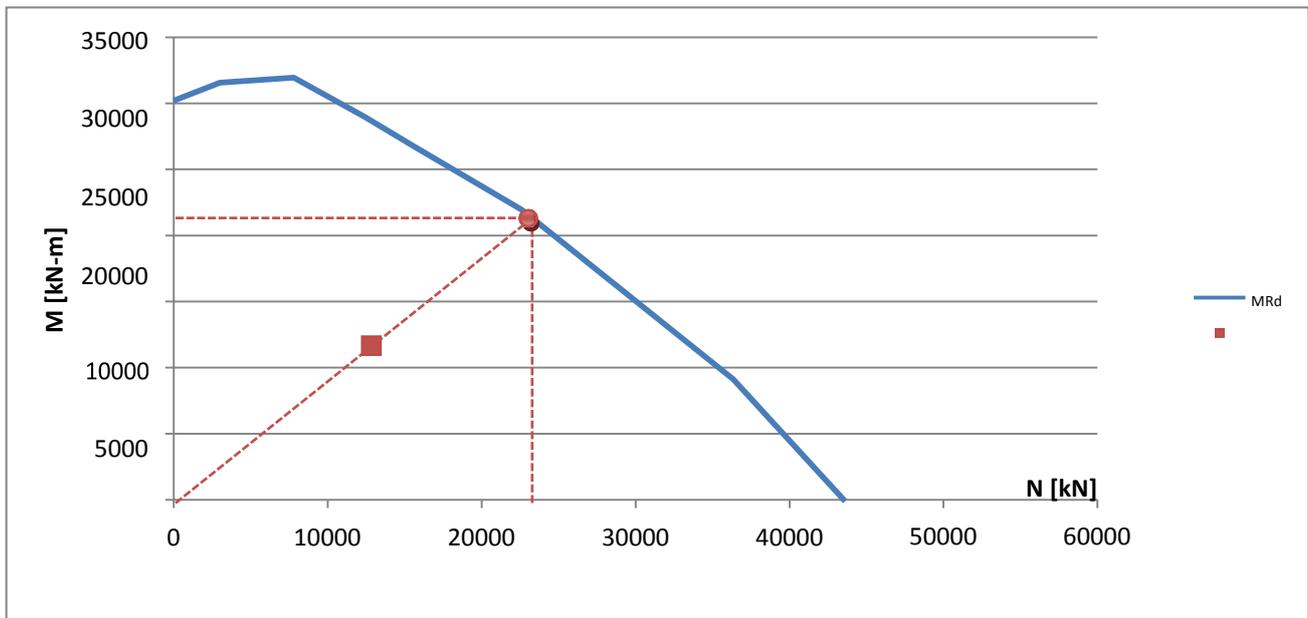
Nella verifica si è tenuto conto anche della presenza di armatura lenta, in riferimento allo schema seguente.



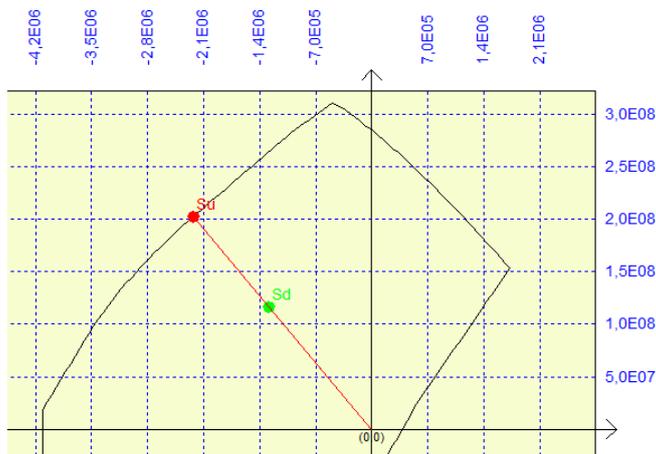
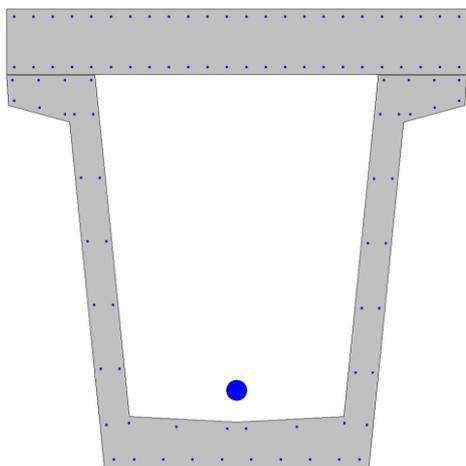
### 9.2.3 Calcolo

|  |         |     |  |
|--|---------|-----|--|
| $\epsilon_{ypd} = f_{pd} / E_p$            | 0,75%   | -   | Deformazione di progetto a snervamento |
| $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$ | 3,15%   | -   | Deformazione di progetto ultima        |
| $\epsilon_{p0} =$                          | 0,69%   | -   | Deformazione iniziale nei cavi         |
| $\sigma_p =$                               | 1354,61 | MPa | Tensione iniziale nei cavi             |
| $E_p =$                                    | 195000  | MPa | Modulo elastico cavi                   |
| $\Delta\epsilon_p =$                       | 2,46%   | -   | Deformazione residua utile             |

|   |  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           |  | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   |  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>71 di 113</b> |



Per valutare l'approccio di calcolo adottato, il dominio di resistenza è stato tracciato anche con l'ausilio del software di calcolo *PresFle ver.5.21*, nel quale oltre alla geometria della sezione composta è stato definito il legame costitutivo dei cavi in analogia a quanto precedentemente descritto. Per semplicità l'armatura di precompressione è stata definita come cavo risultante.



|   |   |             |                     |                         |           |                     |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                  Soci<br><b>HIRPINIA AV                  SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>       | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                  Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>72 di 113 |

### 9.3 SOLLECITAZIONI A TAGLIO

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti.

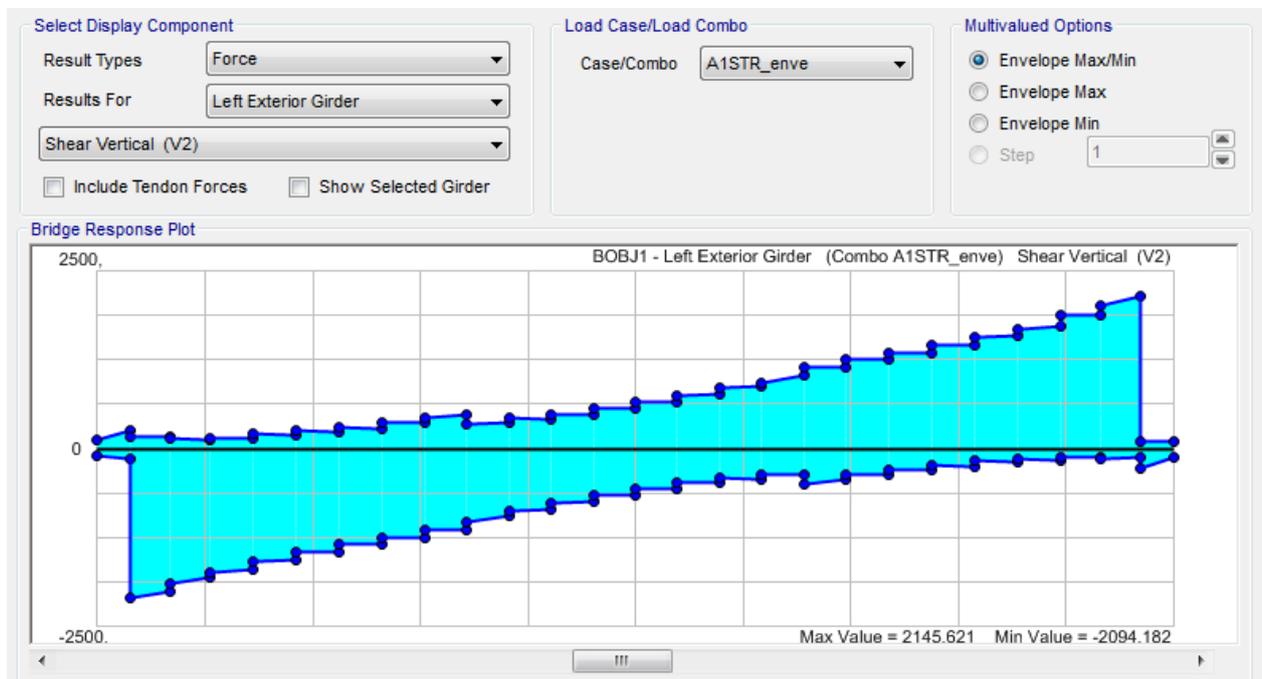
Fase 1 – peso proprio e getto della soletta:

$$V = (V_{pp} + V_{solet.}) * \gamma = (349 + 502) * 1,35 = 1149 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

Fase 2 e 3 – carichi permanenti portati e di esercizio:

Di seguito si riporta il diagramma delle sollecitazioni relative ai carichi applicati in fase 3b, che è la condizione dimensionante.



|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                  Soci<br><b>HIRPINIA AV                  SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>      | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                  Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>73 di 113</b> |

$$V = (V_{perm.} * \gamma) + V_{es,SLU} = 471 * 1,5 + 2146 = \mathbf{2853 \text{ kN}}$$

$$N = (N_{perm.} * \gamma) + (N_{rit} * \gamma) + (N_{res,pass} * \gamma) + N_{es,SLU} = 0 + (1497 * 1,2) + (-365 * 1,5) + (-1951) = \mathbf{-702 \text{ kN}}$$

Alle sollecitazioni appena calcolate devono essere sommati gli effetti della precompressione, considerata come carico esterno, al netto delle perdite di precompressione totali. Tali sollecitazioni sono valutate di seguito.

$$N_{prec.} = \sigma_p * A_p = \frac{1354,6 * 10008}{1000} = 13557 \text{ kN}$$

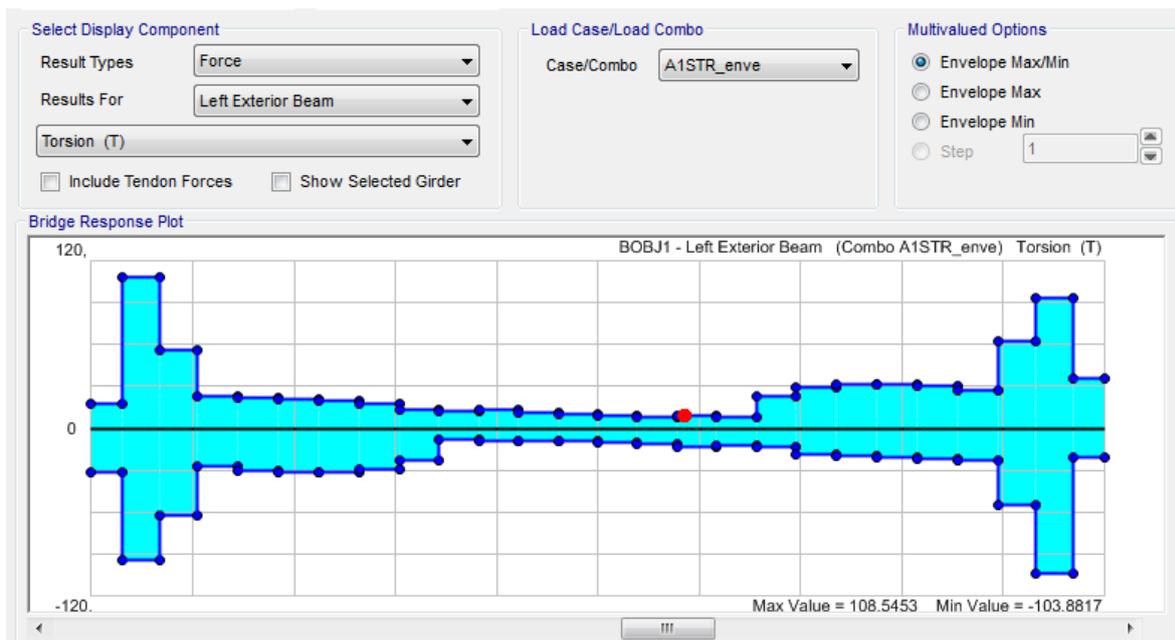
$$M_{prec.} = N_{prec.} * e_p = -13557 * (0,92 - 0,42) = \mathbf{-6779 \text{ kNm}}$$

Di seguito si valutano momento e sforzo assiale complessivo nella condizione più gravosa.

$$M_{e,d} = 17441 - 6779 = \mathbf{10662 \text{ kNm}}$$

$$N_{e,d} = 13557 - 702 = \mathbf{12855 \text{ kN}}$$

Di seguito si riporta il diagramma di involuppo delle sollecitazioni di torsione agente sulla trave di bordo, considerata nella verifica di taglio/torsione.



|   |  |             |                     |                         |                               |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |                               |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |                               |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV. A<br>FOGLIO<br>74 di 113 |

