

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. INFRASTRUTTURE SUD

## PROGETTO DEFINITIVO

# LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

INTERFERENZE VIARIE ED IDRAULICHE

IN16 Km 0+667: Nuovo Tombino 2,00x2,00m

Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

SCALA:

-

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

NN1X 10 D 78 CL IN1600 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Dic-2020	G.Romano	Dic-2020	M.D'Avino	Dic-2020	D.Tiberti

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Dante Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10378

NN1X.1.0.D.78.CL.IN.16.0.0.002.A

n. Elab.:

## INDICE

<b>1. OPERE DI VARO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA E DATI DI INPUT .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PROGETTO OPERE DI VARO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.5. DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5.1. CONDIZIONI DI CALCOLO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.2. DETERMINAZIONE DEI PESI E DELLE SPINTE.....</b>	<b>8</b>
<b>2.6. VERIFICA GEOTECNICA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.1. SOLLECITAZIONI - SPINTA DEL MONOLITE.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.2. SPINTA PASSIVA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.3. RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.4. CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.7. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>14</b>
<b>2.7.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.7.1.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI.....</b>	<b>15</b>
<b>2.7.1.2. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7.1.3. VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.7.2. VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO .....</b>	<b>19</b>

## 1. OPERE DI VARO

### 1.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA E DATI DI INPUT

Come già precedentemente detto parte del tombino, nel rispetto dei tempi di chiusura dell'esercizio e nell'ottica di velocizzare i tempi di cantierizzazione, deve essere realizzato lontano dalla sua sede di progetto ed essere poi portato in posizione attraverso un sistema di spinta oleodinamico.

Il monolite viene, quindi, costruito a lato del rilevato ferroviario e poi infisso mediante operazioni di spinta a vuoto. Esso poggia su una platea di varo che è collegata al muro reggispinga, per garantire la necessaria azione di contrasto dei manufatti durante le fasi di spinta.

Il monolite presenta una sezione trasversale di dimensioni interne nette  $L_{int} \times H_{int}$  pari a 2.00 m x 2.00 m, con solette superiore e pareti laterali di spessore 0,30 e fondazione di 0.40 m. Le dimensioni esterne della sezione trasversale risultano quindi pari a 2.60 m x 2.70 m. La lunghezza del monolite è di 14.80 m.

Scopo del presente documento tecnico è quello di illustrare, i criteri di calcolo e le verifiche della platea di varo e del muro reggispinga da realizzare per poter poi ingiggere il monolite.

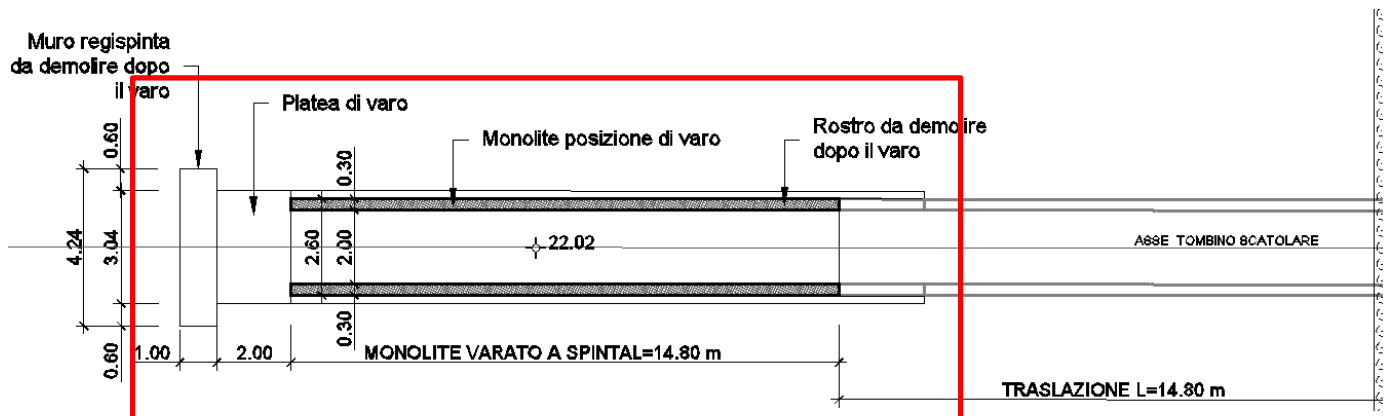


Figura 1 – Pianta tombino

## 1.2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La platea in c.a. ha dimensioni in pianta di 16.80 m x 3.04 m con spessore di 0.20 m e collegata al muro reggispinta che ha spessore del paramento di 1.00 m.

