

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



### U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE  
LOTTO 1 + 2**

SINGOLE OPERE DI LINEA

IN52 – Nuovo tombino al km 28+747

Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

SCALA:

-

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| RS3Z     | 00    | D    | 26   | CL        | IN5200           | 002    | B    |

| Rev. | Descrizione             | Redatto    | Data         | Verificato   | Data         | Approvato  | Data         | Autorizzato   | Data |
|------|-------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|---|------|
| A    | EMISSIONE ESECUTIVA     | C. INTEGRA | Gennaio 2020 | M.SALLEONI   | Gennaio 2020 | A. BARRECA | Gennaio 2020 | F. SACCHI<br>Maggiorilegittimato<br>ITALFERR - UC INFRASTRUTTURE NORD<br>Det. Ing. Francesco Sacchi<br>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma<br>n. 25372/SP/20 |      |
| B    | 1° AGG. A CONSEGNA CSLP | C. INTEGRA | Maggio 2020  | M.SALLEOLINI | Maggio 2020  | A. BARRECA | Maggio 2020  |   |      |
|      |                         |            |              |              |              |            |              |   |      |
|      |                         |            |              |              |              |            |              |   |      |

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>                             | <b>4</b>  |
| <b>3. DESCRIZIONE DELL’OPERA .....</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>4. METODO DI CALCOLO DELLA SPINTA.....</b>                        | <b>7</b>  |
| 4.1 Analisi dei carichi nella Fase 1 (spinta iniziale) .....         | 7         |
| 4.2 Analisi dei carichi nella Fase 2 (spinta finale).....            | 8         |
| <b>5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PARAMETRI GEOTECNICI .....</b> | <b>9</b>  |
| <b>6. CALCOLO DELLE AZIONI E VERIFICA GEOTECNICA .....</b>           | <b>11</b> |
| <b>7. PLATEA DI VARO.....</b>  | <b>15</b> |
| 7.1 Azioni di calcolo.....   | 15        |
| 7.2 Verifiche strutturali.....                                       | 16        |
| <b>8. MURO REGGISPINTA .....</b>                                     | <b>17</b> |
| 8.1 Azioni di calcolo.....   | 17        |
| 8.2 Verifiche strutturali.....                                       | 19        |
| 8.2.1 Verifica a pressoflessione (sez. c-c) .....                    | 19        |
| 8.2.2 Verifiche a taglio .....                                       | 20        |



**PROGETTO DEFINITIVO  
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA  
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

IN52 –Nuovo Tombino al km 28+747  
*Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta*

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| RS3Z     | 00    | D 26      | CLIN5200002 | B    | 2 di 21 |

## **1. PREMESSA**

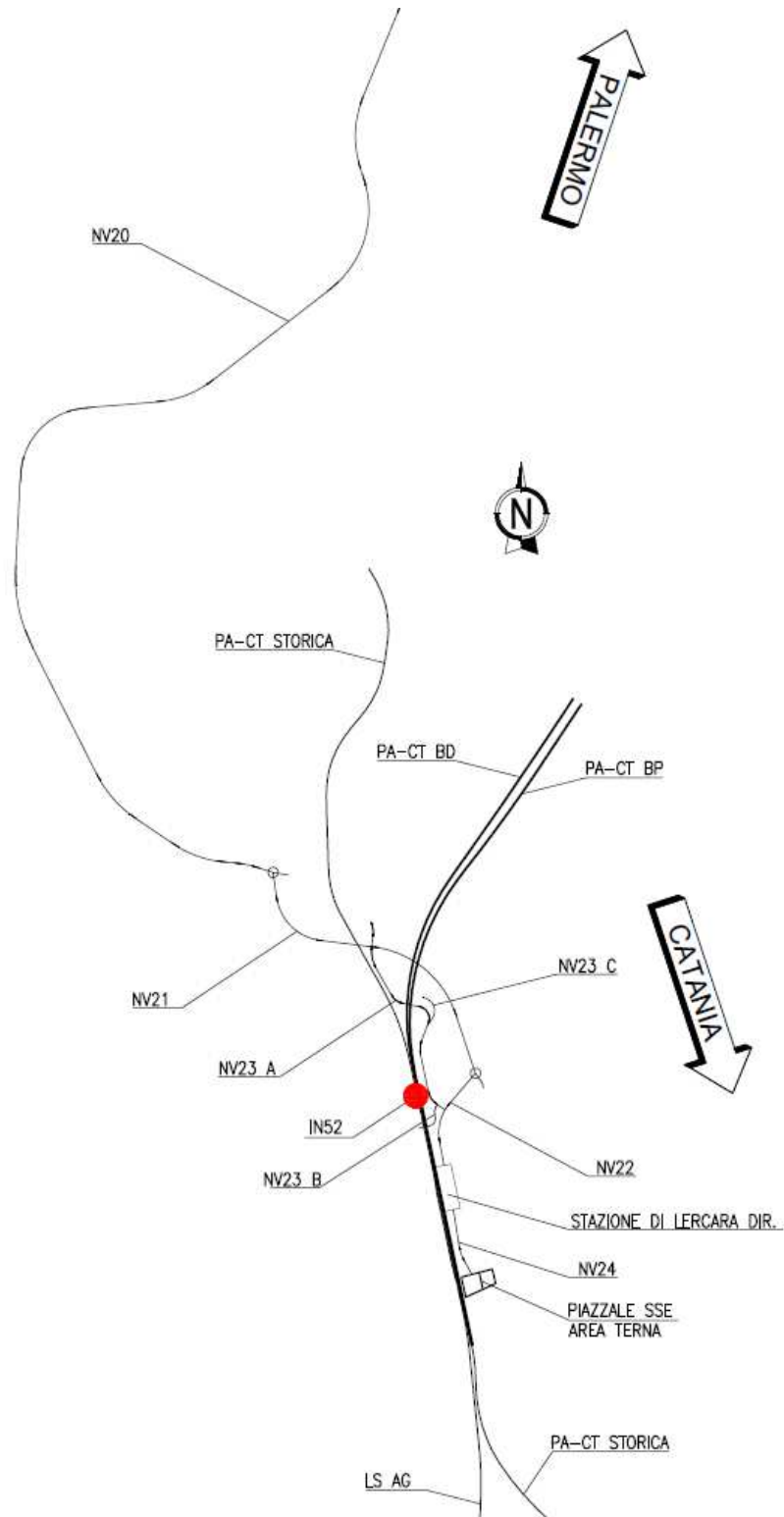
Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

Nella presente relazione è riportato il dimensionamento della platea di varo e del muro reggispinta del tombino di linea IN52 alla progr. 28+747 avente sezione interna 2.0x2.0m.