## 9.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche previste per gli SLU.

### Verifica a taglio:

| VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (parag. 4.1.2.1.3.2 DM2008) |              |                   |  |
|---|--------------|-------------------|--|
| <b>Calcestruzzo</b>   |              |                   |  |
| $R_{ck}$  | 55           | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza cubica                              |
| $f_{ck}$  | 45,65        | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza cilindrica                          |
| $g_c$   | 1,5          |                   | coeff. Parziale di sicurezza cls               |
| $a_{cc}$  | 0,85         |                   |  |
| $f_{cd}$  | 25,9         | N/mm <sup>2</sup> |  |
| $f'_{cd}$   | 12,9         | N/mm <sup>2</sup> | 0,5 x $f_{cd}$                                 |
| <b>Acciaio</b>  |              |                   |  |
| $f_{yk}$  | 450          | N/mm <sup>2</sup> | tensione caratteristica di snervamento         |
| $g_s$   | 1,15         |                   | coeff. Parziale di sicurezza acciaio           |
| $f_{yd}$  | 391,3        | N/mm <sup>2</sup> | tensione di snervamento di progetto            |
| <b>Sezione</b>  |              |                   |  |
| $h$   | 2450         | mm                | altezza sezione                                |
| $c$   | 50           | mm                | copriferro                                     |
| $d = h - c$   | 2400         | mm                | altezza utile sezione                          |
| $b_w$   | 320          | mm                | larghezza minima sezione                       |
| $A_c$   | 784000       | mm <sup>2</sup>   | area lorda cls                                 |
| <b>Armatura</b>   |              |                   |  |
| $\Phi$  | 14           | mm                | Diametro armatura trasv.                       |
| $n$   | 4            |                   | numero bracci armatura                         |
| $A_{sw}$  | 616          | mm <sup>2</sup>   | Area armatura trasv.                           |
| $s$   | 125          | mm                | interasse armature trasv.                      |
| $\alpha$  | 90           | °                 | inclinazione armatura trasv. rispetto all'asse |
| <b>Sollecitazioni</b>   |              |                   |  |
| $N$   | <u>13557</u> | kN                | sforzo compressione >0                         |
| $V_{Sd}$  | <u>2853</u>  | kN                | Taglio sollecitante                            |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>75 di 113 |

| Verifica                   |                |                   |  |
|----------------------------|----------------|-------------------|--|
| $S_{cp}$                   | 17,29          | N/mm <sup>2</sup> | tensione media di compr.                   |
| $\alpha_c$                 | 0,83           |                   | coeff. maggiorativo per sforzo assiale     |
| sen $\alpha$               | 1,000          |                   |  |
| ctg $\alpha$               | 0,000          |                   |  |
| $\theta$                   | 45,0           | °                 | inclinazione puntoni cls rispetto all'asse |
| ctg $\theta$               | 1,000          |                   | $1 < ctg \theta < 2,5$                     |
| $V_{Rcd}$                  | 3704,94        | kN                | Resistenza per "taglio compressione"       |
| $V_{Rsd}$                  | 4163,43        | kN                | Resistenza per "taglio trazione"           |
| <b><math>V_{Rd}</math></b> | <b>3704,94</b> | <b>kN</b>         | <b>Resistenza a taglio SLU</b>             |

### Verifica a torsione

| VERIFICA A TORSIONE (parag. 4.1.2.1.4 DM2008) |         |                   |   |
|---|---------|-------------------|---|
| <b>Calcestruzzo</b>                           |         |                   |   |
| $R_{ck}$                                      | 55,00   | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza cubica                                       |
| $f_{ck}$                                      | 45,65   | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza cilindrica                                   |
| $g_c$   | 1,5     |                   | coeff. Parziale di sicurezza cls                        |
| $a_{cc}$                                      | 0,85    |                   |   |
| $f_{cd}$                                      | 25,87   | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $f'_{cd}$                                     | 12,93   | N/mm <sup>2</sup> | $0,5 \times f_{cd}$                                     |
| <b>Acciaio</b>                                |         |                   |   |
| $f_{yk}$                                      | 450     | N/mm <sup>2</sup> | tensione caratteristica di snervamento                  |
| $g_s$   | 1,15    |                   | coeff. Parziale di sicurezza acciaio                    |
| $f_{yd}$                                      | 391,3   | N/mm <sup>2</sup> | tensione di snervamento di progetto                     |
| <b>Sezione</b>                                |         |                   |   |
| $h$   | 2450    | mm                | altezza sezione   |
| $c$   | 50      | mm                | copriferro  |
| $d = h - c$                                   | 2400    | mm                | altezza utile sezione                                   |
| $b_w$   | 1425    | mm                |   |
| $A_c$   | 3491250 | mm <sup>2</sup>   | area lorda cls  |
| $u$   | 7750    | mm                | perimetro sezione lorda                                 |
| $2 \times c$                                  | 100     | mm                |   |
| $A_c / u$                                     | 450     | mm                |   |
| $t_{cava}$                                    | 160     | mm                | sp. sezione cava (=0 per sezione piena)                 |
| $t$   | 160     | mm                | spessore sezione cava per calcolo $T_{Rdc}$             |
| $A$   | 3113750 | mm <sup>2</sup>   | area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>76 di 113 |

|                                      |                |                 |  |
|--------------------------------------|----------------|-----------------|--|
| u*                                   | 7110           | mm              | perimetro medio del nucleo resistente          |
| <b>Armatura Trasversale (Staffe)</b> |                |                 |  |
| Φ                                    | 14             | mm              | Diametro armatura trasv.                       |
| n                                    | 2              |                 | numero bracci armatura (sempre =1)             |
| A <sub>sw</sub>                      | 308            | mm <sup>2</sup> | Area armatura trasv.                           |
| s                                    | 125            | mm              | interasse armature trasv.                      |
| α                                    | 90             | °               | inclinazione armatura trasv. rispetto all'asse |
| <b>Armatura Longitudinale</b>        |                |                 |  |
| Φ <sub>1</sub>                       | 10             | mm              | Diametro armatura long. Tipo 1                 |
| n <sub>1</sub>                       | 70             | -               | numero barre armatura Tipo 1                   |
| Φ <sub>2</sub>                       | 0              | mm              | Diametro armatura long. Tipo 2                 |
| n <sub>2</sub>                       | 0              | -               | numero barre armatura Tipo 2                   |
| ΣA <sub>sl</sub>                     | 5498           | mm <sup>2</sup> | Area complessiva armatura long.                |
| <b>Sollecitazioni</b>                |                |                 |  |
| T <sub>Sd</sub>                      | <u>154</u>     | kNm             | Momento torcente sollecitante                  |
| <b>Verifica</b>                      |                |                 |  |
| θ                                    | 45,0           | °               | inclinazione puntoni cls rispetto all'asse     |
| ctg θ                                | 1,000          |                 | 0,4 < ctg θ < 2,5                              |
| T <sub>Rcd</sub>                     | 6443,80        | kNm             | Resistenza a torsione - calcestruzzo           |
| T <sub>Rsd</sub>                     | 6001,80        | kNm             | Resistenza a torsione - staffe                 |
| T <sub>Rsl</sub>                     | 1884,23        | kNm             | Resistenza a torsione - arm. Long.             |
| <b>T<sub>R</sub></b>                 | <b>1884,23</b> | <b>kNm</b>      | <b>Resistenza a torsione SLU</b>               |

### Verifica a taglio-torsione

I riferimento alle sollecitazione ed alle resistenze precedentemente calcolate, si riporta la verifica a taglio- torsione prevista dalla normativa (punto b del par. 4.1.2.1.4 del D.M. 17/01/2018).

$$\frac{T_{ed}}{T_{rcd}} + \frac{V_{ed}}{V_{rcd}} = \frac{109}{1884} + \frac{2853}{3705} = 0.83 \leq 1$$

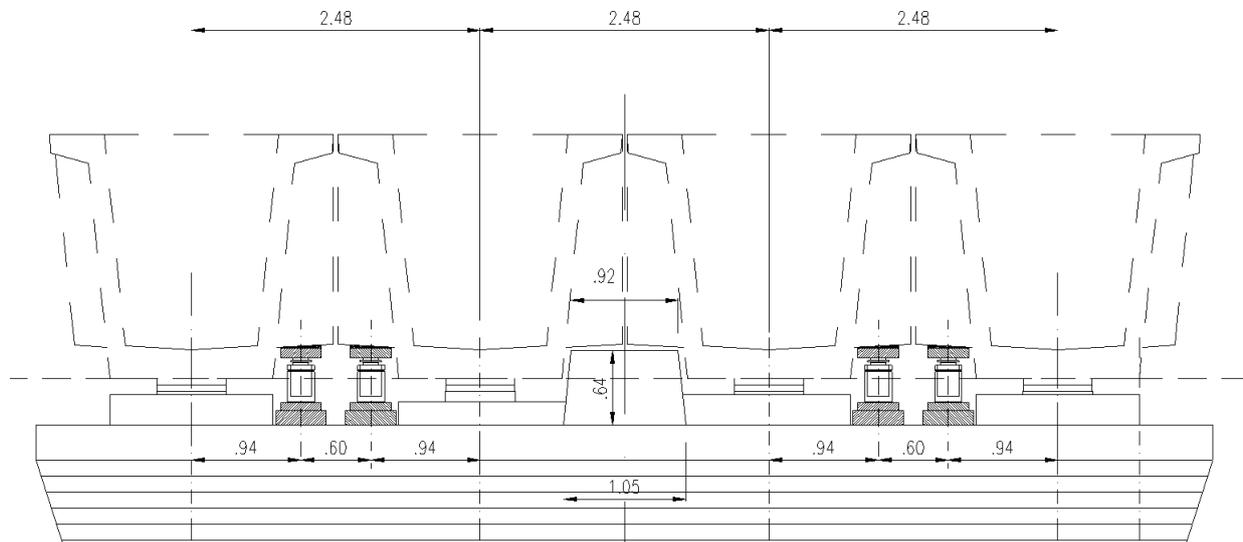
La verifica è soddisfatta.

|  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>77 di 113</b> |

## 10 TRAVERSI – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza per i traversi. Si considera solamente il traverso di testata, nella condizione di sollevamento che è la più gravosa per questo elemento strutturale. Tale scenario è stato considerato come condizione eccezionale.

Per le analisi delle sollecitazioni si considera il seguente schema di posizionamento dei martinetti di sollevamento.



Si riportano di seguito le caratteristiche principali del traverso:

Altezza: 1.81m

Spessore soletta: 0.35 m

Spessore: 0.35 m

Precompressione superiore: 1 cavo da 9 trefoli da 0.6"

Distanza cavo superiore da estradosso traverso: 0.3 m

Precompressione inferiore: 1 cavo da 7 trefoli da 0.6"

Distanza cavo inferiore da estradosso traverso: 1.6 m

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>78 di 113 |

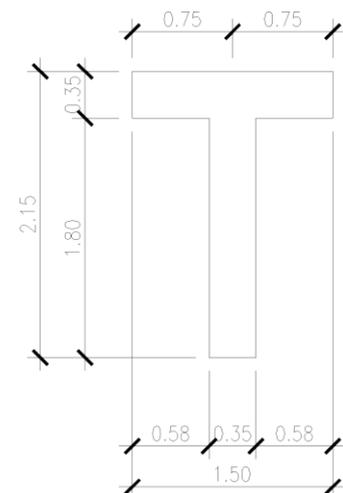
Si riportano di seguito le verifiche relative alle seguenti fasi:

- T=0
- T= $\infty$
- Esercizio

Nelle fasi T=0 e T= $\infty$  si considera la sola porzione del traverso composta dal prefabbricato.