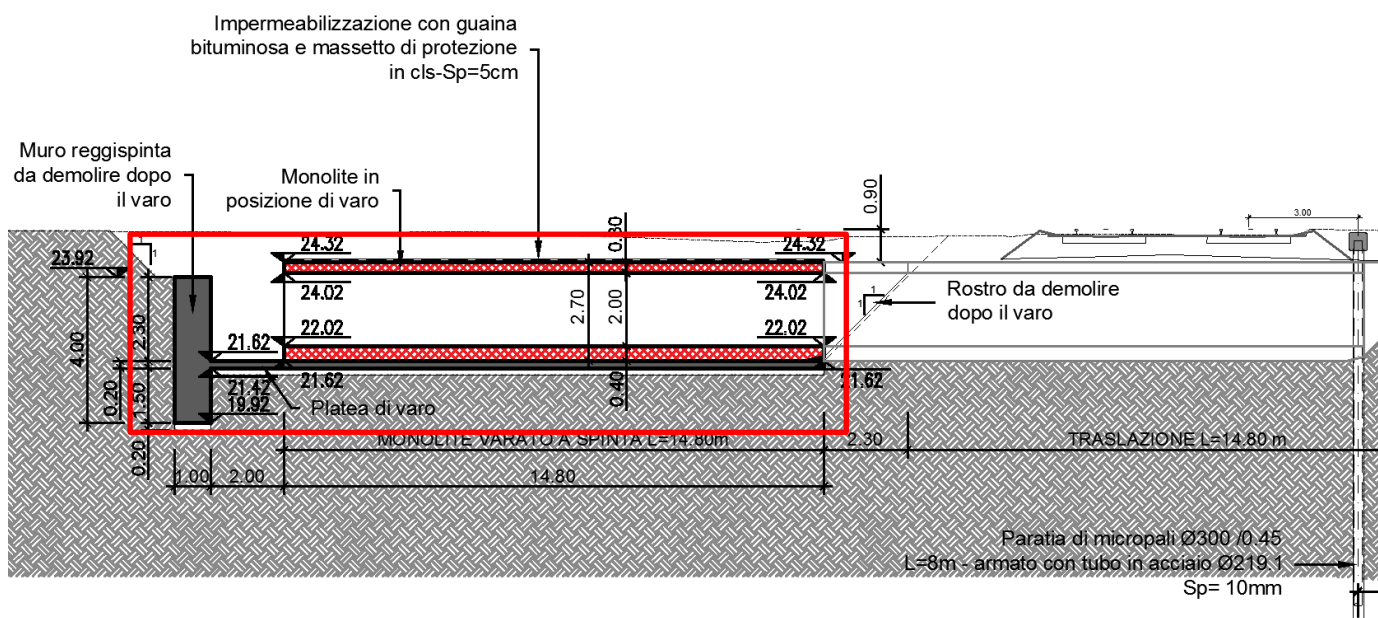


Figura 2 - Sezione longitudinale monolite in posizione di varo

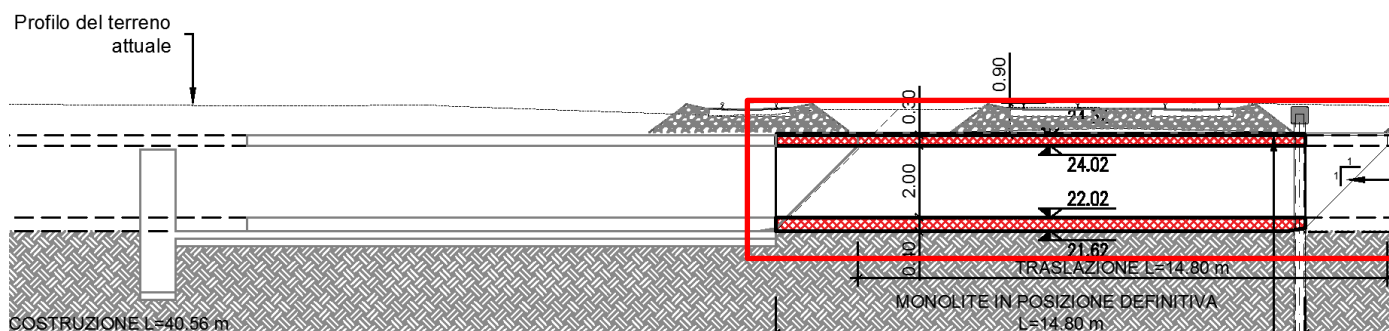


Figura 3 - Sezione longitudinale monolite a varo ultimato

## 2. PROGETTO OPERE DI VARO

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli volti alla progettazione del sottopasso nel rispetto della norma attualmente vigente NTC18.

### 2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normativa NTC18 attualmente vigente.. In particolare si è fatto riferimento:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| - L. n. 64 del 2/2/1974 -             | Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;                                      |
| - L. n. 1086 del 5/11/1971            | Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;  |
| - D.M. 17.01.2018                     | Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;   |
| - Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7     | Istruzione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018; |
| - RFI DTC INC PO SP IFS 001 A         | Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sottobinario;                |
| - RFI DTC INC CS SP IFS 001 A         | Specifiche per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;   |
| - EN 1992-1-1-1:2004                  | Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules of building;                               |
| - EN 1991-2-2003/AC:2010-1:2004       | Eurocode 1-Parte 2   |
| - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C          | Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - Sezione 2 Ponti e Strutture;                                    |
| - RFI DTC SI MA IFS 001 D             | Manuale di progettazione delle opere civili  |
| - RFI DTC SI SP IFS 001 C             | Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili;   |
| - EC08                                | Eurocode 8;  |
| - Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 |  |

novembre 2014 della Commissione  
 Europea

Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema  
 “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

## 2.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

Unità di misura principali

- N (Newton)                      unità di forza
- m (metro)                        unità di lunghezza
- kg (kilogrammo)                unità di massa
- s (secondo)                        unità di tempo

Unità di misura derivate da N     $10^3$  N

- (kiloNewton)

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

$\gamma$ (gamma)	peso dell’unità di volume	(kN/m <sup>3</sup> )	
$\sigma$ (sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )	
$\tau$ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm <sup>2</sup> )	
$\epsilon$ (epsilon)	deformazione	(m/m)	-
$\phi$ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)	

