

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. INFRASTRUTTURE SUD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

INTERFERENZE VIARIE ED IDRAULICHE

Elaborati Generali

Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta: Tombino doppia canna 5.00x2.50m

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL IN0000 011 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Ott-2020	G.Romano	Ott-2020	M.D'Avino	Ott-2020	D.Tiberti Gen-2021
B	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Gen-2021	G.Romano	Gen-2021	M.D'Avino	Gen-2021	ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Generale UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Paolo Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 1017/8

NN1X.0.0.D.78.CL.IN.00.0.0.011.B

n. Elab.:

## INDICE

1.	OPERE DI VARO .....	3
1.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA E DATI DI INPUT .....	3
1.2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2.	PROGETTO OPERE DI VARO.....	5
2.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
2.2.	UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	6
2.3.	MATERIALI .....	6
2.4.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	7
2.5.	DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA.....	8
2.5.1.	<i>CONDIZIONI DI CALCOLO</i> .....	9
2.5.2.	<i>DETERMINAZIONE DEI PESI E DELLE SPINTE</i> .....	9
2.6.	VERIFICA GEOTECNICA .....	11
2.6.1.	<i>SOLLECITAZIONI - SPINTA DEL MONOLITE</i> .....	11
2.6.2.	<i>SPINTA PASSIVA</i> .....	13
2.6.3.	<i>RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO</i> .....	13
2.6.4.	<i>CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA</i> .....	14
2.7.	VERIFICHE STRUTTURALI .....	15
2.7.1.	<i>SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA</i> .....	15
2.7.1.1.	<i>SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI</i> .....	16
2.7.1.2.	<i>SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI</i> .....	17
2.7.1.3.	<i>VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA</i> .....	18
2.7.2.	<i>VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO</i> .....	20
2.8.	INCIDENZA ARMATURE .....	22

Elaborati generali  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.011	B	3 di 22

## 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 oleodinamica.

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 reggispinta, per garantire la necessaria azione di contrasto dei manufatti durante le fasi di spinta.

Il monolite presenta una sezione trasversale di dimensioni interne nette Lint x Hint pari a 5.00 m x 2.50 m, con solette superiore e pareti laterali di spessore 0,60 e fondazione di 0.70 m. Le dimensioni esterne della sezione trasversale risultano quindi pari a 6.20 m x 3.80 m. La lunghezza del monolite è di 8.50 m.

Tale relazione può supporre valida anche per il calcolo e il dimensionamento del tombino IN22 che ha la medesima configurazione dell'opera in oggetto.