In esercizio si considera anche il contributo della soletta. Nella figura seguente è riportata la geometria della sezione considerata in fase di esercizio. La verifica della sezione di traverso forata non viene considerata in fase di esercizio, in quanto lo scenario di progetto (sollevamento con martinetti) comporta sollecitazioni non significative nelle zone interne alle travi in c.a.p.

| Verifica Traverso T=0    |             |                 |                                |
|--------------------------|-------------|-----------------|--------------------------------|
| Geometria                |             |                 |                                |
| A <sub>sez.piena</sub>   | 630000      | mm <sup>2</sup> | area sezione piena             |
| W <sub>sup</sub>         | 189.000.000 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza superiore |
| W <sub>inf</sub>         | 189.000.000 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza inferiore |
| A <sub>sez.cava</sub>    | 287000      | mm <sup>2</sup> | area sezione cava              |
| W <sub>sup</sub>         | 170.134.639 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza superiore |
| W <sub>inf</sub>         | 141.260.163 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza inferiore |
| $\sigma_{p0}$            | 1300        | MPa             | tensione cavi                  |
| A <sub>trefoli</sub>     | 139         | mm <sup>2</sup> | area trefolo                   |
| n <sub>trefoli,sup</sub> | 9           | -               | numero trefoli cavo sup        |
| n <sub>trefoli,inf</sub> | 7           | -               | numero trefoli cavo inf        |
| A <sub>cavo,sup</sub>    | 1251        | mm <sup>2</sup> | Area cavo sup                  |
| A <sub>cavo,inf</sub>    | 973         | mm <sup>2</sup> | Area cavo inf                  |
| N <sub>cavo,sup</sub>    | 1626,3      | kN              | tiro cavo sup                  |
| N <sub>cavo,inf</sub>    | 1264,9      | kN              | tiro cavo inf                  |
| e <sub>cavo,sup</sub>    | 610         | mm              | eccentricità cavo sup (>0)     |
| e <sub>cavo,inf</sub>    | -710        | mm              | eccentricità cavo inf (<0)     |



|  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>79 di 113</b> |

| Sollecitazioni a T=0 |        |      |                                     |
|----------------------|--------|------|-------------------------------------|
| N                    | 2891,2 | kN   | <i>N di precompressione totale</i>  |
| M                    | 93,97  | kN-m | <i>M di precompressione totale</i>  |
| M <sub>est</sub>     | 0      | kN-m | <i>M di precompressione esterno</i> |
| Tensioni a T=0       |        |      |                                     |
| sezione piena        |        |      |                                     |
| $\sigma_{co,sup}$    | 5,09   | MPa  | <i>tensione lembo sup.</i>          |
| $\sigma_{co,inf}$    | 4,09   | MPa  | <i>tensione lembo inf.</i>          |
| sezione cava         |        |      |                                     |
| $\sigma_{co,sup}$    | 10,74  | MPa  | <i>tensione lembo sup.</i>          |
| $\sigma_{co,inf}$    | 9,52   | MPa  | <i>tensione lembo inf.</i>          |

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>80 di 113 |

| Verifica Traverso $T=\infty$ |             |                 |                                |
|------------------------------|-------------|-----------------|--------------------------------|
| Geometria                    |             |                 |                                |
| $A_{sez.piena}$              | 630000      | mm <sup>2</sup> | area sezione piena             |
| $W_{sup}$                    | 189.000.000 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza superiore |
| $W_{inf}$                    | 189.000.000 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza inferiore |
| $A_{sez.cava}$               | 287000      | mm <sup>2</sup> | area sezione cava              |
| $W_{sup}$                    | 170.134.639 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza superiore |
| $W_{inf}$                    | 141.260.163 | mm <sup>3</sup> | modulo di resistenza inferiore |
| $\sigma_{p0}$                | 1105        | MPa             | tensione cavi                  |
| $A_{trefoli}$                | 139         | mm <sup>2</sup> | area trefolo                   |
| $n_{trefoli,sup}$            | 9           | -               | numero trefoli cavo sup        |
| $n_{trefoli,inf}$            | 7           | -               | numero trefoli cavo inf        |
| $A_{cavo,sup}$               | 1251        | mm <sup>2</sup> | Area cavo sup                  |
| $A_{cavo,inf}$               | 973         | mm <sup>2</sup> | Area cavo inf                  |
| $N_{cavo,sup}$               | 1382,355    | kN              | tiro cavo sup                  |
| $N_{cavo,inf}$               | 1075,165    | kN              | tiro cavo inf                  |
| $e_{cavo,sup}$               | 610         | mm              | eccentricità cavo sup (>0)     |
| $e_{cavo,inf}$               | -710        | mm              | eccentricità cavo inf (<0)     |
| Sollecitazioni a $T=\infty$  |             |                 |                                |
| $N$                          | 2457,52     | kN              | $N$ di precompressione totale  |
| $M$                          | 79,8694     | kN-m            | $M$ di precompressione totale  |
| $M_{est}$                    | 0           | kN-m            | $M$ di precompressione esterno |
| Tensioni a $T=\infty$        |             |                 |                                |
| Sezione piena                |             |                 |                                |
| $\sigma_{co,sup}$            | 4,32        | MPa             | tensione lembo sup.            |
| $\sigma_{co,inf}$            | 3,48        | MPa             | tensione lembo inf.            |
| Sezione cava                 |             |                 |                                |
| $\sigma_{co,sup}$            | 9,13        | MPa             | tensione lembo sup.            |
| $\sigma_{co,inf}$            | 8,09        | MPa             | tensione lembo inf.            |

|   |   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
|---|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0008 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">81 di 113</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO      | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ CL | VI0008 001 | A | 81 di 113 |
| COMMESSA  | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV.     | FOGLIO    |      |        |      |    |         |            |   |           |
| IF28  | 01  | E ZZ CL  | VI0008 001 | A        | 81 di 113 |      |        |      |    |         |            |   |           |

| Verifica Traverso $M_{es}$ . |               |                 |                                       |
|------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------------------|
| Geometria                    |               |                 |                                       |
| $A_{sez,piena}$              | 1.155.000     | mm <sup>2</sup> | <i>area sezione piena</i>             |
| $W_{sup,sol}$                | 665.440.210   | mm <sup>3</sup> |                                       |
| $W_{sup}$                    | 1.232.116.788 | mm <sup>3</sup> | <i>modulo di resistenza superiore</i> |
| $W_{inf}$                    | 364.578.834   | mm <sup>3</sup> | <i>modulo di resistenza inferiore</i> |
| Sollecitazioni - Esercizio   |               |                 |                                       |
| $N$                          | 0             | kN              | <i>N di precompressione totale</i>    |
| $M$                          | 0             | kN-m            | <i>M di precompressione totale</i>    |
| $M_{est}$                    | -2312         | kN-m            | <i>M di precompressione esterno</i>   |
| Tensioni                     |               |                 |                                       |
| sezione piena                |               |                 |                                       |
| $\sigma_{co,sup,sol}$        | -3,47         | MPa             | <i>tensione lembo sup.soletta</i>     |
| $\sigma_{co,sup}$            | -1,88         | MPa             | <i>tensione lembo sup.</i>            |
| $\sigma_{co,inf}$            | 6,34          | MPa             | <i>tensione lembo inf.</i>            |

Le tensioni totali sono le seguenti.

$$\sigma_{co,sup,sol} = -3,47 \text{ MPa (trazione)}$$

$$\sigma_{co,sup} = 4,32 - 1,88 = 2,44 \text{ MPa (compressione)}$$

$$\sigma_{co,inf} = 8,09 + 6,34 = 14,43 \text{ MPa (compressione)}$$

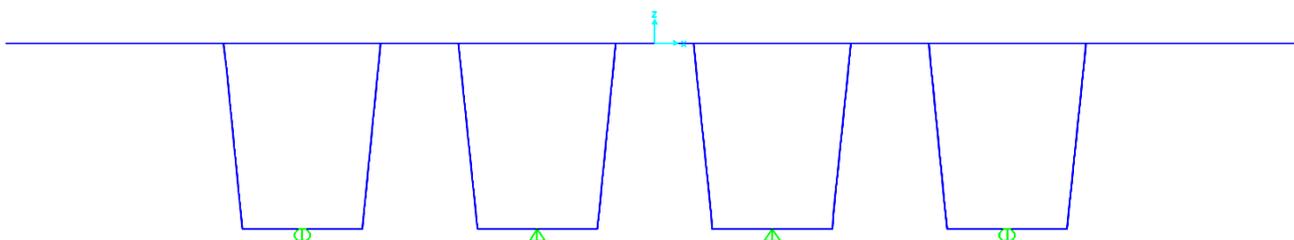
Le verifiche risultano soddisfatte.

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>82 di 113 |

## 11 EFFETTI LOCALI SULL'IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE

La valutazione degli effetti locali prodotti dalle azioni di progetto è stata effettuata mediante un modello a telaio, riferito ad una striscia di impalcato avente larghezza pari a 1 m. Il modello riproduce la geometria e la rigidezza degli elementi che costituiscono l'impalcato nella sua sezione corrente. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.



### 11.1 ANALISI DEI CARICHI

Per l'analisi dei carichi elementari si rimanda al capitolo [6](#). Di seguito si riporta l'analisi delle azioni considerate e applicate al modello di calcolo per l'analisi degli effetti locali trasversali sull'impalcato.

#### 11.1.1 Peso proprio (G1)

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

#### 11.1.2 Massiccata, armamento e impermeabilizzazione

A vantaggio di sicurezza si valuta l'azione sulla soletta di impalcato in riferimento al peso di volume in curva:

$$G_{2,1} = 20 * 0,80 * 1,0 = 16,00 \text{ kN/m}$$

|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>83 di 113</b> |

### 11.1.3 Barriere antirumore – tipo H4

Si considera un carico relativo alle barriere antirumore pari a 2,5 kN/m<sup>2</sup>. Considerando un'altezza massima di barriera pari a 5.20 m, si ottiene un carico lineare pari a:

$$G_{2,2} = q_{\text{barriere}} = 2,5 \times 5,2 = \mathbf{13 \text{ kN/m}}$$
 per ogni lato dell'impalcato.

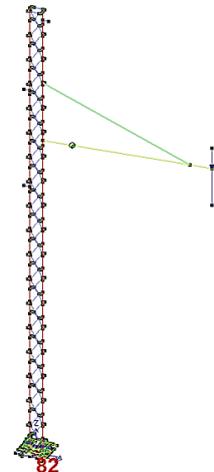
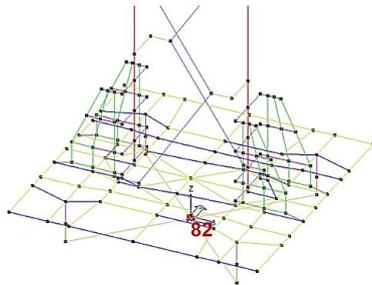
Vengono quindi applicate due azioni concentrate pari a 13 kN in posizione corrispondente a ogni barriera.

### 11.1.4 Palo T.E.

Per i pali T.E. si considerano gli scarichi derivanti dall'analisi specifica della struttura in questione. Si considerano le forze nodali nelle condizioni più gravose (ai sensi del CEI EN 50119), queste sono pari a:

$$G_{2,3} = q_{\text{pali T.E.}} = \mathbf{12,70 \text{ kN}}$$
 (carico verticale)

$$M_{\text{pali T.E.}} = \mathbf{32,80 \text{ kNm}}$$
 (coppia applicata)



### 11.1.5 Canalette portacavi e marciapiedi FFP o Galleria Equivalente

Lato camminamenti a ridosso dei muretti paraballast (sui lati esterni degli stessi) è prevista la presenza di canalette portacavi, nonché la presenza, ove progettualmente prevista, dei marciapiedi per *Fire Fighting Point (FFP)* o per *Galleria Equivalente*. Per il peso delle canalette portacavi ed il peso afferente ai marciapiedi *FFP* o *Galleria Equivalente* (valutato cautelativamente) si assume un carico linearmente distribuito complessivo pari a:

$$G_{2,4} = q_{\text{canalette}} = \mathbf{11.20 \text{ kN/m}}$$
 per ogni lato dell'impalcato.

|  |   |       |          |            |      |           |
|--|---|-------|----------|------------|------|-----------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |       |          |            |      |           |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO    |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | IF28  | 01    | E ZZ CL  | VI0008 001 | A    | 84 di 113 |

### 11.1.6 Carichi verticali da traffico

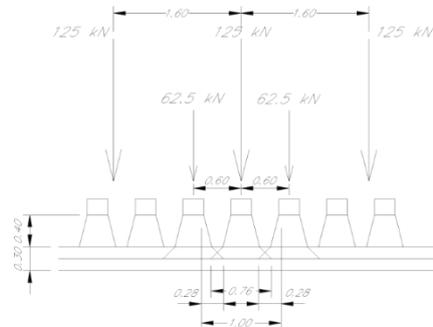
Si considera il treno di carico LM71, che è il carico più gravoso.

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.1 \quad (\text{coefficiente di adattamento})$$

Nella seguente figura è indicata la distribuzione longitudinale dei carichi assiali  $Q_{vk}$  nell'ipotesi di ripartizione nel ballast 4:1 e nella soletta 1:1 ipotizzata ad altezza costante e pari a 0.30 m.

$$Q'_{vk} = \frac{125 + 62,5 * 2 * \frac{0,28}{0,76}}{100} = 171,1 \text{ kn/m}$$



Il carico appena calcolato si ripartisce trasversalmente per una larghezza valutata, a vantaggio di sicurezza, trascurando lo spessore strutturale della soletta. Tale larghezza è pari a 2.60 m. Il carico sul modello è quindi pari a:

$$q_{vk} = \frac{171,1}{2,60} = 65,8 \text{ kN/m}^2$$

Tale valore deve essere amplificato per il fattore  $\alpha$  pari a 1.1 .

Sono state considerate tre diverse posizioni del carico, corrispondenti alla posizione centrata e a quelle con massima eccentricità. Di seguito si calcolano le distanze dall'asse del ponte per i tre casi.

$$d_0 = \left( \frac{4,00}{2} + 0,06 + 0,08 \right) = 2,14 * d_1 = \left( \frac{4,00}{2} \right) = 2,00 \text{ m.}$$

$$d_2 = \left( \frac{4,00}{2} - 0,06 - 0,08 \right) = 1,86 \text{ m.}$$

con:

- 4.00 m    interasse binari
- 0.06m    scostamento in pianta per effetto della curvatura del tracciato e della pendenza del ballast
- 0.08 = s/18 eccentricità treni tipo LM71.