## 2.3. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

Calcestruzzo **C25/30** le cui caratteristiche principali sono:

- Resistenza cilindrica caratteristica:  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione semplice:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$ , dove:
- $\alpha_{cc} = 0.85$  e  $\gamma_m = 1.5$ ;

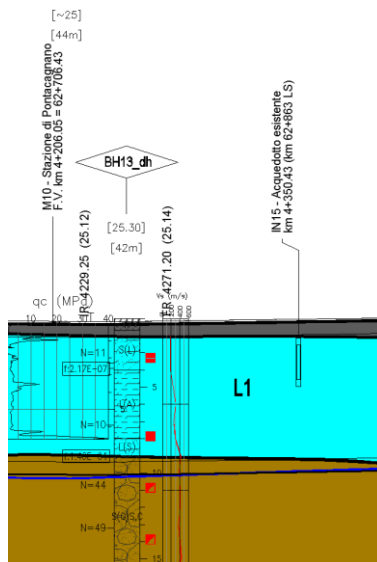
- $f_{cd} = 14,6 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice:  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$ , dove :
- $\gamma_m = 1.5$ ;
- $f_{ctd} = 1.35 \text{ N/mm}^2$ .
- Modulo elastico:  $E_c = 31475 \text{ N/mm}^2$ .
- Tolleranza di posa del copriferro = **10 mm**;
- Classe di esposizione **XA1**
- Copriferro = **40 mm**
- Condizioni ambientali: **aggressive**
- Apertura fessure limite: **w1 = 0.2 mm**

Acciaio da cemento armato normale **B450C** controllato in stabilimento. Le barre sono ad aderenza migliorata. Le caratteristiche meccaniche sono:

- Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 450 \text{ Nmm}^2$
- Resistenza di calcolo dell'acciaio:  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  dove:
- $\gamma_s = 1.15$
- $f_{yd} = 391 \text{ Nmm}^2$
- Allungamento **D1 > 12%**
- Modulo di elasticità:  **$E_s = 206000 \text{ Nmm}^2$**
- Sovrapposizioni barre  **$\geq 40\varphi$**

#### **2.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO**

Si riporta di seguito la stratigrafia in corrispondenza della zona di riferimento:



Per l'inquadramento geotecnico si fa riferimento alla relazione geotecnica, della quale si riportano i parametri geotecnici del terreno di fondazione, del rinterro e del rinfianco.

Lo strato significativo del profilo geotecnico è l'unità  
la cui descrizione nella relazione geotecnica è:

1) L1

Limo scarsa consistenza

Peso specifico terreno	$\gamma_t$	18.0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo d'attrito terreno	$\phi$	25.0 [°]	
coesione efficace terreno	$c'$	2.0 kN/m <sup>2</sup>	
coesione non drenata terreno	$c_u$	70.0 kN/m <sup>2</sup>	

I parametri geotecnici del rinterro e del terreno di rinfianco sono i seguenti:

Peso specifico rinterro	<b>FERROVIARIO</b>	$\gamma_t$	20.0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito rinterro		$\phi'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione rinterro		$c_u$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	
Peso specifico terreno di rinfianco		$\gamma_t$	20.0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito terreno di rinfianco		$\phi'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione terreno di rinfianco		$c_u$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	

#### FALDA

Quota falda dal p.c.	$q_w$	9.00 m
Peso specifico	$\gamma_w$	10.00 kN/m <sup>3</sup>

## 2.5. DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA

La struttura monolitica da infiggere viene gettata in opera al di sopra di una platea di varo armata.

L'infissione avviene tramite martinetti che contrastano su una parete, detta muro reggispinga, che a sua



volta scarica e ripartisce tale azione sul terreno retrostante.

Nella fase iniziale la distanza tra la soletta di fondazione del monolite e la parete reggispinga dovrà essere, ove possibile, di almeno 3.00 m per consentire l'alloggiamento dei martinetti e della trave di ripartizione.

### 2.5.1. CONDIZIONI DI CALCOLO

Le condizioni di spinta considerate sono:

- 1) Al momento della spinta iniziale (distacco del manufatto dalla platea di varo - fase 1);
- 2) Al momento della spinta massima (fine dell'infissione - fase 2).

Sia per le **verifiche geotecniche** che per le **verifiche strutturali** si è considerato l'approccio 2 con combinazione: A1+M1+R3.

### 2.5.2. DETERMINAZIONE DEI PESI E DELLE SPINTE

Per le analisi seguenti si fa riferimento alla seguente stratigrafia:

#### DATI GEOTECNICI

##### TERRENO 1 - Riemp. a tergo del muro

Spessore	$h_1$	5.00 m	
Peso specifico	$\gamma_{d1}$	20.00 kN/m <sup>3</sup>	
Angolo di attrito	$\Phi_1$	30 °	0.524 [rad]
Tangente angolo d'attrito	$\tan(\Phi_1)$	0.577 [-]	
Coesione drenata	$c_1$	0.00 kN/m <sup>2</sup>	
Coeff. di spinta a riposo	$k_{0,1}$	0.500 [-]	$(1 - \sin\theta)$
Coeff. di spinta passiva	$k_{p,1}$	3.00 [-]	$(1 + \sin\theta) / (1 - \sin\theta)$