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

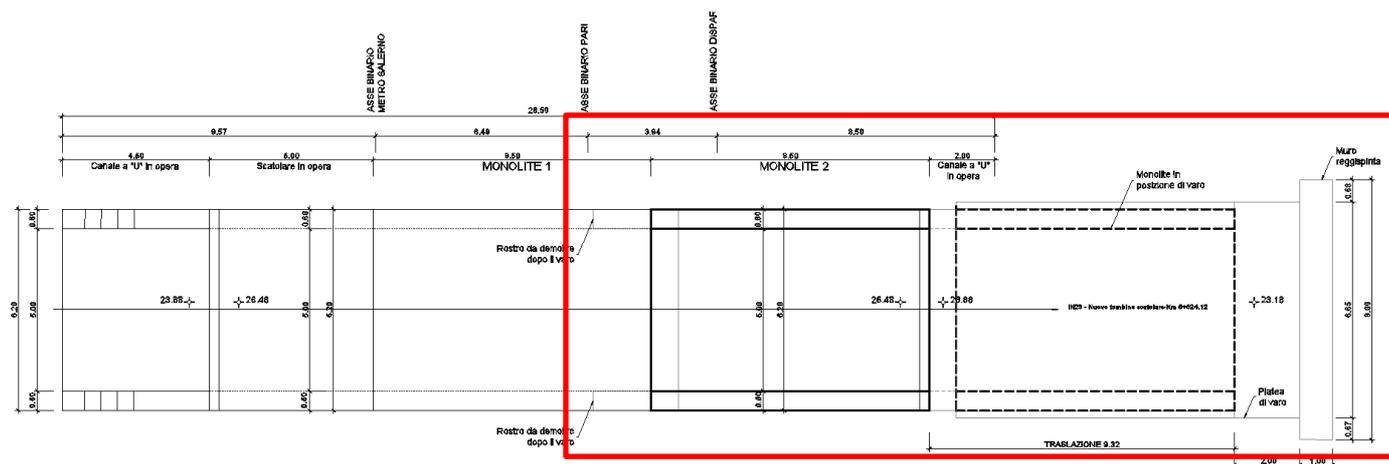


Figura 1 – Pianta tombino

## 1.2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La platea in c.a. ha dimensioni in pianta di 10.50 m x 6.65 m con spessore di 0.20 m e collegata al muro reggispinta che ha spessore del paramento di 1.00 m.