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consortio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandataria Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>85 di 113 |

### 11.1.7 Carichi sui marciapiedi

Vedi paragrafo [6.3.2.](#)

### 11.1.8 Forza centrifuga

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.

Considerando il carico tipo 3 del precedente paragrafo [6.3.3](#) e considerando la stessa legge di ripartizione utilizzata per i carichi verticali concentrati si ottiene la seguente azione orizzontale.

$$q_{vk} = 180^2 / (127 \times 1550) \times 1 \times 171.1 / 2.60 = 10.83 \text{ kN/m}^2$$

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.

Considerando un sovrizzo di 0.105 m e un distanza PF-Estradosso soletta pari a 0.90 m si ottiene la quota di applicazione dell'azione centrifuga rispetto al piano medio della soletta:

$$h_t = 1.80 + (.30/2) + (0.105/2) + 0.90 = 2.90 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a:

$$M_t = 10.83 \times 2.90 = 31.41 \text{ kNm/m}$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{max} = 6 \times M_t / (b \times b) = 6 \times 31.41 / (2.60^2) = 27.8 \text{ kN/m}$$

### 11.1.9 Serpeggio

Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a  $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$ . Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$ , ma non per il coefficiente di incremento dinamico. Si considera una larghezza di diffusione pari a 1,96 m.

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>86 di 113</b> |

$$q_{vk} = 100 / 1.96 = \sim 50 \text{ kN/m}$$

La quota di applicazione dell'azione rispetto al piano medio della soletta è pari a:

$$h_t = + (.30/2) + (0.105/2) + 0.90 = 1.10 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a

$$M_t = 50 \times 1.10 = 55.0 \text{ kN-m/m}$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{max} = 6 \times M_t / (b \times b) = 6 \times 55.0 / (2.60^2) = \mathbf{48.8 \text{ kN/m}}$$

#### **11.1.10 Avviamento e frenatura**

Si trascurano gli effetti delle azioni di avviamento e frenatura.

#### **11.1.11 Azioni dinamiche**

Vedi paragrafo [6.4.](#)

#### **11.1.12 Azioni dovute al deragliament**

Vedi paragrafo [6.5.](#)

#### **11.1.13 Azioni climatiche**

Vedi paragrafo [6.7.](#)

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>87 di 113</b> |

### 11.1.14 Vento

Si assume convenzionalmente una pressione uniforme agente lateralmente pari a 2,50 kN/m<sup>2</sup>.

#### Vento a struttura scarica

In riferimento allo schema riportato nel paragrafo [6.7.3](#) si applicano le seguenti azioni sulla struttura.

Interasse montanti: 3,00 m.

$$F = (2,50 * 3) * 5,20 = \mathbf{39\ kN}$$

$$M = 39 * \left(\frac{5,20}{2}\right) = \mathbf{101\ kNm} \quad (\text{metà pannello})$$

Le azioni sono applicate concentrate nel nodo corrispondente alla posizione della barriera.

#### Vento a struttura carica

Si applicano le seguenti azioni sulla struttura.

$$F = 2,50 * 4,00 = \mathbf{10,0\ kN/m}$$

La quota di applicazione dell'azione rispetto al piano medio della soletta è pari a:

$$h_w = \frac{4,0}{2} + \frac{0,30}{2} + \frac{0,105}{2} + 0,90 = 3,10\ M$$

$$M = 10 * 3.1 = 31\ kNm/m$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{\max} = 6 * M_t / (b * b) = 6 * 31.0 / (2.60^2) = \mathbf{27.5\ kN/m}$$

|  |   |       |          |            |      |           |
|--|---|-------|----------|------------|------|-----------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio      Soci<br><b>HIRPINIA AV      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |       |          |            |      |           |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandataria      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO    |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | IF28  | 01    | E ZZ CL  | VI0008 001 | A    | 88 di 113 |

## 11.2 VERIFICHE SLU

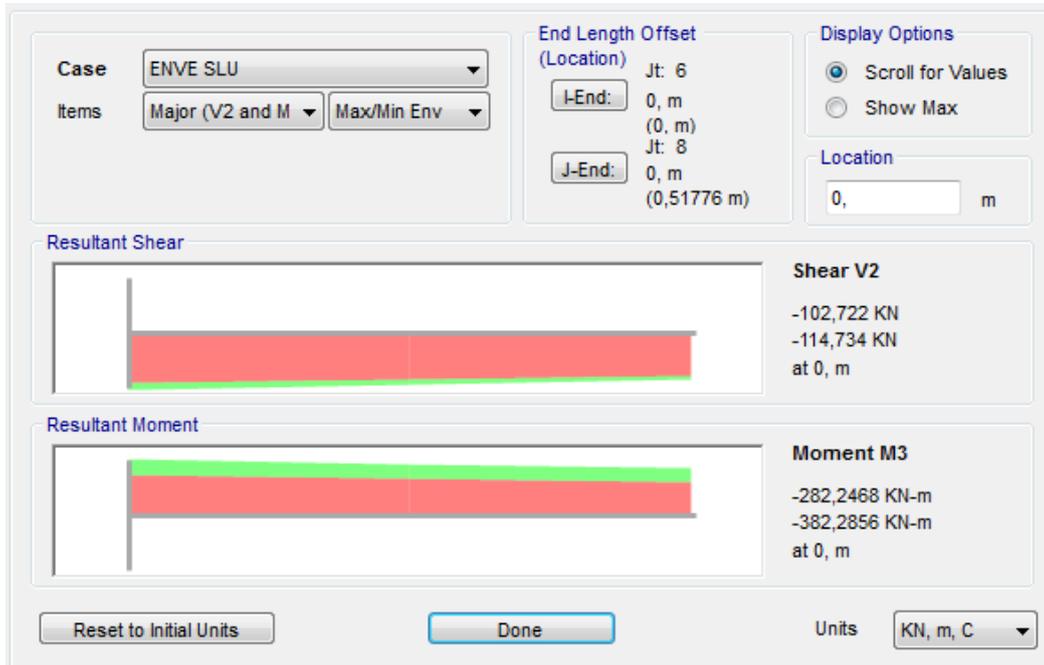
Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione retta delle sezioni più significative della soletta superiore. Viene considerata una sezione larga di 1,50 mt.

Le sollecitazioni considerate nelle verifiche si riferiscono all'involuppo delle massime sollecitazioni corrispondenti alle combinazioni di carico previste.

### 11.2.1 Sezione di incastro dello sbalzo

#### Verifica a pressoflessione

A forte vantaggio di sicurezza si considerano le sollecitazioni di picco nella sezione di "incastro".



Combinazione: Enve\_SLU

Mmax = -383 kN m/m

Sezione h = 35 cm

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A            | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>89 di 113 |

|          |        |                |
|----------|--------|----------------|
| Armatura | Ø20/20 | strato sup. I  |
|          | Ø20/20 | strato sup. II |
|          | Ø16/20 | strato inf     |

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

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

N° strati barre  Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 150    | 35     | 1  | 25,13    | 6,6    |
|    |        |        | 2  | 25,13    | 6,6    |
|    |        |        | 3  | 16,08    | 28,6   |

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n   
 N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

Materiali  
**B450C** **C30/37**  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

N° rett.   
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

MRd / Mmax = 1.26 > 1

verifica soddisfatta

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consortio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandataria Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>90 di 113 |

### Verifica a Taglio

|          |              |          |
|----------|--------------|----------|
| Armatura | Ø12/ 20 x 20 | Legature |
|----------|--------------|----------|

| geometria              |           |             |                    |                    |
|------------------------|-----------|-------------|--------------------|--------------------|
| sezione trasversale    |           |             |                    |                    |
| B                      | H         | c           | d                  | z                  |
| [cm]                   | [cm]      | [cm]        | [cm]               | [cm]               |
| <b>150</b>             | <b>35</b> | 5,6         | 28,4               | 25,6               |
| armatura longitudinale |           |             |                    |                    |
| nbarre                 | φ         | d           | Asl                |                    |
|                        | [mm]      | [cm]        | [cm <sup>2</sup> ] |                    |
| <b>7,5</b>             | <b>20</b> | <b>6,6</b>  | 23,56              |                    |
| <b>7,5</b>             | <b>20</b> | <b>6,6</b>  | 23,56              |                    |
| <b>7,5</b>             | <b>16</b> | <b>28,6</b> | 15,08              |                    |
| armatura a taglio      |           |             |                    |                    |
| nbracci                | φ         | s           | α                  | Asw                |
|                        | [mm]      | [cm]        | [°]                | [cm <sup>2</sup> ] |
| <b>5</b>               | <b>12</b> | <b>20</b>   | <b>90</b>          | 5,65               |

| SLU                           |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| MEd                           | <b>-383,00</b> [kNm] |
| NEd                           | <b>0</b> [kN]        |
| VEd                           | <b>254,00</b> [kN]   |
| presso-flessione              |                      |
| MRd                           | -459,9 [kNm]         |
| FS                            | 1,20                 |
| taglio                        |                      |
| V <sub>Rdc</sub>              | 214,3 [kN]           |
| predisporre armatura a taglio |                      |
| V <sub>Rds</sub>              | 489,8 [kN]           |
| V <sub>Rdmax</sub>            | 1625,1 [kN]          |
| θ                             | 30,0 [°]             |
| sezione duttile               |                      |
| al                            | 22,1 [cm]            |

$$V_{Rds} / V_{Ed} = 1.92 > 1$$

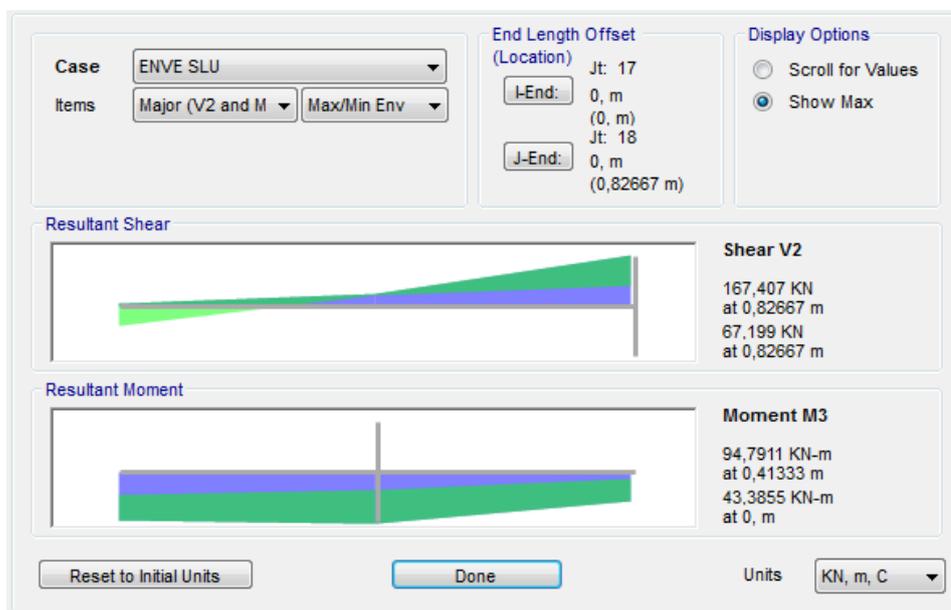
verifica soddisfatta

|   |   |             |                     |                         |           |                     |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio      Soci<br><b>HIRPINIA AV      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |             |                     |                         |           |                     |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>91 di 113 |

### 11.2.2 Sezione di mezzeria (compresa tra le anime del prefabbricato)

#### Verifica a pressoflessione

A forte vantaggio di sicurezza si trascura il contributo alla resistenza della dalla prefabbricata, puo avendone considerato il peso in fase di determinazione delle sollecitazioni.



Combinazione: Enve\_SLU

Mmax = **95 kNm**

Sezione h =35 cm

|   |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio      Soci<br><b>HIRPINIA AV      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>92 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   |   |                    |                            |                                |                  |                            |

|          |        |              |
|----------|--------|--------------|
| Armatura | Ø16/20 | strato sup.l |
|          | Ø16/20 | strato inf   |

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Materials:** B450C and C30/37. Properties for B450C:  $\epsilon_{su}$  67.5‰,  $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>,  $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>,  $E_s/E_c$  15,  $\epsilon_{syd}$  1.957‰,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>. Properties for C30/37:  $\epsilon_{c2}$  2‰,  $\epsilon_{cu}$  3.5‰,  $f_{cd}$  17,  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8,  $\sigma_{c,adm}$  11.5,  $\tau_{co}$  0.6933,  $\tau_{c1}$  2.029.
- Section Data:** N° strati barre: 2. Table:
 

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 150    | 35     | 1  | 16,08    | 6,6    |
|    |        |        | 2  | 16,08    | 28,6   |
- Calculation Results:**  $M_{xRd}$  184,6 kN m,  $\sigma_c$  -17 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>,  $\epsilon_c$  3,5‰,  $\epsilon_s$  16,87‰,  $d$  28,6 cm,  $x$  4,914,  $x/d$  0,1718,  $\delta$  0,7.
- Methodology:** Metodo di calcolo: S.L.U.+, Metodo n. Tipo flessione: Retta.