Segue l'ubicazione dell'opera.

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747  
*Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta*

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| RS3Z     | 00    | D 26      | CLIN5200002 | B    | 3 di 21 |



|   |  |             |                   |                          |           |                   |
|---|--|-------------|-------------------|--------------------------|-----------|-------------------|
|                  | <b>PROGETTO DEFINITIVO</b><br><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b><br><b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA</b><br><b>DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2</b> |             |                   |                          |           |                   |
| IN52 –Nuovo Tombino al km 28+747<br><i>Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta</i> | COMMESSA<br>RS3Z   | LOTTO<br>00 | FASE-ENTE<br>D 26 | DOCUMENTO<br>CLIN5200002 | REV.<br>B | FOGLIO<br>4 di 21 |

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto degli elementi strutturali è stato condotto nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

– 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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

### 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

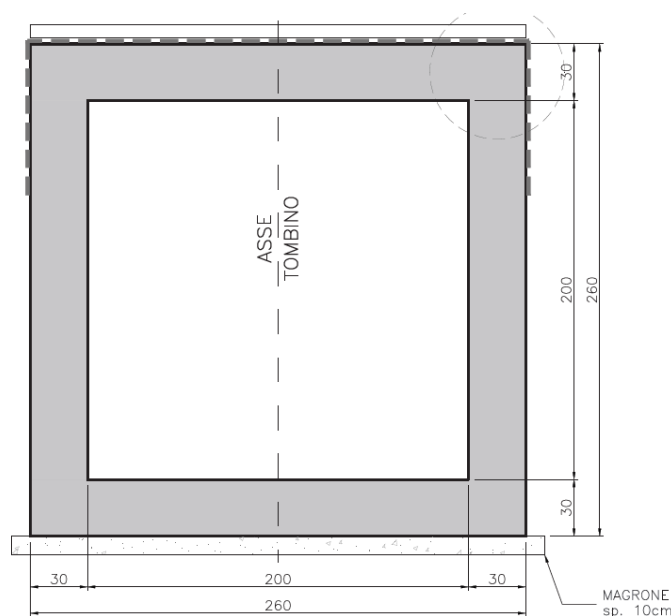
Il tombino IN52 è situato al km 28+747 della tratta Fiumetorto – Lercara.

La vita nominale dell'opera è pari a  $V_N = 75$  anni. La classe d'uso è la III con  $C_U = 1.5$ .

Il tombino è costituito da una struttura scatolare e dai manufatti di imbocco/sbocco per una lunghezza complessiva di 36m0, di cui 17m realizzati a spinta.

La sezione dello scatolare è costituita da piedritti di spessore pari ad 0.30 m, soletta superiore di 0.30 m e soletta di fondazione di spessore pari a 0.30 m.

La sezione interna libera è pari a (bxh) 2.00 m x 2.00 m.



*Fig. 3.1 Tombino scatolare - sezione trasversale*

La struttura viene realizzata in parte gettata in opera ed in parte *a spinta* al di sotto della linea esistente in modo da ridurre al minimo indispensabile ogni tipo di interferenza con il traffico ferroviario esistente e, contestualmente ridurre i tempi di realizzazione.

La realizzazione a spinta consiste nella realizzazione – in apposito cantiere a lato del rilevato ferroviario esistente - di un monolite in calcestruzzo armato, e della sua successiva infissione all'interno del terrapieno ferroviario con un sistema di martinetti oleodinamici. Il monolite poggia su una platea di varo realizzata e dimensionata per poter sopportare le sollecitazioni derivanti dal peso e dallo scorrimento del manufatto sulla

stessa. La platea di varo è collegata al muro reggispinta, necessario per garantire la necessaria azione di contrasto ai martinetti durante le fasi di spinta.

Durante la traslazione dell'opera il binario è irrigidito da un insieme di travi parallele allo stesso e collegate tra loro da traverse poste a piccolo interasse per il sostegno della rotaia. La struttura di irrigidimento longitudinale appoggia trasversalmente su travi in acciaio (travi di manovra) aventi la funzione di sostenere il tutto scorrendo sull'estradosso dello stesso manufatto in corso di varo.

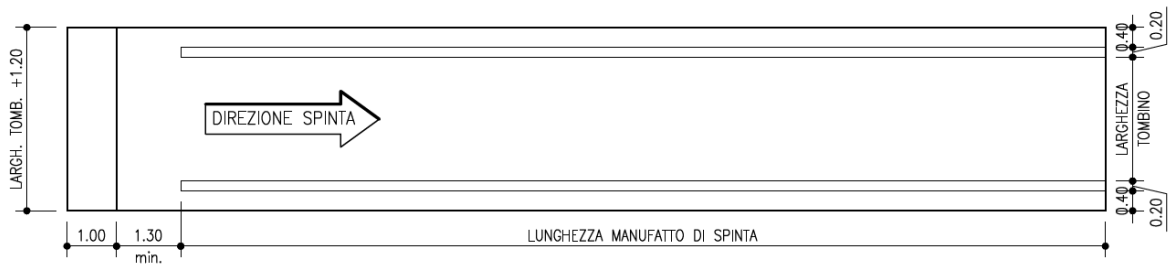


Fig. 3.2 Pianta platea di varo

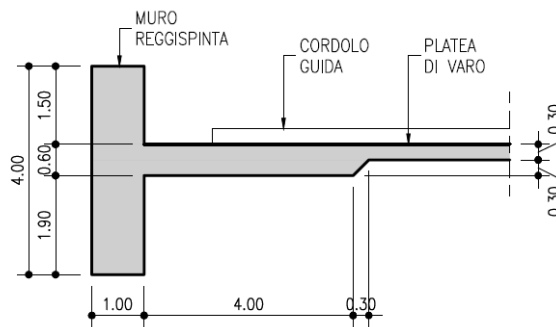


Fig. 3.3 Struttura reggispinta

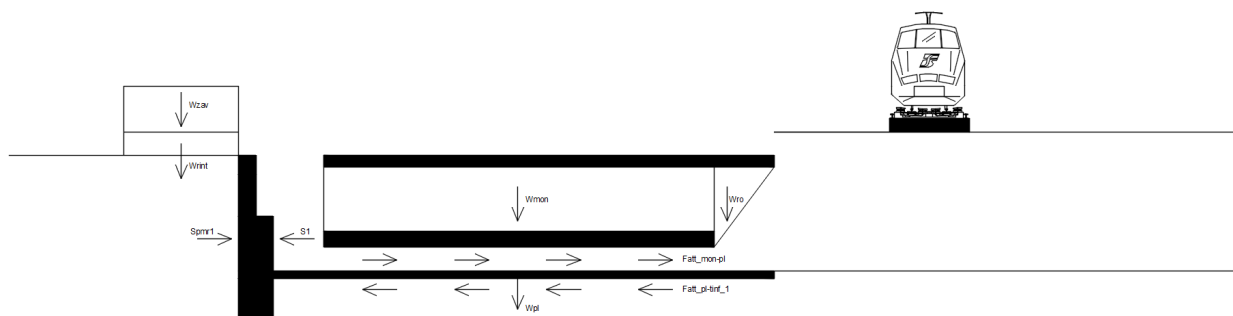
Per garantire il sufficiente contrasto a tergo del muro reggispinta si prevede una zavorra costituita da blocchi in cls avente un'altezza pari a 1.0m.