##### TERRENO 2 - Terreno di fondazione

Peso specifico	$\gamma_t$	18 kN/m <sup>3</sup>	
Angolo di attrito	$\Phi$	25 °	0.436 [rad]
Tangente angolo di attrito	$\tan(\Phi)$	0.466 [-]	
Coesione dreanta	$c'$	2 kN/m <sup>2</sup>	

##### FALDA

Quota falda dal p.c.	$q_w$	9.00 m	
Peso specifico	$\gamma_w$	10.00 kN/m <sup>3</sup>	

Tra la struttura del monolite ed il piano di scorrimento viene interposto un foglio di polietilene cerato al fine di evitare fenomeni di adesione. Con tale accorgimento si può valutare prudenzialmente che il valore della spinta per cui il monolite inizia la traslazione sia circa pari al peso della struttura (ciò equivale a fissare un coefficiente di attrito di primo stacco pari all'unità).

L'attrito di scorrimento, dopo la fase di primo stacco, scende a valori inferiori.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche e il calcolo analitico dei pesi del monolite, della platea di varo e del muro reggispinta.

**CARATTERISTICHE DELL'OPERA**
**MONOLITE**

Lunghezza totale di spinta del monolite	Lsp	14.80 m	
Lunghezza totale dello scatolare	L	14.80 m	
Larghezza totale dello scatolare	Ltot	2.60 m	
Larghezza utile dello scatolare	Lint	2.00 m	
Altezza totale dello scatolare	Htot	2.70 m	
Altezza libera dello scatolare	Hint	2.00 m	
Spessore soletta superiore	Ss	0.30 m	
Spessore piedritti	Sp	0.30 m	
Numero piedritti	n	2.00 [-]	
Spessore soletta di fondazione	Sf	0.40 m	
Peso specifico calcestruzzo armato	$\gamma_{cls}$	25.00 kN/m <sup>3</sup>	
Peso totale soletta	Ps	288.60 kN	$\gamma_{cls} \times Ss \times Ls \times L_{tot}$
Peso totale piedritti	Pp	444.00 kN	$\gamma_{cls} \times Sp \times L \times Hint \times n$
Peso totale fondazione	Pf	384.80 kN	$\gamma_{cls} \times Sf \times Lsp \times L_{tot}$
<b>Peso scatolare finale</b>	<b>Pscat</b>	<b>1117 kN</b>	$Ps + Pp + Pf$
Lunghezza max muri avambecco	Lmuri	2.30 m	
Altezza muri avambecco	Hmuri	2.70 m	<i>A fav di sic si considerano alti quanto lo scatolare</i>
Spessore muri avambecco	Smuri	0.30 m	
Numero muri avambecco	n	2.00 [-]	
<b>Peso muri d'ala</b>	<b>Pmuri</b>	<b>52 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Smuri \times Lmuri \times Hmuri$
<b>Peso totale monolite</b>	<b>Pmon</b>	<b>1169 kN</b>	$Pscat + Pmon$

**PLATEA**

Lunghezza platea di varo	Lu,pv	16.8 m	
Larghezza platea di varo	La,pv	3.04 m	
Altezza platea di varo	Hpv	0.20 m	
<b>Peso platea di varo</b>	<b>Ppv</b>	<b>255 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Lu,pv \times La,pv \times Hpv$
Altezza cordoli	Hcc	0.20 m	
Larghezza cordoli	Lcc	0.20 m	
<b>Peso cordoli</b>	<b>Pcc</b>	<b>17 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Lu,pv \times Lcc \times Hcc$
<b>Peso totale platea di varo</b>	<b>Ppv,tot</b>	<b>272 kN</b>	$Ppv + Pcc$

**MURO REGGISPINTA**

Altezza totale muro reggispinta	Hms	4.00 m	
Altezza muro reggispinta sopra la platea	Hms2	2.30 m	
Spessore muro reggispinta	Sms	1.00 m	
Lunghezza muro reggispinta	Lms	4.24 m	

## 2.6. VERIFICA GEOTECNICA

Le verifiche geotecniche sono condotte utilizzando l'approccio 2 combinazione 1: A1+M1+R3.

### 2.6.1. SOLLECITAZIONI - SPINTA DEL MONOLITE

Una volta superata la platea di varo, la resistenza che si oppone allo scorrimento dovuto all'attrito alla base del manufatto vale  $P_{mon} \cdot \tan(\varphi)$ , valore ottenuto considerando come coefficiente d'attrito cls-terreno, la tangente dell'angolo d'attrito del terreno stesso.

Nella tabella che segue si riporta il calcolo analitico del peso del monolite nelle due fasi iniziali e finale.