$MRd / M_{max} = 1.94 > 1$       verifica soddisfatta

|   |  |             |                     |                         |           |                     |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Consortio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandataria Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>93 di 113 |

Verifica a Taglio

|          |              |          |
|----------|--------------|----------|
| Armatura | Ø12/ 40 x 40 | Legature |
|----------|--------------|----------|

| geometria              |      |      |                    |                    |
|------------------------|------|------|--------------------|--------------------|
| sezione trasversale    |      |      |                    |                    |
| B                      | H    | c    | d                  | z                  |
| [cm]                   | [cm] | [cm] | [cm]               | [cm]               |
| 150                    | 35   | 5,6  | 28,6               | 25,7               |
| armatura longitudinale |      |      |                    |                    |
| nbarre                 | φ    | d    | A <sub>sl</sub>    |                    |
|                        | [mm] | [cm] | [cm <sup>2</sup> ] |                    |
| 7,5                    | 16   | 6,4  | 15,08              |                    |
| 7,5                    | 16   | 28,6 | 15,08              |                    |
| armatura a taglio      |      |      |                    |                    |
| nbracci                | φ    | s    | α                  | A <sub>sw</sub>    |
|                        | [mm] | [cm] | [°]                | [cm <sup>2</sup> ] |
| 2,5                    | 12   | 40   | 90                 | 2,83               |

| SLU                         |             |
|-----------------------------|-------------|
| M <sub>Ed</sub>             | 95,00 [kNm] |
| N <sub>Ed</sub>             | 0 [kN]      |
| V <sub>Ed</sub>             | 67,00 [kN]  |
| presso-flessione            |             |
| M <sub>Rd</sub>             | 176,9 [kNm] |
| FS                          | 1,86        |
| taglio                      |             |
| V <sub>Rdc</sub>            | 215,3 [kN]  |
| non serve armatura a taglio |             |
| V <sub>Rds</sub>            | 123,3 [kN]  |
| V <sub>Rdmax</sub>          | 1636,6 [kN] |
| θ                           | 30,0 [°]    |
| sezione duttile             |             |
| a <sub>l</sub>              | 28,6 [cm]   |

$V_{rd} / V_{ed} = 3,20 > 1$  verifica soddisfatta

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>94 di 113 |

### 11.2.3 Verifica a punzonamento del palo T.E.

Viene effettuata la verifica locale a punzonamento del palo T.E. presente sulla sezione a sbalzo della soletta.  
L'area d'impronta definita per la verifica è: 20 cm. x 20 cm, in via cautelativa.

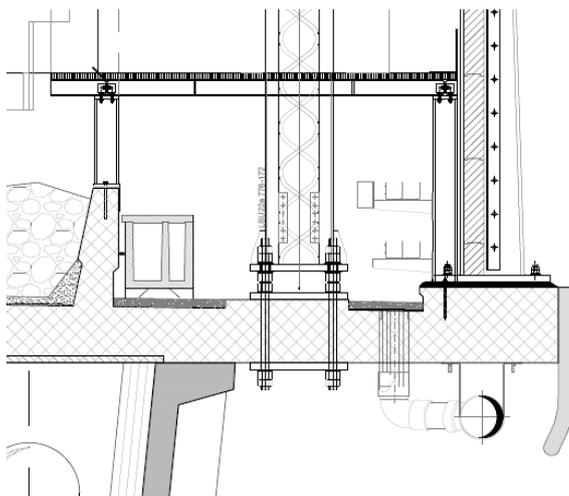


Figura 23 posizione del palo T.E. sulla soletta.

Combinazione: SLU

$T = 12,7 \text{ kN}$

Sezione  $h = 35\text{cm}$

| verifica a punzonamento |             |                 |   |
|-------------------------|-------------|-----------------|---|
|                         | $V_{Ed}$    | <b>0,01</b> MPa | valore di calcolo dell'azione sollecitante      |
| senza armatura          | $C_{Rd,c}$  | 0,12            |   |
|                         | $k$         | 1,85            | coeff. ingranamento                             |
|                         | $L_{cx}$    | 1,88 m          | larghezza fascia piastra per calcolo $p_{lx}$   |
|                         | $L_{cy}$    | 1,88 m          | larghezza fascia piastra per calcolo $p_{ly}$   |
|                         | $n\phi_x$   | 9,4             | numero ferri longitudinali tesi x               |
|                         | $\rho_{lx}$ | 0,006           | percentuale armatura longitudinale tesa x       |
|                         | $n\phi_y$   | 9,4             | numero ferri longitudinali tesi y               |
|                         | $\rho_{ly}$ | 0,004           | percentuale armatura longitudinale tesa y       |
|                         | $\rho_l$    | 0,004           | percentuale armatura longitudinale tesa         |
|                         | $v_{min}$   | 0,51 MPa        | valore minimo azione resistente                 |
|                         | $V_{Rd,c}$  | <b>0,54</b> MPa | azione resistente senza armatura a punzonamento |
| con armatura            | $V_{Rd,c}$  | 0,41 MPa        | contributo azione resistente cls                |
|                         | $V_{Rd,s}$  | 0,57 MPa        | contributo azione resistente armatura           |
|                         | $V_{Rd,cs}$ | <b>0,97</b> MPa | azione resistente con armatura a punzonamento   |

la verifica risulta soddisfatta

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>95 di 113 |

### 11.2.4 Verifica a punzonamento dell'asse TBM

Viene effettuata la verifica locale a punzonamento dell'asse della TBM passante sulla sezione della soletta.  
L'area d'impronta definita per la verifica è: 40 cm. x 70 cm, in via cautelativa.

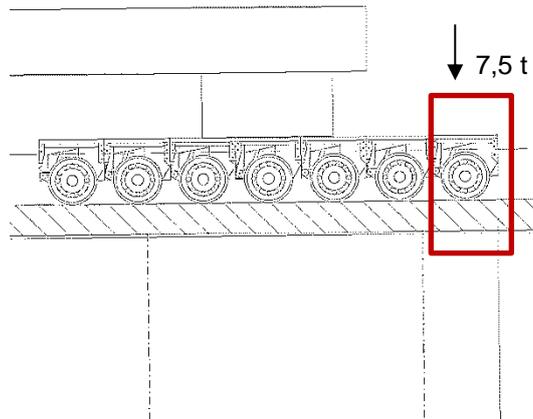


Figura 24 posizione dell'asse della TBM sulla soletta.

Combinazione: SLU

$T = 75 \text{ kN}$

Sezione  $h = 35 \text{ cm}$

| verifica a punzonamento |             |                 |   |
|-------------------------|-------------|-----------------|---|
|                         | $V_{Ed}$    | <b>0,05</b> MPa | valore di calcolo dell'azione sollecitante      |
| senza armatura          | $CR_{d,c}$  | 0,12            |   |
|                         | $k$         | 1,85            | coeff. ingranamento                             |
|                         | $L_{cx}$    | 2,42 m          | larghezza fascia piastra per calcolo $p_{lx}$   |
|                         | $L_{cy}$    | 2,11 m          | larghezza fascia piastra per calcolo $p_{ly}$   |
|                         | $n\phi_x$   | 12,1            | numero ferri longitudinali tesi x               |
|                         | $\rho_{lx}$ | 0,004           | percentuale armatura longitudinale tesa x       |
|                         | $n\phi_y$   | 10,6            | numero ferri longitudinali tesi y               |
|                         | $\rho_{ly}$ | 0,004           | percentuale armatura longitudinale tesa y       |
|                         | $\rho_l$    | 0,004           | percentuale armatura longitudinale tesa         |
|                         | $V_{min}$   | 0,51 MPa        | valore minimo azione resistente                 |
|                         | $VR_{d,c}$  | <b>0,51</b> MPa | azione resistente senza armatura a punzonamento |
| con armatura            | $VR_{d,c}$  | 0,38 MPa        | contributo azione resistente cls                |
|                         | $VR_{d,s}$  | 0,28 MPa        | contributo azione resistente armatura           |
|                         | $VR_{d,cs}$ | <b>0,66</b> MPa | azione resistente con armatura a punzonamento   |

la verifica risulta soddisfatta

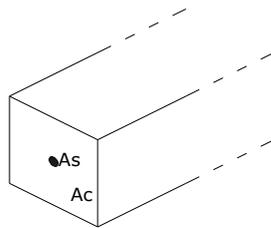
|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                           |                                   |                                       |                         |                                   |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>96 di 113</b> |

## 11.3 VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO

Vengono discussi brevemente gli effetti dovuti al ritiro nel calcestruzzo che provocando stati interni di coazione con l'armatura. Scopo della trattazione è quello di verificare l'armatura minima longitudinale nella soletta superiore dello scatolare.

### 11.3.1 Coazioni interne longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

Per il calcolo delle coazioni interne dovute ai fenomeni di ritiro si consideri una sezione di area unitaria  $A_c$  con un'unica barra di armatura di area  $A_s$  come rappresentato nell'immagine sottostante:



Si assumono le seguenti ipotesi:

- perfetta aderenza tra calcestruzzo ed acciaio;
- deformata piana della sezione in calcestruzzo;
- comportamento del calcestruzzo e dell'acciaio elastico e lineare,

Le equazioni di equilibrio, congruenza e legame dell'insieme calcestruzzo + acciaio che governano il fenomeno sono:

- $N_c + N_s = 0$  (equazione di equilibrio)
- $\epsilon_r = \epsilon_s - \epsilon_c$  (equazione di congruenza)
- $N_c = A_c \sigma_c = A_c E_c \epsilon_c$  (equazione legame costitutivo del calcestruzzo)
- $N_s = A_s \sigma_s = A_s E_s \epsilon_s$  (equazione legame costitutivo dell'acciaio)

Sostituendo le equazioni di legame in quella di equilibrio ed esprimendo la deformazione del calcestruzzo in funzione di quella dell'acciaio si ha:

$$N_s = -N_c = A_s E_s A_c E_c \epsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c)$$

|  |  |             |                     |                         |           |                     |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>97 di 113 |

Il comportamento viscoso del calcestruzzo viene considerato attraverso l'abbattimento del modulo elastico, pertanto è necessario sostituire il valore di  $E_c$  con  $E_c^*$ . La tensione sull'acciaio e sul calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$\sigma_s = A_c E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

$$\sigma_c = -A_s E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

### 11.3.2 Calcolo delle sollecitazioni longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria, assumendo la dimensione convenzionale  $h_0$  pari  $H/2 = 17,5$  cm, ed un calcestruzzo C32/40, classe N.

*Caratteristiche della sezione:*

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 35 \text{ cm}$$

$$A_{s,long} = 1+1\varnothing16/20 = 2010 \text{ mm}^2$$

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 33642 \text{ N/mm}^2$$

*Deformazione da ritiro:*

$$U.R. = 75\%$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = 2,5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6} = 2,5 * (0,83 * 40 - 10) * 10^{-6} = 0,06225 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = k_h * \varepsilon_{cd,0} = 0,7 * 0,319 \text{ ‰} = 0,223 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.}=75\%)$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} = \mathbf{0,285 \text{ ‰}}$$

A favore di sicurezza, si assume comunque una deformazione  $\varepsilon_r = \mathbf{0,400 \text{ ‰}}$

*Effetto viscosità:*

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di  $h_0$ , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a  $\phi(t = \infty) = 1,6$ . Il modulo elastico ridotto del calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi) = 12939,53 \text{ N/mm}^2$$

|  |   |   |                     |                         |           |                     |
|--|---|---|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u><br>HIRPINIA AV        | <u>Soci</u><br>SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.   | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                     |                         |           |                     |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u><br>ROCKSOIL S.P.A. | <u>Mandanti</u><br>NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. |   |                     |                         |           |                     |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo             | COMMESSA<br>IF28  | LOTTO<br>01   | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>98 di 113 |

*Tensioni nei materiali:*

$$\sigma_s = \frac{(350 * 1000) * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(2010 * 210000) + (350 * 1000) * 12939.53} = 70,80 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_c = \frac{2010 * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(2010 * 210000) + (350 * 1000) * 12939.53} = 0,81 \frac{N}{mm^2}$$

La sollecitazione sul calcestruzzo risulta molto inferiore rispetto alla resistenza a trazione e quindi non porta a fessurazione il calcestruzzo; la sollecitazione sull'acciaio risulta modesta ed accettabile per le normali condizioni di esercizio della struttura.

|  |   |                    |                            |                                |                  |                            |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                            |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>99 di 113</b> |

## 12 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

### 12.1 VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO)

La condizione più severa si realizza in corrispondenza della zona di appoggio dell'impalcato, durante il passaggio del convoglio SW/2. Di seguito si riporta la verifica di sghembo, riferita agli abbassamenti massimi riscontrati nella soletta di impalcato. I valori degli abbassamenti massimi, rilevati in nodi posti in posizioni coerenti con quanto prevede la normativa per tale tipo di verifica, sono:

$$\delta_1 = 1.4 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 1.8 \text{ mm}$$

Lo sghembo, amplificato dinamicamente, è pari a:

$$t \cong \Phi_3 \times [(\delta_2 - \delta_1)] = 1.854 \times (1.8 - 1.4) = \mathbf{0.742 \text{ mm /3m}}$$

Il valore di t appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a 3.0 mm /3m per il caso  $120 < V_{\max} < 200 \text{ km/h}$ .