## 4. METODO DI CALCOLO DELLA SPINTA

Per la verifica delle strutture di contrasto, necessarie ad assorbire le azione delle attrezzature di spinta, si individuano due fasi, relativamente una all’inizio e una alla fine delle operazioni di spinta.

### 4.1 Analisi dei carichi nella Fase 1 (spinta iniziale)

È la configurazione che si ha all’inizio delle operazioni di spinta.



In questa configurazione i martinetti di spinta devono vincere l’attrito fra l’intradosso della fondazione e la platea di varo. Il coefficiente di attrito di primo distacco può raggiungere valori di poco superiori all’unità. Essendo il monolite ancora all’esterno del terrapieno ferroviario, non è presente alcun attrito fra terreno e pareti laterali, fra terreno e soletta superiore e fra terreno e soletta inferiore.

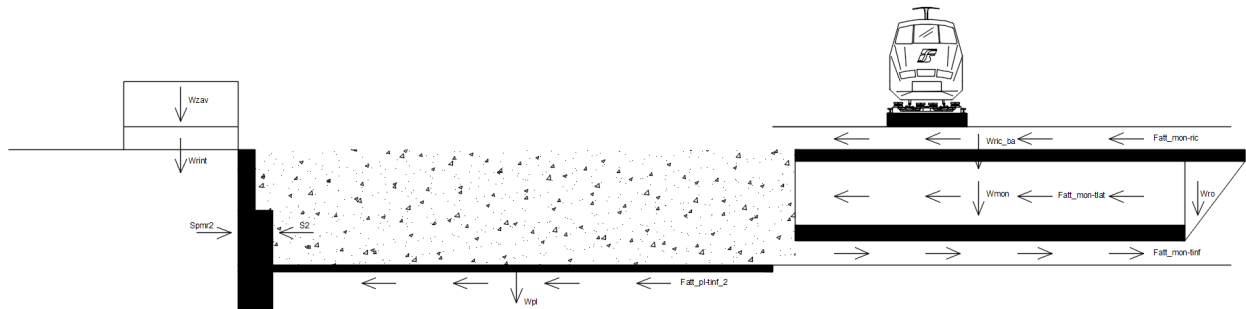
Questa configurazione risulta significativa per il dimensionamento dell’armatura della platea di varo, soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Tale sforzo normale ha valore nullo all’estremità libera ed aumenta gradualmente fino a raggiungere il valore massimo all’attacco col muro reggispinta. Tale sforzo è generato dalle azioni di attrito che nascono al contatto tra il monolite e la platea ed è parzialmente limitato dalle azioni di attrito tra la platea e il terreno sottostante.

In questa configurazione il muro reggispinta deve assorbire l’azione dei martinetti. A resistere alla spinta attiva generata dai martinetti idraulici si hanno i contributi della spinta passiva del terreno a monte del muro reggispinta e dell’attrito e della forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante. La spinta attiva sul muro generata dai martinetti risulta inferiore a quella presente nella fase 2, che viene considerata per la valutazione della capacità resistente del muro. Infatti, la spinta che viene trasmessa al terreno retrostante va aumentando gradualmente man mano che il monolite avanza dalla fase 1 alla fase finale 2.



#### 4.2 Analisi dei carichi nella Fase 2 (spinta finale)

Questa configurazione corrisponde alla fase in cui il monolite è uscito dalla platea di varo e la spinta è nella fasi finali.



In questa fase è massima la spinta che deve assorbire il terreno a monte del muro ed è minimo invece il contributo resistente fornito dalla platea di varo che si oppone alle azioni di martinetti di spinta soltanto con l'attrito sul terreno relativo al suo peso proprio. In questa fase si ha la massima spinta attiva sul muro reggispinta, che viene presa a riferimento per il dimensionamento del muro.

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PARAMETRI GEOTECNICI

### Caratteristiche calcestruzzo muro reggispinta e platea di varo

|   |                |                      |        |
|---|----------------|----------------------|--------|
| Classe di calcestruzzo                                    |                |                      | C30/37 |
| Resistenza a compressione cubica caratteristica           | $R_{ck}$       | [MPa]                | 37     |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica       | $f_{ck}$       | [MPa]                | 30.71  |
| Resistenza media a compressione cilindrica caratteristica | $f_{cm}$       | [MPa]                | 38.71  |
| Resistenza media a trazione caratteristica                | $f_{ctm}$      | [MPa]                | 2.94   |
| Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza         | $\gamma_c$     | [-]                  | 1.50   |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata     | $\alpha_{cc}$  | [-]                  | 0.85   |
| Resistenza a compressione cilindrica di calcolo           | $f_{cd}$       | [MPa]                | 17.40  |
| Peso specifico calcestruzzo                               | $\gamma_{dis}$ | [kN/m <sup>3</sup> ] | 25     |

### Caratteristiche acciaio muro reggispinta e platea di varo

|   |            |       |        |
|---|------------|-------|--------|
| Classe acciaio barre di armatura                  | Classe     | [-]   | B450C  |
| Tensione caratteristica di snervamento            | $f_{yk}$   | [MPa] | 450    |
| Tensione caratteristica di rottura                | $f_{tk}$   | [MPa] | 540    |
| Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza | $\gamma_s$ | [-]   | 1.15   |
| Resistenza a snervamento di calcolo               | $f_{yd}$   | [MPa] | 391.30 |