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI

##### FASE INIZIALE

Peso totale monolite	$P_{mon}$	1169 kN	
Coefficiente di attrito in fase 1	$\tan(\Phi)$	1.00 [-]	
<b>Spinta di primo distacco</b>	<b><math>S_{in}</math></b>	<b>1169 kN</b>	$P_{mon} \times \phi$

##### FASE FINALE

##### Attrito alla base del monolite

Peso totale monolite	$P_{mon}$	1169 kN	
Sovraccarico su soletta inferiore	$q$	0.00 kN/m <sup>2</sup>	
Peso sovraccarico su soletta inferiore	$P_{ss}$	0.00 kN	$q \times L \times L_{int}$
Coeff. di attrito	$\tan(\Phi)$	0.466 [-]	
<b>Forza di attrito alla base del monolite</b>	<b><math>S_{fin}</math></b>	<b>545 kN</b>	$(P_{mon} + P_{ss}) \times \tan(\Phi)$

##### Attrito laterale

##### SPINTA A VUOTO

**NO**

Pressione asse soletta superiore	$P_1$	15.22 kN/m <sup>2</sup>	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Pressione asse soletta inferiore	$P_2$	35.97 kN/m <sup>2</sup>	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Spinta laterale terreno	$S_{plat}$	69 kN/m	$(P_1 + P_2) \times H_{tot} / 2$
Coeff. di attrito laterale	$\tan(\Phi')$	0.466 [-]	
Forza di attrito parete dx	$S_{lat,1}$	477 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
Forza di attrito parete sx	$S_{lat,2}$	477 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
<b>Forza di attrito pareti laterali</b>	<b><math>F_{attr}</math></b>	<b>954 kN</b>	$S_{lat,1} + S_{lat,2}$

##### FASE INIZIALE / FASE FINALE - Spinta totale di infissione

Spinta complessiva in FASE INIZIALE	$S_{T1}$	1169 kN	$S_{in}$
Spinta complessiva in FASE FINALE	$S_{T2}$	1499 kN	$S_{fin} + F_{attr}$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	$\gamma_f$	1.30 [-]	
<b>Spinta di progetto</b>	<b><math>S_{T,d}</math></b>	<b>1949 Kn</b>	$\max(S_{T1}; S_{T2}) \times \gamma_f$



LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO  
PROGETTO DEFINITIVO – INTERFERENZE VIARIE ED IDRAULICHE

IN16 km 0+667  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinga

COMMESSA  
NN1X

LOTTO  
10 D 78

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
IN.16.0.0.002

REV.  
A

FOGLIO  
11 di 21

### 2.6.2. SPINTA PASSIVA

Il calcolo della spinta passiva opposta dal terreno a tergo del muro reggispinga viene effettuato considerando le caratteristiche di resistenza del terreno di riempimento.

Nella tabella seguente si riporta il calcolo della resistenza passiva del terreno.

#### CALCOLO DELLA RESISTENZA

##### RESISTENZA PASSIVA

Il calcolo della spinta passiva opposta dal terreno a tergo del muro reggispinga viene effettuato considerando le caratteristiche di resistenza del terreno di riempimento.

Nella tabella seguente si riporta il calcolo della resistenza passiva del terreno

Sovraccarico terreno	q	0 kN/mq	
Tensione verticale estradosso murc <b>z=0.00</b>	$\sigma'_{v,3}$	0 kN/mq	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensione verticale intradosso murc <b>z=4.00</b>	$\sigma'_{v,4}$	80 kN/mq	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Press. dovuta alla spinta pass. in testa al muro	$\sigma'_{p1}$	0 kN/mq	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Press. dovuta alla spinta pass. alla base del muro	$\sigma'_{p2}$	240 kN/mq	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
<b>Spinta passiva resistente</b>	<b><math>R_{p,max}</math></b>	<b>2035 kN</b>	

### 2.6.3. RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO

Il contributo di resistenza allo scorrimento, offerto dalla platea di varo, si valuta come segue:

#### RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO

Il contributo di resistenza allo scorrimento, offerto dalla platea di varo, si valuta come segue:

##### FASE INIZIALE

Peso monolite	Pmon	1169 kN	
Peso platea di varo	Ppv	272 kN	
Coefficiente di attrito	$\tan(\Phi)$	0.466 [-]	
<b>Contrib. alla resist. platea varo+monolite</b>	<b><math>R_{mon+pv,in}</math></b>	<b>672 kN</b>	$(P_{mon} + P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

##### FASE FINALE

Peso platea di varo	Ppv	272 kN	
Coefficiente di attrito	$\tan(\Phi)$	0.466 [-]	
<b>Contrib. alla resist. platea varo</b>	<b><math>R_{pv,fin}</math></b>	<b>127 kN</b>	$(P_{mon} + P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

#### 2.6.4. CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA

I valori risultanti dalle forze di reazione su cui si può fare affidamento nelle due fasi per vincere le resistenze per attrito e far muovere il monolite e i corrispondenti coefficienti di sicurezza CS valgono:

##### CALCOLO COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Spinta complessiva FASE INIZIALE	$S_{T1}$	1520 kN	
Spinta complessiva FASE FINALE	$S_{T2}$	1949 kN	
Contrib. platea di varo+monolite FASE INIZIALE	$R_{pv+mon}$	672 kN	
Contrib. platea di varo FASE FINALE	$R_{pv}$	127 kN	
Resist. pass. FASE INIZIALE+FASE FINALE	$R_{p,max}$	2035 kN	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{R1}$	1.1	
<b>VERIFICA FASE INIZIALE</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.78 &gt; 1.1</b>	<b>OK</b>
<b>VERIFICA FASE FINALE</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.11 &gt; 1.1</b>	<b>OK</b>

La spinta resistente che può essere mobilitata è MAGGIORE della spinta necessaria all'infissione del manufatto per entrambe le fasi.