### 12.2 VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI COMFORT

L'abbassamento massimo per inflessione nel piano verticale dovuto al transito dei convogli è stato valutato sommando l'effetto del treno SW/2 e LM71 (amplificato per  $\alpha=1.1$ ). L'abbassamento massimo si rileva in mezzeria ed è pari a:

$$\delta = 4.15 + 2.2 = 6.35 \text{ mm}$$

Lo spostamento amplificato dinamicamente è pari a:

$$\delta' = 6.35 \times 1.854 = \mathbf{11.8 \text{ mm}}$$

Il valore di  $\delta'$  appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a:

$$\frac{L}{600} = \frac{22800}{600} = 38 \text{ mm.}$$

|  |   |                    |                            |                                |                  |                             |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------|
| APPALTATORE:<br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                             |
| PROGETTAZIONE:<br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                             |
| PROGETTO ESECUTIVO<br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>100 di 113</b> |

## 13 AZIONI SUGLI APPOGGI

Di seguito si riporta la valutazione dei carichi sui dispositivi di appoggio da impiegare per la tipologia di impalcati oggetto del presente documento. Per individuare i parametri necessari alla valutazione dell'azione sismica è stato condotto uno studio volto ad identificare le condizioni più severe per gli scenari di progetto previsti, in relazione al diverso posizionamento degli impalcati sul territorio. Per semplicità e sintesi si riportano solamente le condizioni più severe individuate. I parametri necessari alla valutazione dell'azione sismica sono riferiti al *VI04 – Viadotto Ufita Apice*

### 13.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA PER $V_N=75$ ANNI E $C_U=1.5$ ( $V_R=112.5$ )

Le condizioni più severe si individuano per il *VI04 – Viadotto Ufita Apice*. Tale viadotto appartiene alla classe d'uso III, corrispondente ad un coefficiente d'uso  $c_u=1.5$ , la vita nominale è pari a  $V_N=75$  anni, la categoria di sottosuolo è "C" e la categoria topografica è "T1".

L'azione sismica è stata calcolata per gli stati limite:

- Stato limite di esercizio: Stato Limite di Danno, SLD
- Stato limite ultimo: Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV

#### 13.1.1 Individuazione della pericolosità del sito e strategia di progettazione

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito di ogni opera.

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:     LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:     COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Interpolazione:

INTRO

**FASE 1**

FASE 2

FASE 3

|  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                    |
|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                    |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>101 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                    |

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_w$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_d$   info

---

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

|                                 |                       |                                   |  |  |  |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| Stati limite di esercizio - SLE | SLO - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="68"/>   |  |  |  |
|                                 | SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="113"/>  |  |  |  |
| Stati limite ultimi - SLU       | SLV - $P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="1068"/> |  |  |  |
|                                 | SLC - $P_{VR} = 5\%$  | <input type="text" value="2193"/> |  |  |  |

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

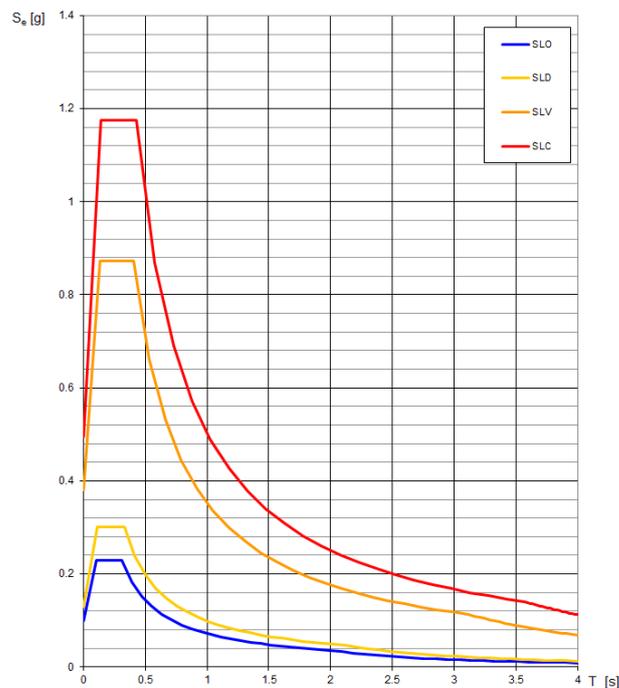
.....□..... Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno**

| SLATO LIMITE | $T_R$ [anni] | $a_g$ [g] | $F_o$ [-] | $T_C^*$ [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO          | 68           | 0.099     | 2.328     | 0.313       |
| SLD          | 113          | 0.129     | 2.320     | 0.330       |
| SLV          | 1068         | 0.380     | 2.298     | 0.404       |
| SLC          | 2193         | 0.494     | 2.377     | 0.427       |

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



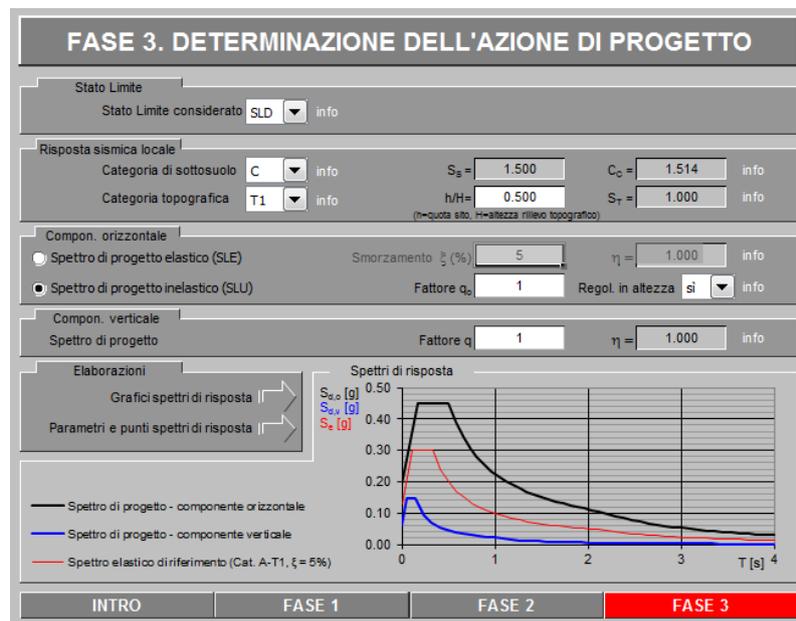
|   |   |                    |                            |                                |                  |                             |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                  Soci<br><b>HIRPINIA AV                  SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>       | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                  Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>102 di 113</b> |

### 13.1.2 Azioni sismiche di progetto

Per la definizione delle azioni, sia allo SLD che allo SLV, è stato considerato un fattore di struttura  $q = 1$  sia per gli spettri verticali che orizzontali. In relazione alla categoria topografica considerata (T1) si è assunto un coefficiente di amplificazione medio unico e pari a  $S_T = 1.0$ .

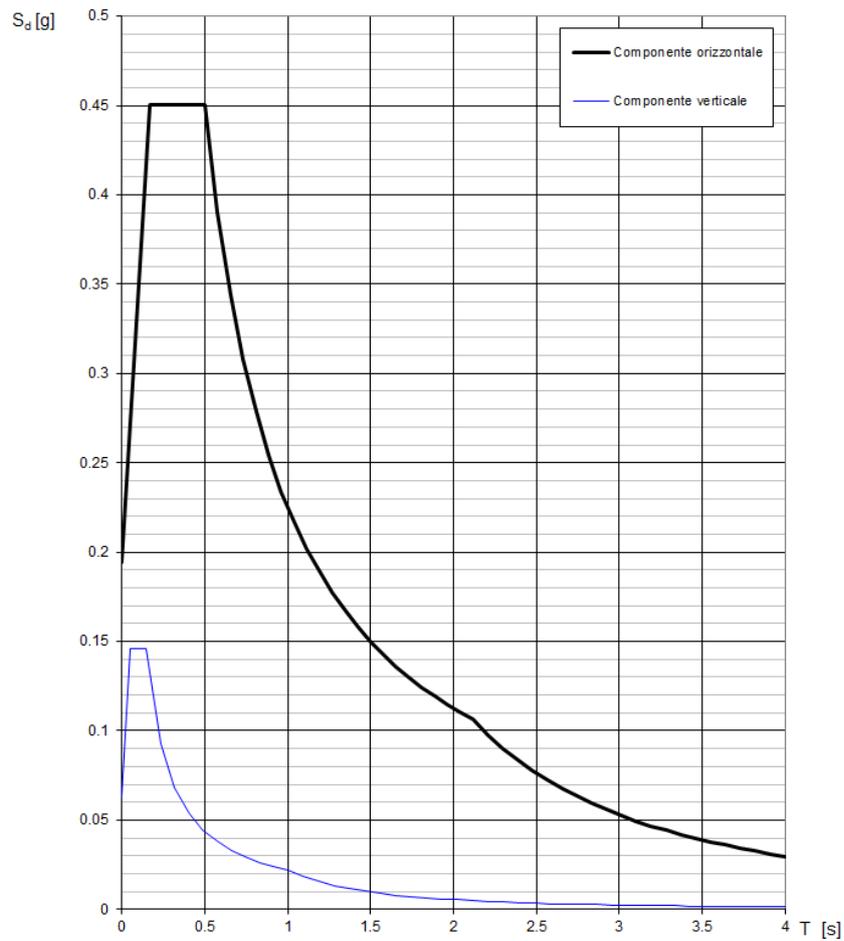
Nella determinazione delle masse sismiche è stata considerato il caso di presenza contemporanea del carico da traffico su entrambi i binari. È stata cautelativamente considerata una massa in direzione longitudinale pari al doppio di quella trasversale. Inoltre, nella valutazione delle azioni sismiche trasversali e longitudinali sono state cautelativamente considerate le accelerazioni di *plateau* degli spettri riportati per i diversi casi.

Spettri allo SLD:



|   |   |                           |                                   |                                       |                         |                                    |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGIO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                    |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> | <b>COMMESSA</b><br><b>IF28</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>E ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>VI0008 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>103 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                    |

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**



|   |   |                    |                            |                                |                  |                             |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>104 di 113</b> |

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

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLD     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.129 g |
| $F_o$        | 2.320   |
| $T_C^*$      | 0.330 s |
| $S_S$        | 1.500   |
| $C_C$        | 1.514   |
| $S_T$        | 1.000   |
| $q$          | 1.000   |

**Parametri dipendenti**

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.500   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_B$  | 0.167 s |
| $T_C$  | 0.500 s |
| $T_D$  | 2.118 s |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 | 0.194  |
| $T_B \leftarrow$ | 0.167 | 0.451  |
| $T_C \leftarrow$ | 0.500 | 0.451  |
|                  | 0.577 | 0.390  |
|                  | 0.654 | 0.344  |
|                  | 0.731 | 0.308  |
|                  | 0.808 | 0.279  |
|                  | 0.885 | 0.254  |
|                  | 0.962 | 0.234  |
|                  | 1.039 | 0.217  |
|                  | 1.116 | 0.202  |
|                  | 1.193 | 0.189  |
|                  | 1.270 | 0.177  |
|                  | 1.347 | 0.167  |
|                  | 1.424 | 0.158  |
|                  | 1.501 | 0.150  |
|                  | 1.578 | 0.143  |
|                  | 1.656 | 0.136  |
|                  | 1.733 | 0.130  |
|                  | 1.810 | 0.124  |
|                  | 1.887 | 0.119  |
|                  | 1.964 | 0.115  |
|                  | 2.041 | 0.110  |
| $T_D \leftarrow$ | 2.118 | 0.106  |
|                  | 2.208 | 0.098  |
|                  | 2.297 | 0.090  |
|                  | 2.387 | 0.084  |
|                  | 2.476 | 0.078  |
|                  | 2.566 | 0.072  |
|                  | 2.656 | 0.068  |
|                  | 2.745 | 0.063  |
|                  | 2.835 | 0.059  |
|                  | 2.925 | 0.056  |
|                  | 3.014 | 0.052  |
|                  | 3.104 | 0.049  |
|                  | 3.193 | 0.047  |
|                  | 3.283 | 0.044  |
|                  | 3.373 | 0.042  |
|                  | 3.462 | 0.040  |
|                  | 3.552 | 0.038  |
|                  | 3.642 | 0.036  |
|                  | 3.731 | 0.034  |
|                  | 3.821 | 0.033  |
|                  | 3.910 | 0.031  |
|                  | 4.000 | 0.030  |

|  |  |             |                     |                         |           |                         |
|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo   | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>105 di<br>113 |