### Caratteristiche del terreno di ricoprimento, del terreno ai lati del monolite e del terreno sotto la platea

#### Parametri geotecnici caratteristici

|   |                    |                      |      |
|---|--------------------|----------------------|------|
| Peso specifico del terreno di ricoprimento sopra al monolite        | $\gamma_{t\_ric}$  | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno ai lati del monolite                     | $\gamma_{t\_lat}$  | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno sotto la platea e il monolite            | $\gamma_{t\_tinf}$ | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno a tergo del muro reggispinta             | $\gamma_{t\_mr}$   | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno di rinterro a tergo del muro reggispinta | $\gamma_{t\_rint}$ | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Angolo di attrito del terreno di ricoprimento sopra al monolite     | $\phi'_{ric}$      | [°]                  | 35.0 |
| Angolo di attrito del terreno ai lati del monolite                  | $\phi'_{lat}$      | [°]                  | 35.0 |
| Angolo di attrito del terreno sotto la platea e il monolite         | $\phi'_{tinf}$     | [°]                  | 35.0 |
| Angolo di attrito del terreno alla base del muro reggispinta        | $\phi'_{mr\_tinf}$ | [°]                  | 35.0 |
| Angolo di attrito del terreno a tergo del muro reggispinta          | $\phi'_{mr}$       | [°]                  | 35.0 |
| Coesione efficace del terreno a tergo del muro reggispinta          | $c'_{mr}$          | [MPa]                | 0.0  |
| Coesione non drenata del terreno a tergo del muro reggispinta       | $c_{u\_mr}$        | [MPa]                | 0.0  |

#### Coefficienti parziali di sicurezza per i materiali

|   |                  |     |      |
|---|------------------|-----|------|
| Tipologia di metodo di calcolo                        | M                | [-] | M2   |
| Coefficiente per peso dell'unità di volume di terreno | $\gamma_y$       | [-] | 1.00 |
| Coefficiente tangente dell'angolo di attrito          | $\gamma_{\phi'}$ | [-] | 1.25 |
| Coefficiente per coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$    | [-] | 1.25 |
| Coefficiente per resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$    | [-] | 1.40 |

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747  
*Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta*

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z     | 00    | D 26      | CLIN5200002 | B    | 10 di 21 |

| <b>Parametri geotecnici di calcolo</b>                                  |                      |                      |      |
|---|----------------------|----------------------|------|
| Peso specifico del terreno di ricoprimento sopra al monolite            | $\gamma_{td\_ric}$   | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno ai lati del monolite                         | $\gamma_{td\_tlat}$  | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno sotto la platea e il monolite                | $\gamma_{td\_tinf}$  | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno a tergo del muro reggispinta                 | $\gamma_{td\_mr}$    | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Peso specifico del terreno di rinterro a tergo del muro reggispinta     | $\gamma_{td\_rint}$  | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.0 |
| Angolo di attrito del terreno di ricoprimento sopra al monolite         | $\phi'_d\_{ric}$     | [°]                  | 29.3 |
| Angolo di attrito del terreno ai lati del monolite                      | $\phi'_d\_{tlat}$    | [°]                  | 29.3 |
| Angolo di attrito del terreno sotto la platea e il monolite             | $\phi'_d\_{tinf}$    | [°]                  | 29.3 |
| Angolo di attrito del terreno alla base del muro reggispinta            | $\phi'_{mr\_tinf}$   | [°]                  | 29.3 |
| Angolo di attrito del terreno a tergo del muro reggispinta              | $\phi'_d\_{mr}$      | [°]                  | 29.3 |
| Coazione efficace del terreno a tergo del muro reggispinta              | $c'_d\_{mr}$         | [MPa]                | 0.0  |
| Coazione non drenata del terreno a tergo del muro reggispinta           | $c_{ud\_mr}$         | [MPa]                | 0.0  |
| <b>Coefficienti di spinta e attrito di calcolo</b>                      |                      |                      |      |
| Grado di sovraconsolidazione del terreno ai lati del monolite           | OCR                  | [-]                  | 1.00 |
| Coefficiente empirico   | m                    | [-]                  | 0.55 |
| Coefficiente di spinta a riposo del terreno ai lati del monolite        | $k_{o\_tlat}$        | [-]                  | 0.51 |
| Coefficiente di spinta passiva del terreno a tergo del muro reggispinta | $k_{p\_mr}$          | [-]                  | 2.91 |
| Coefficiente di attrito monolite-terreno di ricoprimento                | $\mu_{mon\_ric}$     | [-]                  | 0.35 |
| Coefficiente di attrito monolite-terreno laterale                       | $\mu_{mon\_tlat}$    | [-]                  | 0.35 |
| Coefficiente di attrito platea/monolite con il terreno sottostante      | $\mu_{pl/mon\_tinf}$ | [-]                  | 0.56 |
| Coefficiente di attrito muro-terreno sottostante                        | $\mu_{mr\_tinf}$     | [-]                  | 0.56 |
| Coefficiente di attrito monolite-platea di primo distacco               | $\mu_{mon\_pl}$      | [-]                  | 1.00 |