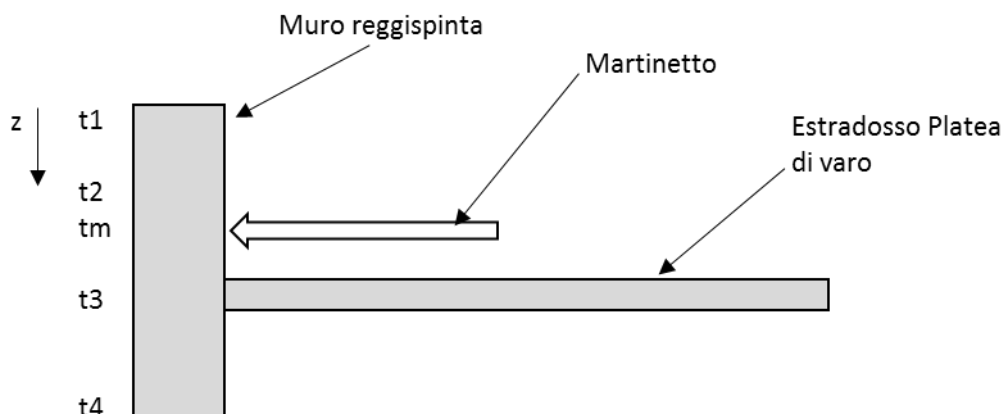
## 2.7. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali nei confronti dello SLU sono condotte utilizzando l'approccio 1 combinazione 1: A1+M1+R1.

### 2.7.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA

Il procedimento utilizzato per il calcolo delle spinte è lo stesso già mostrato nei paragrafi precedenti, utilizzando i valori caratteristici dei parametri di resistenza dei terreni M1.

Si riportano i calcoli:



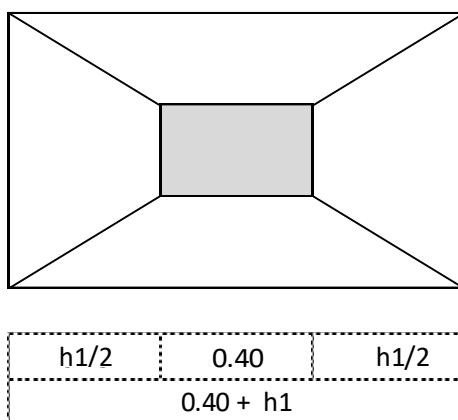
t1= in testa al muro reggispinta  
 t2= in corrispondenza del martinetto  
 tm=interasse martinetto  
 t3= in corrispondenza della platea di v  
 t4= alla base del muro reggispinta

	$\sigma'v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'p$ [kN/m <sup>2</sup> ]	z [m]
<b>t1</b>	0	0.0	0.00
<b>t2</b>	38	114.0	1.90
<b>tm</b>	42	126.0	2.10
<b>t3</b>	50	150.0	2.50
<b>t4</b>	80	240.0	4.00

### 2.7.1.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI

Si considera la spinta passiva agente in corrispondenza del martinetto e si distribuisce su una fascia di carico pari alle dimensioni della piastra del martinetto, di 0.40x0.40 m, più la distribuzione del carico stesso a 45° nello spessore del muro reggispinta, pari a 1.00 m.

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI



Il calcolo delle armature orizzontali è stato svolto considerando il comportamento del muro reggispinta come una mensola, la cui lunghezza è pari alla distanza tra la fine della fascia di distribuzione del carico sopra descitta e l'estremità laterale del muro stesso.

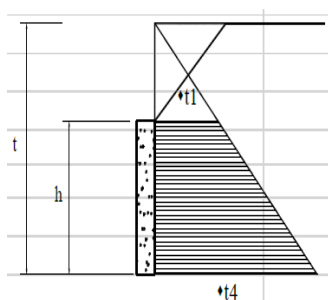
Si riportano i calcoli effettuati:

Larghezza piastra martinetto	Lm	0.40 m	
Altezza piastra martinetto	Hm	0.40 m	
Interasse martinetti	im	1.50 m	
Fascia di diffusione martinetto	fa	1.40 m	
Sbalzo di calcolo	l	0.67 m	$(L_{ms}/2) - (fa/2)$
Carico distribuito dovuto alla spinta	qp	460 kN/m	$S_{T,d} / L_{ms}$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	$\gamma_{SLU}$	1.3 [-]	
<b>Momento ultimo agente sul muro reggispinta</b>	<b>Mslu</b>	<b>103 kNm</b>	$\gamma_{SLU} \times \sigma'p \times fa \times l^2 / 2$
<b>Taglio ultimo agente sul muro reggispinta</b>	<b>Vslu</b>	<b>308 kN</b>	$\gamma_{SLU} \times \sigma'p \times fa \times l$
<b>Momento in esercizio sul muro reggispinta</b>	<b>Msle</b>	<b>79 kNm</b>	$\sigma'p \times fa \times l^2 / 2$



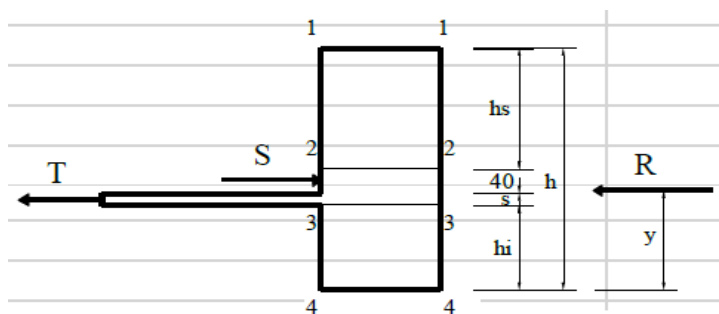
### 2.7.1.2. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI

Per il calcolo dell'armatura verticale si assume la configurazione seguente:



Al fine di valutare le sollecitazioni nelle sezioni critiche della parete di spinta si fa riferimento al seguente schema di calcolo. Di seguito si valutano il valor medio della reazione del terreno, le pressioni in testa e al piede del muro e il momento di verifica nella sezione 2 e 3. Le verifiche saranno condotte considerando, quindi, le sollecitazioni al metro lineare di muro. Si riportano le formule utilizzate nella verifica:

$$Ry + T (hi + s/2) - S (hi + s + 0.40) = 0$$



$$R \cdot y = \left[ \frac{1}{2} \cdot \sigma_{t1} \cdot h^2 + \frac{1}{6} \cdot (\sigma_{t4} - \sigma_{t1}) \cdot h^2 \right] \cdot b$$

Spessore soletta	Hp <sub>v</sub>	0.20 m	
Altezza muro reggispinta	H <sub>m<sub>s</sub></sub>	4.00 m	
Distanza testa muro-filo piastra martinetto	h <sub>s</sub>	1.90 m	$H_{m2} - s_2$
Distanza base muro-intradosso platea di varo	h <sub>i</sub>	1.50 m	$H - h_i - s - s_2$

**VALORI TENSIONALI**

Tensioni verticali in testa al muro	<b>z=0.0</b>	$\sigma'_{v,t1}$	0	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (\xi-qw)] * Kp$
Tensioni in testa al muro		$\sigma_{p,t1}$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'v+q)$
Tensioni verticali alla base del mur	<b>z=4.0</b>	$\sigma'_{v,t4}$	80	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (\xi-qw)] * Kp$
Tensioni alla base del muro		$\sigma_{p,t4}$	240.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'v+q)$
Tensioni verticali sez.2	<b>z=1.9</b>	$\sigma'_{v,t2}$	38	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (\xi-qw)] * Kp$
Tensioni sez.2		$\sigma_{p,t2}$	114.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'v+q)$
Tensioni verticali sez.3	<b>z=2.5</b>	$\sigma'_{v,t3}$	50	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (\xi-qw)] * Kp$
Tensioni sez.3		$\sigma_{p,t3}$	150.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'v+q)$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi		$\gamma_q$	1.3 [-]	

**SEZIONE 2**

Momento ultimo di calcolo agente	$M_{slu2}$	89.17 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times b_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times b_s^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	$V_{slu2}$	140.79 kN/m	$\sigma_{t1} \times b_s + 1/2 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times b_s$
Momento di esercizio agente	$M_{sle2}$	68.59 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times b_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times b_s^2$

**SEZIONE 3**

Momento ultimo di calcolo agente	$M_{slu3}$	567.57 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times b_i^2 + 1/3 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times b_i^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	$V_{slu3}$	483.21 kN/m	$\sigma_{t3} \times b_i + 1/2 \times (\sigma_{t3} - \sigma_{t3}) \times b_i$
Momento di esercizio agente	$M_{sle3}$	436.59 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times b_i^2 + 1/6 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times b_i^2$

**2.7.1.3. VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA**

Si riportano una tabella riassuntiva delle caratteristiche geometriche della sezione di calcolo, le armature e le verifiche allo SLU e allo SLE:

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MURO REGGISPINTA**
**ARMATURA VERTICALE**

Armatura principale esterna	<b>F20 /100</b>	3142 mm <sup>2</sup>
Armatura principale interna	<b>F20 /100</b>	3142 mm <sup>2</sup>
Armatura a taglio	<b>F10 /200</b>	<b>2 braccia</b>
Copriferro armatura sup. compressa	$c'$	66 mm
Copriferro armatura inf. Tesa	$c$	66 mm

**Sollecitazioni di calcolo**

Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] - SLU	Ned	0 kN
Momento flettente di calcolo [(+)] - SLU	Med	568 kNm
Taglio di calcolo [(+)] - SLU	Ved	483 kN
Momento flettente di calcolo [(+)] - SLE RARA	Med	437 kNm

IN16 km 0+667  
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggisplinta

 COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 NN1X 10 D 78 CL IN.16.0.0.002 A 18 di 21

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	1097 kNm	52%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	289 kN	167%
Taglio ultimo resistente	Vrd	517 kN	94%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	5 kNm	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-37 Mpa	10%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	161 Mpa	45%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-3 Mpa	23%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	472 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.20 mm	98%

Coeff.Sfrutt.Max 98%

OK

**ARMATURA ORIZZONTALE**

Armatura principale esterna	F16 /200	1407 mm <sup>2</sup>
Armatura principale interna	F16 /200	1407 mm <sup>2</sup>
Armatura a taglio	F10 /200	2 braccia
Copriferro armatura sup. compressa		50 mm
Copriferro armatura inf. Tesa		50 mm

**Sollecitazioni di calcolo**

Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] - SLU	Ned	0 kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLU	Med	103 kNm
Taglio di calcolo [(+) - SLU	Ved	308 kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLE RARA	Med	79 kNm

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	518 kNm	20%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	410 kN	75%
Taglio ultimo resistente	Vrd	526 kN	59%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	7 kNm	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-7 Mpa	2%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	63 Mpa	17%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-1 Mpa	5%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	619 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.09 mm	46%

59%

OK



LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO  
PROGETTO DEFINITIVO – INTERFERENZE VIARIE ED IDRAULICHE

IN16 km 0+667  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
NN1X 10 D 78 CL IN.16.0.0.002 A 19 di 21

### Riepilogo armature muro reggispinta:

Elemento strutturale	Armatura Verticale	Armatura Orizzontale	Armatura a taglio
Sezione Sp.=100cm	$\Phi$ 20/10 sup. e inf.	$\Phi$ 16/20 sup. e inf.	$\Phi$ 10/200/500

### ***2.7.2. VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO***

Il calcolo della platea di varo è effettuato nell'ipotesi che l'armatura longitudinale nella stessa sia in grado di assorbire l'azione di attrito trasmessa dal monolite in fase di spinta.