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLD     |
|--------------|---------|
| $a_{gv}$     | 0.063 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**

|        |       |
|--------|-------|
| $F_v$  | 1.127 |
| $S$    | 1.000 |
| $\eta$ | 1.000 |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

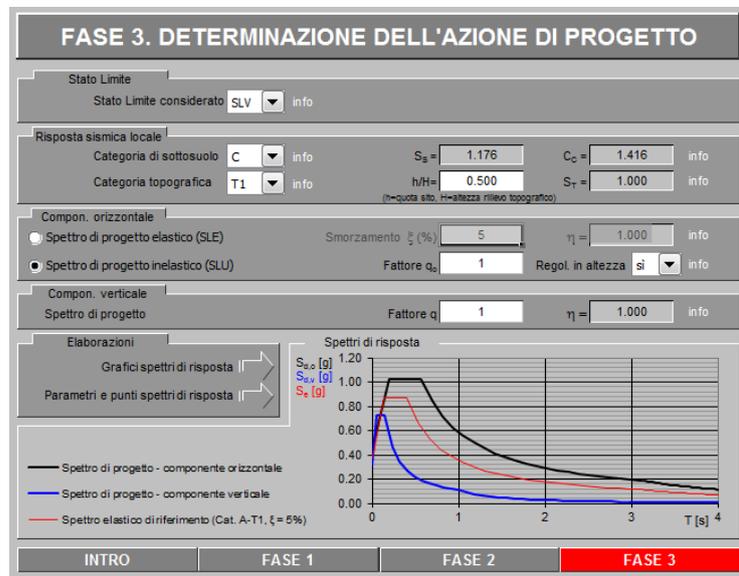
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

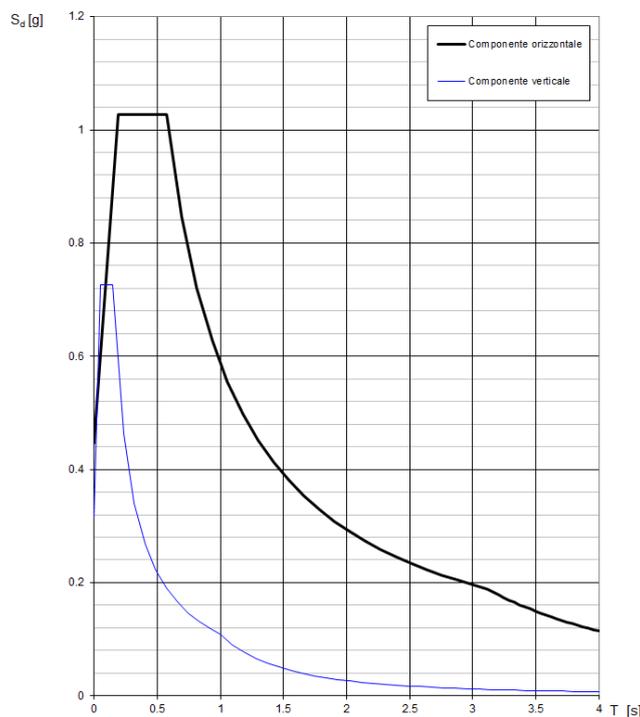
|                  | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
|                  | 0.000 | 0.063  |
| $T_S \leftarrow$ | 0.050 | 0.146  |
| $T_C \leftarrow$ | 0.150 | 0.146  |
|                  | 0.235 | 0.093  |
|                  | 0.320 | 0.068  |
|                  | 0.405 | 0.054  |
|                  | 0.490 | 0.045  |
|                  | 0.575 | 0.038  |
|                  | 0.660 | 0.033  |
|                  | 0.745 | 0.029  |
|                  | 0.830 | 0.026  |
|                  | 0.915 | 0.024  |
| $T_D \leftarrow$ | 1.000 | 0.022  |
|                  | 1.094 | 0.018  |
|                  | 1.188 | 0.016  |
|                  | 1.281 | 0.013  |
|                  | 1.375 | 0.012  |
|                  | 1.469 | 0.010  |
|                  | 1.563 | 0.009  |
|                  | 1.656 | 0.008  |
|                  | 1.750 | 0.007  |
|                  | 1.844 | 0.006  |
|                  | 1.938 | 0.006  |
|                  | 2.031 | 0.005  |
|                  | 2.125 | 0.005  |
|                  | 2.219 | 0.004  |
|                  | 2.313 | 0.004  |
|                  | 2.406 | 0.004  |
|                  | 2.500 | 0.004  |
|                  | 2.594 | 0.003  |
|                  | 2.688 | 0.003  |
|                  | 2.781 | 0.003  |
|                  | 2.875 | 0.003  |
|                  | 2.969 | 0.002  |
|                  | 3.063 | 0.002  |
|                  | 3.156 | 0.002  |
|                  | 3.250 | 0.002  |
|                  | 3.344 | 0.002  |
|                  | 3.438 | 0.002  |
|                  | 3.531 | 0.002  |
|                  | 3.625 | 0.002  |
|                  | 3.719 | 0.002  |
|                  | 3.813 | 0.002  |
|                  | 3.906 | 0.001  |
|                  | 4.000 | 0.001  |

|  |   |                    |                            |                                |                  |                             |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio      Soci<br><b>HIRPINIA AV      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>         | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A.    NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>106 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   |   |                    |                            |                                |                  |                             |

Spettri allo SLV:



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



|  |   |                    |                            |                                |                  |                             |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br>Consorzio                      Soci<br><b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>           | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria                      Mandanti<br><b>ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b> | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>107 di 113</b> |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br>Relazione di calcolo  |   |                    |                            |                                |                  |                             |

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

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.380 g |
| $F_o$        | 2.298   |
| $T_C^*$      | 0.404 s |
| $S_S$        | 1.176   |
| $C_C$        | 1.416   |
| $S_T$        | 1.000   |
| $q$          | 1.000   |

**Parametri dipendenti**

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.176   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_B$  | 0.191 s |
| $T_C$  | 0.572 s |
| $T_D$  | 3.119 s |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 | 0.447  |
| $T_B \leftarrow$ | 0.191 | 1.027  |
| $T_C \leftarrow$ | 0.572 | 1.027  |
|                  | 0.693 | 0.847  |
|                  | 0.814 | 0.721  |
|                  | 0.936 | 0.627  |
|                  | 1.057 | 0.555  |
|                  | 1.178 | 0.498  |
|                  | 1.300 | 0.452  |
|                  | 1.421 | 0.413  |
|                  | 1.542 | 0.381  |
|                  | 1.664 | 0.353  |
|                  | 1.785 | 0.329  |
|                  | 1.906 | 0.308  |
|                  | 2.028 | 0.290  |
|                  | 2.149 | 0.273  |
|                  | 2.270 | 0.259  |
|                  | 2.392 | 0.245  |
|                  | 2.513 | 0.234  |
|                  | 2.634 | 0.223  |
|                  | 2.755 | 0.213  |
|                  | 2.877 | 0.204  |
|                  | 2.998 | 0.196  |
| $T_D \leftarrow$ | 3.119 | 0.188  |
|                  | 3.161 | 0.183  |
|                  | 3.203 | 0.178  |
|                  | 3.245 | 0.174  |
|                  | 3.287 | 0.169  |
|                  | 3.329 | 0.165  |
|                  | 3.371 | 0.161  |
|                  | 3.413 | 0.157  |
|                  | 3.455 | 0.153  |
|                  | 3.497 | 0.150  |
|                  | 3.539 | 0.146  |
|                  | 3.581 | 0.143  |
|                  | 3.623 | 0.140  |
|                  | 3.665 | 0.136  |
|                  | 3.706 | 0.133  |
|                  | 3.748 | 0.130  |
|                  | 3.790 | 0.127  |
|                  | 3.832 | 0.125  |
|                  | 3.874 | 0.122  |
|                  | 3.916 | 0.119  |
|                  | 3.958 | 0.117  |
|                  | 4.000 | 0.114  |

|   |  |             |                     |                         |           |                         |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| APPALTATORE:<br>Conorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatara Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>108 di<br>113 |

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_{qv}$     | 0.316 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**

|        |       |
|--------|-------|
| $F_v$  | 1.912 |
| $S$    | 1.000 |
| $\eta$ | 1.000 |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

|                  | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
|                  | 0.000 | 0.316  |
| $T_B \leftarrow$ | 0.050 | 0.726  |
| $T_C \leftarrow$ | 0.150 | 0.726  |
|                  | 0.235 | 0.464  |
|                  | 0.320 | 0.340  |
|                  | 0.405 | 0.269  |
|                  | 0.490 | 0.222  |
|                  | 0.575 | 0.189  |
|                  | 0.660 | 0.165  |
|                  | 0.745 | 0.146  |
|                  | 0.830 | 0.131  |
|                  | 0.915 | 0.119  |
| $T_D \leftarrow$ | 1.000 | 0.109  |
|                  | 1.094 | 0.091  |
|                  | 1.188 | 0.077  |
|                  | 1.281 | 0.066  |
|                  | 1.375 | 0.058  |
|                  | 1.469 | 0.050  |
|                  | 1.563 | 0.045  |
|                  | 1.656 | 0.040  |
|                  | 1.750 | 0.036  |
|                  | 1.844 | 0.032  |
|                  | 1.938 | 0.029  |
|                  | 2.031 | 0.026  |
|                  | 2.125 | 0.024  |
|                  | 2.219 | 0.022  |
|                  | 2.313 | 0.020  |
|                  | 2.406 | 0.019  |
|                  | 2.500 | 0.017  |
|                  | 2.594 | 0.016  |
|                  | 2.688 | 0.015  |
|                  | 2.781 | 0.014  |
|                  | 2.875 | 0.013  |
|                  | 2.969 | 0.012  |
|                  | 3.063 | 0.012  |
|                  | 3.156 | 0.011  |
|                  | 3.250 | 0.010  |
|                  | 3.344 | 0.010  |
|                  | 3.438 | 0.009  |
|                  | 3.531 | 0.009  |
|                  | 3.625 | 0.008  |
|                  | 3.719 | 0.008  |
|                  | 3.813 | 0.007  |
|                  | 3.906 | 0.007  |
|                  | 4.000 | 0.007  |

|   |  |             |                     |                         |           |                         |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>109 di<br>113 |

## 13.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SUGLI APPOGGI

Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi descritti in precedenza. Ove opportuno, i valori delle singole azioni elementari sono state arrotondate per eccesso, a partire dai valori di calcolo derivati dagli scenari di carico considerati.

### 13.2.1 Appoggi per impalcati con $V_N=75$ anni e $C_u=1.5$ ( $V_R=112.5$ )

Si riportano di seguito le azioni complessive su una fila di appoggi.

| Carico  | $R_z$ | $R_{Long.}$ | $R_{Trasv.}$ | $M_{Trasv.}$ |
|---|-------|-------------|--------------|--------------|
| -   | kN    | kN          | kN           | kN-m         |
| Peso proprio  | 3500  | 0           | 0            | 0            |
| Permanenti non strutturali (incluso ballast)        | 2200  | 0           | 0            | 0            |
| Vento   | 0     | 0           | 240          | 912          |
| Resistenza passiva dei vincoli                      | 0     | 365         | 0            | 0            |
| Sismica Long. ( $1,0x E_x + 0,3x E_y + 0,3x E_z$ )  | 1434  | 13528       | 2029         | 4528         |
| Sismica Trasv. ( $0,3x E_x + 1,0x E_y + 0,3x E_z$ ) | 1434  | 4058        | 6764         | 15094        |
| Sismica Vert. ( $0,3x E_x + 0,3x E_y + 1,0x E_z$ )  | 4781  | 4058        | 2029         | 4528         |
| gr1LM71,av v iam                                    | 2108  | 413         | 355          | 5833         |
| gr1LM71,f ren                                       | 2085  | 250         | 355          | 5787         |
| gr3LM71,av v iam                                    | 2166  | 825         | 178          | 5141         |
| gr3LM71,f ren                                       | 2120  | 500         | 178          | 5049         |
| gr1SW/2,av v iam                                    | 2318  | 413         | 300          | 5973         |
| gr1SW/2,f ren                                       | 2322  | 438         | 300          | 5980         |
| gr3SW/2,av v iam                                    | 2376  | 825         | 150          | 5421         |
| gr3SW/2,f ren                                       | 2383  | 875         | 150          | 5435         |
| (M-)gr1LM71,av v iam                                | 2108  | 413         | 355          | -2367        |
| (M-)gr1LM71,f ren                                   | 2085  | 250         | 355          | -2413        |
| (M-)gr3LM71,av v iam                                | 2166  | 825         | 178          | -3059        |
| (M-)gr3LM71,f ren                                   | 2120  | 500         | 178          | -3151        |
| (M-)gr1SW/2,av v iam                                | 2318  | 413         | 300          | -3067        |
| (M-)gr1SW/2,f ren                                   | 2322  | 438         | 300          | -3060        |
| (M-)gr3SW/2,av v iam                                | 2376  | 825         | 150          | -3619        |
| (M-)gr3SW/2,f ren                                   | 2383  | 875         | 150          | -3605        |