## 6. CALCOLO DELLE AZIONI E VERIFICA GEOTECNICA

| GEOMETRIA   |                    |                   |       |
|---|--------------------|-------------------|-------|
| <b>Geometria del monolite</b>                                 |                    |                   |       |
| Dimensione longitudinale del monolite a meno del rostro       | $L_{long\_mon-ro}$ | [m]               | 17.00 |
| Spessore soletta superiore                                    | $S_s$              | [m]               | 0.30  |
| Spessore soletta di fondazione                                | $S_f$              | [m]               | 0.30  |
| Spessore piedritti  | $S_p$              | [m]               | 0.30  |
| Altezza interna del monolite                                  | $H_{int}$          | [m]               | 2.00  |
| Larghezza interna del monolite                                | $L_{int}$          | [m]               | 2.00  |
| Larghezza ringrosso della soletta di fondazione               | $L_r$              | [m]               | 0.00  |
| Altezza totale del monolite                                   | $H_{mon}$          | [m]               | 2.60  |
| Larghezza del monolite a meno del ringrosso                   | $L_{trasv\_mon}$   | [m]               | 2.60  |
| Area della sezione piena del monolite                         | $A_{mon}$          | [m <sup>2</sup> ] | 2.76  |
| Dimensione longitudinale del rostro                           | $L_{long\_ro}$     | [m]               | 2.60  |
| Spessore setti del rostro                                     | $S_{ro}$           | [m]               | 0.30  |
| Altezza del rostro  | $H_{ro}$           | [m]               | 2.60  |
| Area laterale del rostro                                      | $A_{lat\_ro}$      | [m <sup>2</sup> ] | 3.38  |
| Larghezza trasversale del rostro                              | $L_{trasv\_ro}$    | [m]               | 2.60  |
| Dimensione longitudinale del monolite                         | $L_{long\_mon}$    | [m]               | 19.60 |
| Area laterale del monolite                                    | $A_{lat\_mon}$     | [m <sup>2</sup> ] | 47.58 |
| <b>Geometria della platea di varo</b>                         |                    |                   |       |
| Dimensione longitudinale della platea                         | $L_{long\_pl}$     | [m]               | 18.30 |
| Dimensione trasversale della platea                           | $L_{trasv\_pl}$    | [m]               | 3.80  |
| Spessore della platea   | $S_{pl}$           | [m]               | 0.30  |
| Area della sezione della platea                               | $A_{pl}$           | [m <sup>2</sup> ] | 1.14  |
| <b>Geometria del muro reggispinta</b>                         |                    |                   |       |
| Dimensione trasversale del muro                               | $L_{trasv\_mr}$    | [m]               | 3.80  |
| Altezza del muro sopra al piano campagna                      | $H_{mr\_sup}$      | [m]               | 2.10  |
| Altezza del dente sotto al piano campagna                     | $H_{mr\_inf}$      | [m]               | 1.90  |
| Altezza del muro  | $H_{mr}$           | [m]               | 4.00  |
| Altezza del muro con spessore minimo sopra al piano campagna  | $H_{mr\_smin}$     | [m]               | 0.00  |
| Altezza del muro con spessore massimo sopra al piano campagna | $H_{mr\_smax}$     | [m]               | 2.10  |
| Spessore minimo del muro                                      | $S_{mr\_min}$      | [m]               | 0.00  |
| Spessore massimo del muro                                     | $S_{mr\_max}$      | [m]               | 1.00  |
| Spessore del dente del muro                                   | $S_{mr\_dente}$    | [m]               | 1.00  |
| Area della sezione del muro con spessore minore               | $A_{mr\_min}$      | [m <sup>2</sup> ] | 0.00  |
| Area della sezione del muro con spessore maggiore             | $A_{mr\_max}$      | [m <sup>2</sup> ] | 2.10  |
| Area della sezione del dente                                  | $A_{mr\_dente}$    | [m <sup>2</sup> ] | 1.90  |
| Area della sezione del muro                                   | $A_{mr}$           | [m <sup>2</sup> ] | 4.00  |
| Interasse martinetti idraulici                                | $i_{mar}$          | [m]               | 1.00  |

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747  
*Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta*

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z     | 00    | D 26      | CLIN5200002 | B    | 12 di 21 |

| <b>Geometria della sovrastruttura sopra al monolite e a tergo del muro</b> |            |     |      |
|--|------------|-----|------|
| Altezza media dello strato di ricoprimento sopra al monolite               | $H_r$      | [m] | 0.75 |
| Spessore del complesso ballast + armamento                                 | $H_p$      | [m] | 0.80 |
| Altezza dello strato di rinterro permanente a tergo del muro di spinta     | $H_{rint}$ | [m] | 0.00 |
| Altezza della zavorra di blocchi di calcestruzzo prefabbricati             | $H_{zav}$  | [m] | 1.00 |

**VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA DEL TERRENO A TERGO DEL MURO REGGISPINTA - FASE 1**
**Analisi dei carichi nella fase 1 - spinta attiva sul muro reggispinta**
**Carichi permanenti strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta**

|  |                   |      |         |
|--|-------------------|------|---------|
| Peso proprio del monolite  | $W_{mon}$         | [kN] | 1223.70 |
| Forza di attrito tra monolite e platea di varo                       | $F_{att\_mon-pl}$ | [kN] | 1223.70 |
| Spinta attiva sul muro reggispinta per carichi strutturali in fase 1 | $S_{1\_G1}$       | [kN] | 1223.70 |

**Analisi dei carichi nella fase 1 - azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta**
**Carichi permanenti strutturali per spinta passiva del terreno**

|  |                    |       |         |
|--|--------------------|-------|---------|
| Tensione verticale in testa al muro reggispinta                        | $\sigma_{vmr\_t}$  | [kPa] | 25.00   |
| Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta              | $\sigma_{hpmr\_t}$ | [kPa] | 72.79   |
| Tensione verticale alla base del muro reggispinta                      | $\sigma_{vmr\_b}$  | [kPa] | 101.00  |
| Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta            | $\sigma_{hpmr\_b}$ | [kPa] | 294.08  |
| Primo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta   | $S_{pmr\_1}$       | [kN]  | 1106.45 |
| Secondo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta | $S_{pmr\_2}$       | [kN]  | 1681.80 |
| Spinta passiva statica del terreno a tergo del muro reggispinta        | $S_{pmr}$          | [kN]  | 2788.25 |

**Carichi permanenti strutturali per forze di attrito resistenti**

|  |                       |      |        |
|--|-----------------------|------|--------|
| Peso proprio del muro reggispinta  | $W_{mr}$              | [kN] | 380.00 |
| Peso proprio della platea di varo  | $W_{pl}$              | [kN] | 521.55 |
| Forza di attrito caratteristica tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 1 | $F_{att\_pl-tinf\_1}$ | [kN] | 977.63 |
| Forza di attrito tra muro e terreno sottostante al muro in fase 1                      | $F_{att\_mr-tinf\_1}$ | [kN] | 212.86 |

**Spinta attiva sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici (valori di calcolo)**

|  |              |      |         |
|--|--------------|------|---------|
| Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1 per carichi strutturali | $S_{1d\_G1}$ | [kN] | 1223.70 |
| Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1                         | $S_{1d}$     | [kN] | 1223.70 |

**Azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici (valori di calcolo)**

|  |                        |      |         |
|--|------------------------|------|---------|
| Spinta passiva di calcolo sul muro reggispinta per carichi strutturali             | $S_{pmrd}$             | [kN] | 2788.25 |
| Forza di attrito di calcolo tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 1 | $F_{attd\_pl-tinf\_1}$ | [kN] | 977.63  |
| Forza di attrito di calcolo tra muro e terreno sottostante al muro in fase 1       | $F_{attd\_mr-tinf\_1}$ | [kN] | 212.86  |
| Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 1            | $R_{spd\_1}$           | [kN] | 3978.74 |

**Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta**

|  |                 |      |         |
|--|-----------------|------|---------|
| Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1                         | $S_{1d}$        | [kN] | 1223.70 |
| Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 1  | $R_{spd\_1}$    | [kN] | 3978.74 |
| Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro in fase 1 | $\rho_{Rmr\_1}$ | [-]  | 0.31    |

verifica soddisfatta

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747  
*Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta*

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z     | 00    | D 26      | CLIN5200002 | B    | 13 di 21 |

**VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA DEL TERRENO A TERGO DEL MURO REGGISPINTA - FASE 2**

**Analisi dei carichi nella fase 2 - spinta attiva sul muro reggispinta**

**Carichi permanenti strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta**

|  |                         |      |               |
|--|-------------------------|------|---------------|
| Peso proprio del monolite  | $W_{mon}$               | [kN] | 1223.70       |
| Forza di attrito tra monolite e terreno sotto il monolite per G1 | $F_{att\_mon-tinf\_G1}$ | [kN] | 685.48        |
| Spinta sul muro reggispinta per carichi strutturali in fase 2    | $S_{2\_G1}$             | [kN] | <b>685.48</b> |

**Carichi permanenti non strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta**

|   |                         |                      |                |
|---|-------------------------|----------------------|----------------|
| Peso specifico del complesso ballast più armamento                    | $\gamma_{ba}$           | [kN/m <sup>3</sup> ] | 18.00          |
| Tensione verticale in testa al monolite                               | $\sigma_{vmon\_t}$      | [kPa]                | 14.25          |
| Tensione orizzontale in testa al monolite                             | $\sigma_{hmon\_t}$      | [kPa]                | 7.29           |
| Tensione verticale alla base del monolite                             | $\sigma_{vmon\_b}$      | [kPa]                | 63.65          |
| Tensione orizzontale alla base del monolite                           | $\sigma_{hmon\_b}$      | [kPa]                | 32.54          |
| Tensione orizzontale media all'interfaccia monolite-terreno laterale  | $\sigma_{hmon\_tlat}$   | [kPa]                | 19.91          |
| Tensione tangenziale media all'interfaccia monolite-terreno laterale  | $\tau_{mon\_tlat}$      | [kPa]                | 7.05           |
| Tensione tangenziale all'interfaccia monolite-terreno di ricoprimento | $\tau_{mon\_ric}$       | [kPa]                | 5.05           |
| Forza di attrito tra monolite e terreno di ricoprimento               | $F_{att\_mon-ric}$      | [kN]                 | 128.61         |
| Forza di attrito tra monolite e terreno laterale                      | $F_{att\_mon-tlat}$     | [kN]                 | 335.62         |
| Forza di attrito tra monolite e terreno sotto il monolite per G2      | $F_{att\_mon-tinf\_G2}$ | [kN]                 | 406.78         |
| Spinta sul muro reggispinta per carichi non strutturali in fase 2     | $S_{2\_G2}$             | [kN]                 | <b>1206.62</b> |

**Analisi dei carichi nella fase 2 - azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta**

**Carichi permanenti strutturali per spinta passiva del terreno**

|  |                    |       |         |
|--|--------------------|-------|---------|
| Tensione verticale in testa al muro reggispinta                        | $\sigma_{vmr\_t}$  | [kPa] | 25.00   |
| Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta              | $\sigma_{hpmr\_t}$ | [kPa] | 72.79   |
| Tensione verticale alla base del muro reggispinta                      | $\sigma_{vmr\_b}$  | [kPa] | 101.00  |
| Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta            | $\sigma_{hpmr\_b}$ | [kPa] | 294.08  |
| Primo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta   | $S_{pmr\_1}$       | [kN]  | 1106.45 |
| Secondo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta | $S_{pmr\_2}$       | [kN]  | 1681.80 |
| Spinta passiva statica del terreno a tergo del muro reggispinta        | $S_{pmr}$          | [kN]  | 2788.25 |

**Carichi permanenti strutturali per forze di attrito resistenti**

|  |                       |      |        |
|--|-----------------------|------|--------|
| Peso proprio del muro reggispinta  | $W_{mr}$              | [kN] | 380.00 |
| Peso proprio della platea di varo  | $W_{pl}$              | [kN] | 521.55 |
| Forza di attrito caratteristica tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 2 | $F_{att\_pl-tinf\_2}$ | [kN] | 292.15 |
| Forza di attrito tra muro e terreno sottostante al muro in fase 2                      | $F_{att\_mr-tinf\_2}$ | [kN] | 212.86 |

**Spinta di calcolo sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici**

|  |              |      |         |
|--|--------------|------|---------|
| Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2 per carichi strutturali     | $S_{2d\_G1}$ | [kN] | 685.48  |
| Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2 per carichi non strutturali | $S_{2d\_G2}$ | [kN] | 1568.60 |
| Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2                             | $S_{2d}$     | [kN] | 2254.08 |



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA**  
**DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

IN52 –Nuovo Tombino al km 28+747  
*Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta*

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z     | 00    | D 26      | CLIN5200002 | B    | 14 di 21 |

| <b>Azioni resistenti di calcolo alla spinta sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici</b> |                         |      |                      |
|---|-------------------------|------|----------------------|
| Spinta passiva di calcolo sul muro reggispinta per carichi strutturali                                | $S_{pmrd}$              | [kN] | 2788.25              |
| Forza di attrito di calcolo tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 2                    | $F_{attd\_pl\_tinf\_2}$ | [kN] | 292.15               |
| Forza di attrito di calcolo tra muro e terreno sottostante al muro in fase 2                          | $F_{attd\_mr\_tinf\_2}$ | [kN] | 212.86               |
| Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 2                               | $R_{spd\_2}$            | [kN] | 3293.26              |
| <b>Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta</b>                     |                         |      |                      |
| Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2  | $S_{2d}$                | [kN] | 2254.08              |
| Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 2                               | $R_{spd\_2}$            | [kN] | 3293.26              |
| Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro in fase 2                              | $\rho_{Rmr\_2}$         | [-]  | 0.68                 |
|   |                         |      | verifica soddisfatta |

## 7. PLATEA DI VARO

### 7.1 Azioni di calcolo

La platea è soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Tale sforzo normale ha valore nullo all'estremità libera ed aumenta gradualmente fino a raggiungere il valore massimo all'attacco col muro reggispinta.

La forza di trazione agente sulla platea è la massima tra quella che si ha in fase 1 e fase 2. In fase 1 tale forza è pari alla differenza tra la forza di attrito che nasce al contatto tra la il monolite e la platea (corrisponde alla spinta attiva sul muro reggispinta in fase 1) e la forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante. In fase 2 tale forza è pari alla sola forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante.

L'armatura longitudinale a trazione progettata deve garantire l'assorbimento dello sforzo normale di trazione. Per l'armatura trasversale si considera il 20% dell'armatura disposta in direzione longitudinale.