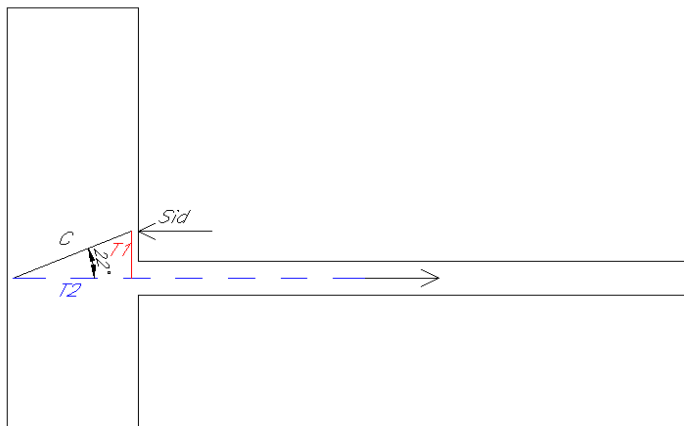
In direzione trasversale si dispone in soletta armatura di ripartizione sia all'estradosso che all'intradosso della soletta pari a circa il 25% dell'armatura longitudinale principale.

Lo sforzo di trazione agente sulla platea di varo varia linearmente dal valore massimo calcolato nella sezione di attacco al muro reggispinta sino al valore nullo all'estremità opposta.

La platea di varo è soggetta ad azioni taglianti trascurabili, pertanto la relativa verifica a taglio viene omessa.

L'azione di spinta applicata dai martinetti  $S_{ED,T2}$  e la corrispettiva azione di tiro impressa dalla soletta di varo  $N_{EK,T2}$  vengono riportati nella tabella nella pagina successiva.

Il muro reggispinta è quindi sottoposto ad un regime di sforzi le cui risultanti di trazione e compressione si esplicano come in figura a seguire:



Il corrente teso inferiore (T2) sottopone a trazione le barre di armatura della soletta di varo.

Si riporta la verifica delle armature longitudinali e trasversali della platea di varo:

#### **CALCOLO DELLA FORZA DI TRAZIONE**

Sforzo di trazione agente sulla platea al metro	$S_{Ek,T2}$	384.6 kN/m
Forza di trazione agente nella soletta di varo	$N_{Ek,T2}$	1169.2 kN
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	$\gamma_{SLU}$	1.5 [-]
Sforzo assiale di progetto	$S_{Ed,T2}$	<b>576.9</b> kN/m

#### **ARMATURA LONGITUDINALE**

Resistenza caratteristica dell'acciaio d'armatura	$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	1.15 [-]
Resistenza di progetto dell'acciaio d'armatura	$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>
Diametro armatura longitudinale	$\phi_{long}$	16 [-]
Passo barre armatura longitudinale	$p_1$	200 mm
Numero strati armature	$n$	2 [-]
Numero barre in direzione longitudinale	$n_1$	10 [-]
Area minima di armatura resistente necessaria	$A_{s,min}$	1474.3 mm <sup>2</sup> /m
Area totale di armatura longitudinale	$A_{s,eff}$	2010.6 mm <sup>2</sup> /m
<b>Coefficiente di sicurezza</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.36</b> [-] <b>OK</b>

#### **ARMATURA TRASVERSALE**

Resistenza caratteristica dell'acciaio d'armatura	$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	1.15 [-]
Resistenza di progetto dell'acciaio d'armatura	$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>
Diametro armatura longitudinale	$\phi_{long}$	12 [-]
Passo barre armatura longitudinale	$p_2$	400 mm
Numero strati armature	$n$	2 [-]
Numero barre in direzione longitudinale	$n_2$	5 [-]
Area minima di armatura resistente necessaria	$A_{s,min}$	502.7 mm <sup>2</sup> /m
Area totale di armatura trasversale	$A_{s,eff}$	565.5 mm <sup>2</sup> /m
<b>Coefficiente di sicurezza</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.1</b> [-] <b>OK</b>



LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO  
PROGETTO DEFINITIVO – INTERFERENZE VIARIE ED IDRAULICHE

IN16 km 0+667  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinga

COMMESSA  
NN1X

LOTTO  
10 D 78

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
IN.16.0.0.002

REV.  
A

FOGLIO  
21 di 21

**Riepilogo armature platea di varo:**

<b>Elemento strutturale</b>	<b>Armatura Longitudinale</b>	<b>Armatura Trasversale</b>	<b>Armatura a taglio</b>
Sezione Sp.=20cm	Φ16/20 sup. e inf.	Φ 12/40 sup. e inf.	-