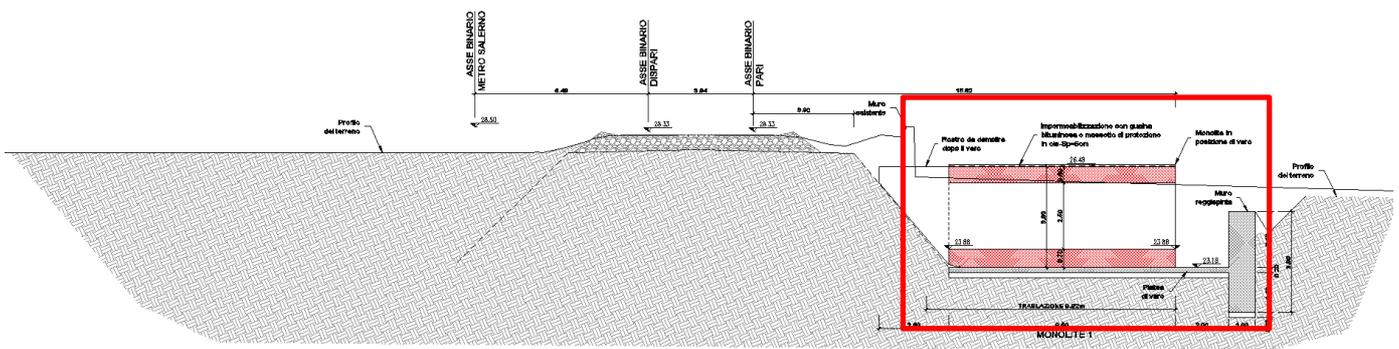


Figura 2 - Sezione longitudinale monolite in posizione di varo

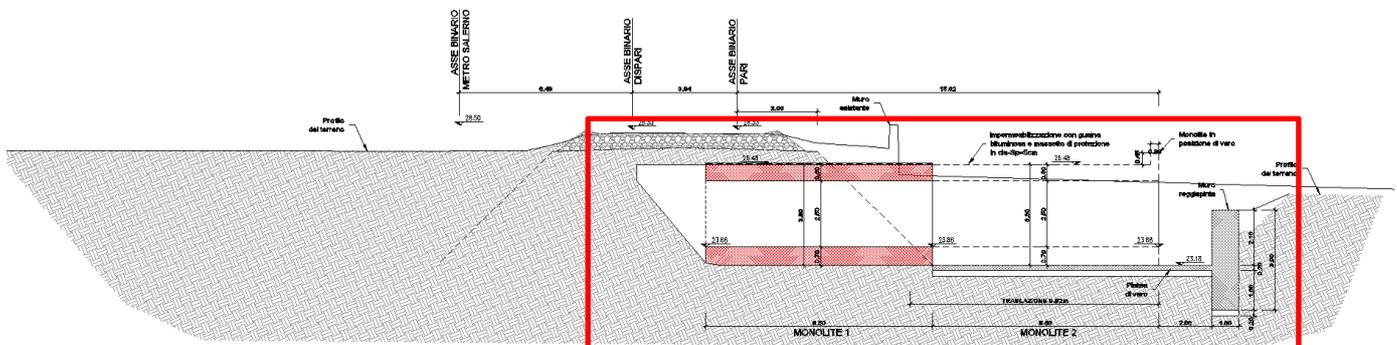


Figura 3 - Sezione longitudinale monolite a varo ultimato

## 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 Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sottobinario;
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica 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

Elaborati generali  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 6 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	-------------------

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<sup>3</sup> 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> )	
$\varepsilon$ (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  $\gamma_m = 1.5$ ;

Elaborati generali

Relazione di calcolo platea di varo e muro reggi spinta:  
Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA  
NN1

LOTTO  
0 0 D 78

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
IN.00.0.0.011

REV.  
B

FOGLIO  
7 di 22

- $f_{cd} = 14,6 \text{ N/mm}^2$
- 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:



Elaborati generali  
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggisplinta:  
 Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 9 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	-------------------

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 reggisplinta, 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 reggisplinta 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 - Rimp. 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	$\Phi$	26 °	0.454 [rad]
Tangente angolo di attrito	$\tan(\Phi)$	0.488 [-]	
Coesione dreanta	$c'$	5 kN/m <sup>2</sup>	

##### FALDA

Quota falda dal p.c.	$q_w$	4.64 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

Elaborati generali  
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 10 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

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	9.32 m	
Lunghezza totale dello scatolare	L	8.50 m	
Larghezza totale dello scatolare	Ltot	6.20 m	
Larghezza utile dello scatolare	Lint	5.00 m	
Altezza totale dello scatolare	Htot	3.80 m	
Altezza libera dello scatolare	Hint	2.50 m	
Spessore soletta superiore	Ss	0.60 m	
Spessore piedritti	Sp	0.60 m	
Numero piedritti	n	2.00 [-]	
Spessore soletta di fondazione	Sf	0.70 m	
Peso specifico calcestruzzo armato	$\gamma_{cls}$	25.00 kN/m <sup>3</sup>	
Peso totale soletta	Ps	790.50 kN	$\gamma_{cls} \times Ss \times Ls \times Ltot$
Peso totale piedritti	Pp	637.50 kN	$\gamma_{cls} \times Sp \times L \times Hint \times n$
Peso totale fondazione	Pf	922.25 kN	$\gamma_{cls} \times Sf \times Lsp \times Ltot$
<b>Peso scatolare finale</b>	<b>Pscat</b>	<b>2350 kN</b>	$Ps + Pp + Pf$
Lunghezza max muri avambecco	Lmuri	2.60 m	
Altezza muri avambecco	Hmuri	3.80 m	<i>A fav di sic si considerano alti quanto lo scatolare</i>
Spessore muri avambecco	Smuri	0.60 m	
Numero muri avambecco	n	2.00 [-]	
<b>Peso muri d'ala</b>	<b>Pmuri</b>	<b>172 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Smuri \times Lmuri \times Hmuri$
<b>Peso totale monolite</b>	<b>Pmon</b>	<b>2522 kN</b>	$Pscat + Pmon$

#### PLATEA

Lunghezza platea di varo	Lu,pv	10.5 m	
Larghezza platea di varo	La,pv	6.65 m	
Altezza platea di varo	Hpv	0.20 m	
<b>Peso platea di varo</b>	<b>Ppv</b>	<b>349 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>11 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Lu,pv \times Lcc \times Hcc$
<b>Peso totale platea di varo</b>	<b>Ppv,tot</b>	<b>360 kN</b>	$Ppv + Pcc$

#### MURO REGGISPINTA

Altezza totale muro reggispinta	Hms	3.90 m	
Altezza muro reggispinta sopra la platea	Hms2	2.10 m	
Spessore muro reggispinta	Sms	1.00 m	
Lunghezza muro reggispinta	Lms	8.00 m	

Elaborati generali  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.011	B	11 di 22

## **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  $P_{mon} * \tan(\varphi)$ , valore ottenuto considerando come coefficiente d'attrito  $c_{s-terreno}$ , 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.