#### PROGETTO E VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO

##### *Dimensionamento armatura longitudinale della platea di varo*

|   |                |                      |        |
|---|----------------|----------------------|--------|
| Forza di trazione sulla platea di varo nella fase 1           | $F_{td,1}$     | [kN]                 | 246.07 |
| Forza di trazione sulla platea di varo nella fase 2           | $F_{td,2}$     | [kN]                 | 292.15 |
| Forza massima di trazione sulla platea di varo                | $F_{td}$       | [kN]                 | 292.15 |
| Larghezza media della zona tesa                               | $b_t$          | [m]                  | 3.80   |
| Distanza lembo esterno sezione asse armatura                  | $c$            | [cm]                 | 5.0    |
| Altezza utile della sezione                                   | $d$            | [cm]                 | 25.00  |
| Minimo d'armatura in zona tesa a metro lineare                | $A_{s,min,ml}$ | [cm <sup>2</sup> /m] | 8.23   |
| Diametro barra di armatura                                    | $\phi$         | [mm]                 | 16     |
| Area della barra di armatura                                  | $A_s$          | [mm <sup>2</sup> ]   | 201.06 |
| Numero di ferri a metro lineare superiormente o inferiormente | $n$            | [-]                  | 5      |
| Numero di ferri a metro lineare totale                        | $n_{tot}$      | [-]                  | 10.00  |
| Area totale delle barre di armatura a metro lineare           | $A_{s,tot}$    | [cm <sup>2</sup> ]   | 20.11  |
| Interasse barre di armatura superiori e inferiori             | $s$            | [cm]                 | 20.00  |

##### *Dimensionamento armatura trasversale della platea di varo*

|   |                      |                      |       |
|---|----------------------|----------------------|-------|
| Larghezza media della zona tesa                                 | $b_t$                | [m]                  | 3.80  |
| Minimo d'armatura inferiore per NTC                             | $A_{s,min,inf,NTC}$  | [cm <sup>2</sup> ]   | 11.40 |
| Minimo d'armatura superiore per NTC                             | $A_{s,min,sup,NTC}$  | [cm <sup>2</sup> ]   | 11.40 |
| Minimo d'armatura trasversale per NTC                           | $A_{s,min,NTC}$      | [cm <sup>2</sup> ]   | 22.80 |
| Minimo d'armatura trasversale a metro lineare per NTC           | $A_{s,min,ml,NTC}$   | [cm <sup>2</sup> /m] | 1.25  |
| Armatura minima trasversale pari al 20% di quella longitudinale | $A_{s,min,perc}$     | [cm <sup>2</sup> /m] | 1.65  |
| Armatura minima trasversale                                     | $A_{s,min,trasv,ml}$ | [cm <sup>2</sup> /m] | 1.65  |
| Diametro barra di armatura                                      | $\phi$               | [mm]                 | 10    |
| Area della barra di armatura                                    | $A_s$                | [mm <sup>2</sup> ]   | 78.54 |
| Numero di ferri a metro lineare superiormente o inferiormente   | $n$                  | [-]                  | 5     |
| Numero di ferri a metro lineare totale                          | $n_{tot}$            | [-]                  | 10.00 |
| Area totale delle barre di armatura a metro lineare             | $A_{s,tot}$          | [cm <sup>2</sup> ]   | 7.85  |
| Interasse barre di armatura superiori e inferiori               | $s$                  | [cm]                 | 20.00 |



## 7.2 Verifiche strutturali

La platea di varo è armata con:

- $\phi$  16/20 cm sup. e inf. in direzione longitudinale
- $\phi$  10/20 cm sup. e inf. in direzione trasversale

La verifica strutturale della platea di varo è una verifica a sforzo normale. Nello specifico l'armatura longitudinale progettata deve essere in grado di sopportare lo sforzo normale di trazione agente, trascurando il contributo del cls teso:

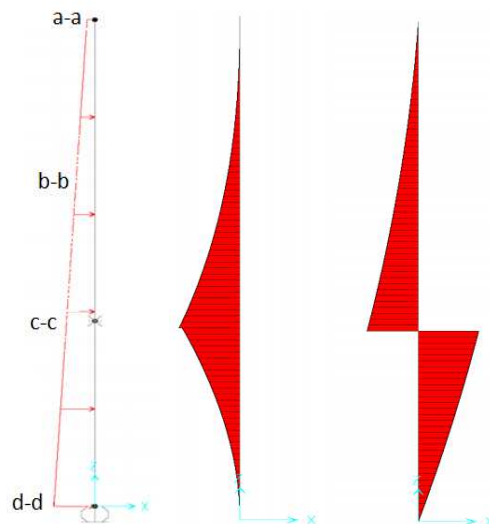
| <i>Verifica strutturale della platea di varo in direzione longitudinale</i> |               |        |        |
|---|---------------|--------|--------|
| Forza massima di trazione sulla platea di varo a metro lineare              | $F_{td\_ml}$  | [kN/m] | 322.03 |
| Resistenza di calcolo a trazione della platea di varo a metro lineare       | $F_{tRd\_ml}$ | [kN/m] | 786.76 |
| Verifica a trazione della platea di varo                                    | $\rho_t$      | [-]    | 0.41   |
| verifica soddisfatta  |               |        |        |

## 8. MURO REGGISPINTA

### 8.1 Azioni di calcolo

Si procede al calcolo dell'armatura verticale del muro. Il muro reggispinta si modella considerando un vincolo di carrello alla base del dente e vincolo di appoggio in corrispondenza della platea. Il muro si considera soggetto ad un carico trapezoidale dato dalla spinta passiva fornita dal terreno a monte del muro. Tale spinta si esprime come somma di un contributo costante ed uno triangolare. Si definiscono delle sezioni di verifica: a-a testa muro; b-b cambio spessore muro; c-c base muro quota platea; d-d base inferiore muro.

Nell'immagine che segue si riportano il diagramma della spinta passiva del terreno ed il diagramma di momento flettente e taglio.



Nelle tabelle a seguire si riportano le sollecitazioni agenti e le armature utilizzate.