|  |   |                    |                            |                                |                  |                             |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><u>Consorzio</u> <u>Soci</u><br><b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b><br><br><b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b><br><b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTAZIONE:</b><br><u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u><br><b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b> |   |                    |                            |                                |                  |                             |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>Relazione di calcolo</b>   | COMMESSA<br><b>IF28</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>E ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>VI0008 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>110 di 113</b> |

|                               |                    |     | SLU     |         |         |         |         |         |         |
|-------------------------------|--------------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                               |                    |     | Comb. 1 | Comb. 2 | Comb. 3 | Comb. 4 | Comb. 5 | Comb. 6 | Comb. 7 |
|                               | R <sub>z</sub>     | kN  | 12889   | 13163   | 13133   | 14105   | 14448   | 14410   | 14622   |
|                               | R <sub>Long</sub>  | kN  | 1316    | 1534    | 1316    | 1508    | 1780    | 1508    | 3013    |
|                               | R <sub>Trasv</sub> | kN  | 1184    | 1120    | 1120    | 1246    | 1166    | 1166    | 691     |
|                               | M <sub>Trav</sub>  | kNm | 5334    | 4584    | 4523    | 5779    | 4841    | 4765    | 3047    |
| <b>Appoggi fissi</b>          | N <sub>z</sub>     | kN  | 3437    | 3476    | 3466    | 3759    | 3807    | 3795    | 3778    |
|                               | V <sub>long</sub>  | kN  | 658     | 767     | 658     | 754     | 890     | 754     | 1506    |
|                               | V <sub>trasv</sub> | kN  | 1184    | 1120    | 1120    | 1246    | 1166    | 1166    | 691     |
| <b>Appoggi Unidirezionali</b> | N <sub>z</sub>     | kN  | 3437    | 3476    | 3466    | 3759    | 3807    | 3795    | 3778    |
|                               | V <sub>long</sub>  | kN  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|                               | V <sub>trasv</sub> | kN  | 1184    | 1120    | 1120    | 1246    | 1166    | 1166    | 691     |
| <b>Appoggi Mobili</b>         | N <sub>z</sub>     | kN  | 3868    | 3845    | 3830    | 4225    | 4198    | 4179    | 4024    |
|                               | V <sub>long</sub>  | kN  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|                               | V <sub>trasv</sub> | kN  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

|                               |                    |     | SLV     |         |          |          |          |          |
|-------------------------------|--------------------|-----|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                               |                    |     | Comb. 8 | Comb. 9 | Comb. 10 | Comb. 11 | Comb. 12 | Comb. 13 |
|                               | R <sub>z</sub>     | kN  | 8043    | 8044    | 8016     | 8020     | 11363    | 11367    |
|                               | R <sub>Long</sub>  | kN  | 14223   | 14233   | 4561     | 4593     | 4561     | 4593     |
|                               | R <sub>Trasv</sub> | kN  | 2095    | 2095    | 6895     | 6895     | 2160     | 2160     |
|                               | M <sub>Trav</sub>  | kNm | 4833    | 4835    | 15640    | 15649    | 5074     | 5083     |
| <b>Appoggi fissi</b>          | N <sub>z</sub>     | kN  | 2206    | 2206    | 2635     | 2636     | 3045     | 3047     |
|                               | V <sub>long</sub>  | kN  | 7111    | 7116    | 2280     | 2297     | 2280     | 2297     |
|                               | V <sub>trasv</sub> | kN  | 2095    | 2095    | 6895     | 6895     | 2160     | 2160     |
| <b>Appoggi Unidirezionali</b> | N <sub>z</sub>     | kN  | 2206    | 2206    | 2635     | 2636     | 3045     | 3047     |
|                               | V <sub>long</sub>  | kN  | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                               | V <sub>trasv</sub> | kN  | 2095    | 2095    | 6895     | 6895     | 2160     | 2160     |
| <b>Appoggi Mobili</b>         | N <sub>z</sub>     | kN  | 2595    | 2596    | 3896     | 3898     | 3454     | 3457     |
|                               | V <sub>long</sub>  | kN  | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                               | V <sub>trasv</sub> | kN  | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        |

|   |  |             |                     |                         |           |                         |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>111 di<br>113 |

## 14 DIMENSIONAMENTO MARCIAPIEDI FFP O GALLERIA EQUIVALENTE

Nel seguito si riporta il dimensionamento del *grigliato* metallico orizzontale e della struttura a *telaio* a sostegno dello stesso necessari per la realizzazione dei marciapiedi per *Fire Fighting Point (FFP)* o *Galleria Equivalente*, ove progettualmente previsti in viadotto.

Per il *grigliato* il carico di esercizio è considerato pari a  $Q = 6,00 \text{ kN/m}^2$ ; per il *telaio* a sostegno dello stesso grigliato il carico di esercizio è considerato pari a  $Q_k = 10,00 \text{ kN/m}^2$ .

|  |               |                         |           |                   |                   |
|--|---------------|-------------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| $Q_{k,grigliato}$  | 6.00          | kN/m <sup>2</sup>       |           |                   |                   |
| B ( <i>Luce netta massima grigliato</i> )                          | 1.50          | m                       |           |                   |                   |
| Grigliato elettrosaldato   | <b>40</b>     | <b>x</b>                | <b>2</b>  | <b>mm</b>         |                   |
| Maglia grigliato   | <b>15</b>     | <b>x</b>                | <b>76</b> | <b>mm</b>         |                   |
| W (modulo di resistenza)   | 533.33        | mm <sup>3</sup>         |           |                   |                   |
| J (inerzia)  | 10666.67      | mm <sup>4</sup>         |           |                   |                   |
| E (modulo elastico)  | 210000        | MPa                     |           |                   |                   |
| $f_{yk}$ Acciaio S235  | 235           | MPa                     |           |                   |                   |
| $g_{k,grigliato}$  | <b>47.4</b>   | <b>kg/m<sup>2</sup></b> | 0.465     | kN/m <sup>2</sup> |                   |
| $Q_{Ed}$   | 9.697         | kN/m <sup>2</sup>       |           |                   |                   |
| Numero barre portanti/1m   | 66.67         | -                       |           |                   |                   |
| $q_{Ed}/barra$   | 0.2182        | kN                      |           |                   |                   |
| $M_{Ed}$   | 0.0409        | kNm                     |           |                   |                   |
| $\sigma_{adm}$   | <b>223.81</b> | kN/m <sup>2</sup>       |           |                   |                   |
| $\sigma (M_{Ed}/W)$  | <b>76.71</b>  | kN/m <sup>2</sup>       |           |                   | <b>verificato</b> |
| q  | 0.15          | kN/m <sup>2</sup>       |           |                   |                   |
| freccia  | 2.854         | mm                      |           |                   |                   |
| rapporto freccia/luce netta  | 0.00190       | <                       | 0.0050    |                   | <b>verificato</b> |
| <b>HEB100</b>  |               |                         |           |                   |                   |
| $W_{pl}$   | 104200        | mm <sup>3</sup>         |           |                   |                   |
| $g_{k,trave}$  | 20.4          | kg/m                    | 0.200     | kN/m              |                   |
| $Q_{k,trave}$  | 10.00         | kN/m <sup>2</sup>       |           |                   |                   |
| J (inerzia)  | 4495000       | mm <sup>4</sup>         |           |                   |                   |
| $M_{Ed}$   | 40911.29      | Nmm                     |           |                   |                   |
| $p_{Ed,Slu} = 1,5 * (g_{k,grigliato} + g_{k,trave} + Q_{k,trave})$ | 16.00         | kN/m <sup>2</sup>       |           |                   |                   |
| $p_{Ed,Slu}$ (su una larghezza di influenza pari a B)              | 24.00         | kN/m                    |           |                   |                   |
| L (luce netta massima trave)                                       | 2.00          | m                       |           |                   |                   |
| $M_{Rd} = W_{pl} * f_{yd}$   | <b>23.32</b>  | kNm                     |           |                   |                   |
| $M_{Ed,SLU}$   | <b>12.00</b>  | kNm                     |           |                   | <b>verificato</b> |
| $p_{Ed,Sle} = p_{Ed,Slu} / 1,5$                                    | 16.00         | kN/m                    |           |                   |                   |
| $f_{max} = l / 250$  | 8.00          | mm                      |           |                   |                   |
| freccia = $5 * p_{Ed,Sle} * L / (384 * E * J)$                     | <b>3.53</b>   | mm                      |           |                   | <b>verificato</b> |



|   |  |             |                     |                         |           |                         |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| APPALTATORE:<br>Consorzio Soci<br>HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.          | <b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTAZIONE:<br>Mandatario Mandanti<br>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA<br/>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> |             |                     |                         |           |                         |
| PROGETTO ESECUTIVO<br>Relazione di calcolo  | COMMESSA<br>IF28   | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>E ZZ CL | DOCUMENTO<br>VI0008 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>113 di<br>113 |

|                                       |                         |                   |                           |            |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|------------|
| Nb,Rd                                 | 706 kN                  |                   |                           |            |
| peso lin trave HEB 100                | 0.2001 kN/m             |                   | peso lin montante HEB 140 | 0.331 kN/m |
| L HEB 100                             | 2.17                    |                   | L HEB 140                 | 1.150 m    |
| carico caratt HEB 100                 | 0.434 kN                |                   | peso montante HEB 140     | 0.380 kN   |
| peso grigliato                        | 0.465 kN/m <sup>2</sup> |                   |                           |            |
| L infl                                | 2.17 m                  |                   |                           |            |
| B infl                                | 1.5 m                   |                   |                           |            |
| carico caratt grigliato               | 1.5 kN                  |                   |                           |            |
| carico variabile caratteristico       | 10 kN/m <sup>2</sup>    |                   |                           |            |
| Nk                                    | 32.55 kN                |                   |                           |            |
| N <sub>Ed,SLU</sub>                   | 52.0 kN                 |                   |                           |            |
| N <sub>Ed,SLU, su ogni montante</sub> | <b>26.0 kN</b>          | <b>verificato</b> |                           |            |
| N <sub>Rd</sub>                       | <b>706 kN</b>           | <b>verificato</b> |                           |            |

Inoltre, per il dimensionamento del *corrimano* si considera un carico variabile caratteristico pari a  $H_k = 3.00$  kN/m in accordo con [1] e [2] Tab 3.1II (cat C3) per uno schema statico di trave continua su più appoggi.

| <b>CORRIMANO</b>   |                 |       |                 |                   |
|--|-----------------|-------|-----------------|-------------------|
| spessore del tubo costituente il corrimano                             | s               | 5     | mm              |                   |
| diametro esterno del tubo costituente il corrimano                     | D               | 76.10 | mm              |                   |
| diametro interno del tubo costituente il corrimano                     | d               | 66.1  | mm              |                   |
| Area   | A               | 1117  | mm <sup>2</sup> |                   |
| modulo di resistenza elastico del tubo costituente il corrimano        | W <sub>El</sub> | 18630 | mm <sup>3</sup> |                   |
| modulo di resistenza plastico del tubo costituente il corrimano        | W <sub>pI</sub> | 25318 | mm <sup>3</sup> |                   |
| interasse appoggi  | l               | 3000  | mm              |                   |
| P <sub>k</sub> = carico caratteristico orizzontale sul corrimano       | p               | 3.00  | kN/m            |                   |
| P <sub>Ed,slu</sub> = carico di progetto SLU orizzontale sul corrimano | p               | 4.50  | kN/m            |                   |
| Tensione snervamento acciaio S235                                      | f <sub>yk</sub> | 235   | MPa             |                   |
| Profilo di classe  | -               | 1     | -               |                   |
| <b>Verifica a flessione (hp trave continua su più appoggi)</b>         |                 |       |                 |                   |
| momento resistente (Profilo classe 1)                                  | M <sub>Rd</sub> | 5.67  | kNm             |                   |
| Momento massimo SLU agente sul corrimano (schema continuo multiplo)    | M <sub>Ed</sub> | 4.34  | kNm             | <b>verificato</b> |
| <b>Verifica a flessione (hp trave continua su più appoggi)</b>         |                 |       |                 |                   |
| Av, area a taglio (2π/A)   | A               | 711   | mm <sup>2</sup> |                   |
| Resistenza a taglio  | V <sub>Rd</sub> | 91.89 | kN              |                   |
| Taglio massimo SLU agente sul corrimano (schema continuo multiplo)     | V <sub>Ed</sub> | 15.53 | kN              | <b>verificato</b> |

Si dispone un *corrimano* tubolare avente diametro esterno 76.1 mm e spessore 5 mm.