Elaborati generali  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 12 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

## CALCOLO SOLLECITAZIONI

### FASE INIZIALE

Peso totale monolite	P <sub>mon</sub>	2522 kN	
Coefficiente di attrito in fase 1	tan(Φ)	1.00 [-]	
<b>Spinta di primo distacco</b>	<b>S<sub>in</sub></b>	<b>2522 kN</b>	$P_{mon} \times \phi$

### FASE FINALE

#### Attrito alla base del monolite

Peso totale monolite	P <sub>mon</sub>	2522 kN	
Sovraccarico su soletta inferiore	q	0.00 kN/m <sup>2</sup>	
Peso sovraccarico su soletta inferiore	P <sub>ss</sub>	0.00 kN	$q \times L \times L_{int}$
Coeff. di attrito	tan(Φ)	0.488 [-]	
<b>Forza di attrito alla base del monolite</b>	<b>S<sub>fin</sub></b>	<b>1230 kN</b>	$(P_{mon} + P_{ss}) \times \tan(\Phi)$

#### Attrito laterale

#### SPINTA A VUOTO

**NO**

Pressione asse soletta superiore	P1	13.51 kN/m <sup>2</sup>	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Pressione asse soletta inferiore	P2	68.54 kN/m <sup>2</sup>	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Spinta laterale terreno	S <sub>plat</sub>	156 kN/m	$(P1 + P2) \times H_{tot} / 2$
Coeff. di attrito laterale	tan(Φ')	0.488 [-]	
Forza di attrito parete dx	S <sub>lat,1</sub>	709 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
Forza di attrito parete sx	S <sub>lat,2</sub>	709 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
<b>Forza di attrito pareti laterali</b>	<b>F<sub>attr</sub></b>	<b>1417 kN</b>	$S_{lat,1} + S_{lat,2}$

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

Spinta complessiva in FASE INIZIALE	S <sub>T1</sub>	2522 kN	S <sub>in</sub>
Spinta complessiva in FASE FINALE	S <sub>T2</sub>	2647 kN	S <sub>fin</sub> +F <sub>attr</sub>
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	γ <sub>f</sub>	1.30 [-]	
<b>Spinta di progetto</b>	<b>S<sub>T,d</sub></b>	<b>3442 kN</b>	$(S_{T1} + S_{T2}) \times \gamma_f$

### 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=3.90</b>	$\sigma'_{v,4}$	78 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		$\sigma'_{p2}$	234 kN/mq	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
<b>Spinta passiva resistente</b>		<b>R<sub>p,max</sub></b>	<b>3650 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	P <sub>mon</sub>	2522 kN	
Peso platea di varo	P <sub>pv</sub>	360 kN	
Coefficiente di attrito	tan(Φ)	0.488 [-]	
<b>Contrib. alla resist. platea varo+monolite</b>	<b>R<sub>mon+pv,in</sub></b>	<b>1405 kN</b>	$(P_{mon} + P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

##### FASE FINALE

Peso platea di varo	P <sub>pv</sub>	360 kN	
Coefficiente di attrito	tan(Φ)	0.488 [-]	
<b>Contrib. alla resist. platea varo</b>	<b>R<sub>pv,fin</sub></b>	<b>175 kN</b>	$(P_{mon} + P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

Elaborati generali  
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 14 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

### 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	$S_{T1}$	3278 kN	
Spinta complessiva FASE FINALE	$S_{T2}$	3442 kN	
Contrib. platea di varo+monolite FASE INIZIALE $R_{pv+mon}$		1405 kN	
Contrib. platea di varo FASE FINALE	$R_{pv}$	175 kN	
Resist. pass. FASE INIZIALE+FASE FINALE	$R_{p,max}$	3650 kN	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{R1}$	1.1	
<b>VERIFICA FASE INIZIALE</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.54 &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.