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747  
*Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta*

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z     | 00    | D 26      | CLIN5200002 | B    | 18 di 21 |

**Calcolo sollecitazioni di progetto per metro di lunghezza del muro reggispinta**

*Si modella il muro con vincolo di carrello alla base del dente e vincolo di appoggio in corrispondenza della platea*

*Si schematizza il carico trapezoidale della spinta passiva come somma di un contributo costante ed uno triangolare.*

*Si definiscono delle sezioni di verifica: a-a testa muro; b-b cambio spessore muro; c-c base muro quota platea; d-d base inferiore muro*

|  |                     |        |        |
|--|---------------------|--------|--------|
| Luce di calcolo del muro con spessore minimo sopra al piano campagna | $L_{mr\_smin}$      | [m]    | 0.00   |
| Luce di calcolo del muro sopra al piano campagna                     | $L_{mr\_sup}$       | [m]    | 1.95   |
| Luce di calcolo del dente sotto al piano campagna                    | $L_{mr\_inf}$       | [m]    | 2.05   |
| Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta            | $\sigma_{hpmr\_t}$  | [kPa]  | 72.79  |
| Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta          | $\sigma_{hpmr\_b}$  | [kPa]  | 294.08 |
| Tensione orizzontale passiva nella sezione a-a del muro              | $\sigma_{hpmr\_aa}$ | [kPa]  | 72.79  |
| Tensione orizzontale passiva nella sezione b-b del muro              | $\sigma_{hpmr\_bb}$ | [kPa]  | 72.79  |
| Tensione orizzontale passiva nella sezione c-c del muro              | $\sigma_{hpmr\_cc}$ | [kPa]  | 180.67 |
| Tensione orizzontale passiva nella sezione d-d del muro              | $\sigma_{hpmr\_dd}$ | [kPa]  | 294.08 |
| Carico distribuito uniforme sul muro                                 | $q_{uni}$           | [kN/m] | 72.79  |
| Carico distribuito triangolare massimo nella sezione a-a del muro    | $q_{tr\_aa}$        | [kN/m] | 0.00   |
| Carico distribuito triangolare massimo nella sezione b-b del muro    | $q_{tr\_bb}$        | [kN/m] | 0.00   |
| Carico distribuito triangolare massimo nella sezione c-c del muro    | $q_{tr\_cc}$        | [kN/m] | 107.88 |
| Carico distribuito triangolare massimo nella sezione d-d del muro    | $q_{tr\_dd}$        | [kN/m] | 221.29 |
| Momento flettente di calcolo nella sezione a-a del muro              | $M_{Ed\_aa}$        | [kNm]  | 0.00   |
| Momento flettente di calcolo nella sezione b-b del muro              | $M_{Ed\_bb}$        | [kNm]  | 0.00   |
| Momento flettente di calcolo nella sezione c-c del muro superiore    | $M_{Ed\_cc\_sup}$   | [kNm]  | 206.76 |
| Momento flettente di calcolo nella sezione c-c del muro inferiore    | $M_{Ed\_cc\_inf}$   | [kNm]  | 538.50 |
| Momento flettente di calcolo nella sezione d-d del muro              | $M_{Ed\_dd}$        | [kNm]  | 0      |
| Taglio di calcolo nella sezione a-a del muro                         | $V_{Ed\_aa}$        | [kN]   | 0      |
| Taglio di calcolo nella sezione b-b del muro                         | $V_{Ed\_bb}$        | [kN]   | 0.00   |
| Taglio di calcolo nella sezione c-c del muro superiore               | $V_{Ed\_cc\_sup}$   | [kN]   | 247.13 |
| Taglio di calcolo nella sezione c-c del muro inferiore               | $V_{Ed\_cc\_inf}$   | [kN]   | 486.62 |
| Taglio di calcolo nella sezione d-d del muro                         | $V_{Ed\_dd}$        | [kN]   | 0      |

**Dimensionamento armatura verticale minima**

**Armatura verticale - Sezione c-c**

|   |                  |      |    |
|---|------------------|------|----|
| Numero di ferri lato paramento compresso                | $n_{c\_vert}$    | [-]  | 5  |
| Diametro barra di armatura lato paramento compresso     | $\phi_{c\_vert}$ | [mm] | 20 |
| Passo tra le barre di armatura lato paramento compresso | $s_{c\_vert}$    | [cm] | 20 |
| Numero di ferri lato paramento teso                     | $n_{t\_vert}$    | [-]  | 5  |
| Diametro barra di armatura lato paramento teso          | $\phi_{t\_vert}$ | [mm] | 24 |
| Passo tra le barre di armatura lato paramento teso      | $s_{t\_vert}$    | [cm] | 20 |



### 8.2.2 Verifiche a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta

#### Calcestruzzo

|               |       |                   |
|---------------|-------|-------------------|
| $R_{ck}$      | 37.00 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ck}$      | 30.71 | N/mm <sup>2</sup> |
| $\gamma_c$    | 1.50  |                   |
| $\alpha_{cc}$ | 0.85  |                   |
| $f_{cd}$      | 17.40 | N/mm <sup>2</sup> |

#### Acciaio

|            |        |                   |
|------------|--------|-------------------|
| $f_{tk}$   | 540.00 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{yk}$   | 450.00 | N/mm <sup>2</sup> |
| $\gamma_s$ | 1.15   |                   |
| $f_{yd}$   | 391    | N/mm <sup>2</sup> |

#### Sollecitazioni

|          |    | Sez c-c       |
|----------|----|---------------|
| $V_{Ed}$ | kN | <b>486.62</b> |
| $N_{Ed}$ | kN | <b>0.00</b>   |

#### Armatura a taglio

|                 |                 |      |
|-----------------|-----------------|------|
| Diametro        | mm              | 10   |
| Numero barre    |                 | 2.5  |
| $A_{sw}$        | cm <sup>2</sup> | 1.96 |
| Passo s         | cm              | 20   |
| Angolo $\alpha$ | °               | 90   |

#### Armatura longitudinale

|                 |                 |       |
|-----------------|-----------------|-------|
| $n_1$           |                 | 5     |
| $\varnothing_1$ | mm              | 24    |
| $n_2$           |                 |       |
| $\varnothing_2$ | mm              |       |
| Asl             | cm <sup>2</sup> | 22.62 |

#### Sezione

|               |                   |        |
|---------------|-------------------|--------|
| $b_w$         | cm                | 100.00 |
| H             | cm                | 100.00 |
| c             | cm                | 5.00   |
| d             | cm                | 95.00  |
| k             | N/mm <sup>2</sup> | 1.46   |
| $v_{min}$     | N/mm <sup>2</sup> | 0.34   |
| $\rho$        |                   | 0.0024 |
| $\sigma_{cp}$ | N/mm <sup>2</sup> | 0.00   |
| $\alpha_c$    |                   | 1.00   |

#### Resistenza senza armatura a taglio

|          |    |               |
|----------|----|---------------|
| $V_{Rd}$ | kN | <b>324.67</b> |
|----------|----|---------------|

#### Resistenza con armatura a taglio

|                               |    |               |
|-------------------------------|----|---------------|
| Inclinazione puntone $\theta$ | °  | <b>21.80</b>  |
| $V_{RSd}$                     | kN | 821.21        |
| $V_{RCd}$                     | kN | 2565.21       |
| $V_{Rd}$                      | kN | <b>821.21</b> |

#### Elementi senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

#### Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

$$V_{Rd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$