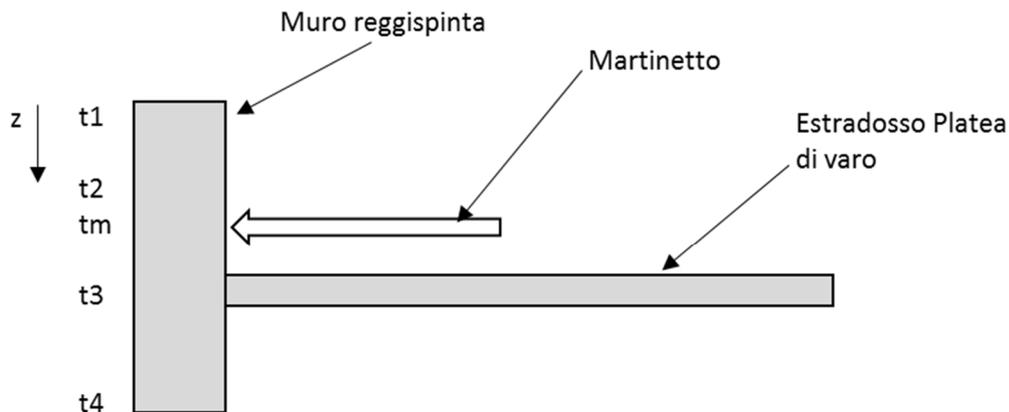
## 2.7. VERIFICHE STRUTTURALI

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:



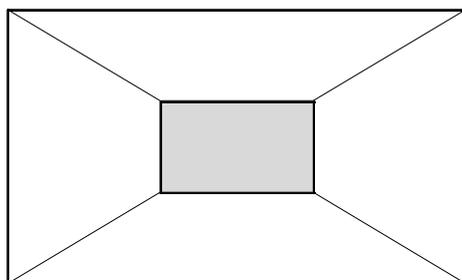
t1= in testa al muro reggispinta  
t2= in corrispondenza del martinetto  
tm=interasse martinetto  
t3= in corrispondenza della platea di v  
t4= alla base del muro reggispinta

	$\sigma'_v$ [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>	34	102.0	1.70
<b>tm</b>	38	114.0	1.90
<b>t3</b>	46	138.0	2.30
<b>t4</b>	78	234.0	3.90

### 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



h1/2	0.40	h1/2
0.40 + h1		

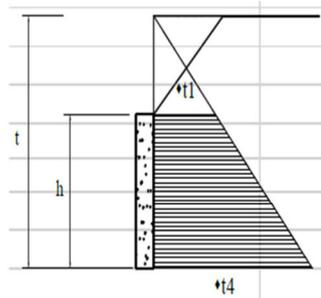
Il calcolo delle armature orizzontali è stato svolto considerando il comportamento del muro reggispinta come una mensola, la cui lunghezza è pari alla distanza tra la fine della fascia di distribuzione del carico sopra descitta e l'estremità laterale del muro stesso.

Si riportano i calcoli effettuati:

Larghezza piastra martinetto	Lm	0.40 m	
Altezza piastra martinetto	Hm	0.40 m	
Interasse martinetti	im	4.00 m	
Fascia di diffusione martinetto	fa	1.40 m	
Sbalzo di calcolo	l	1.30 m	$(L_{ms}/2) - (fa/2)$
Carico distribuito dovuto alla spinta	qp	430 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>364 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>559 kN</b>	$\gamma_{SLU} \times \sigma'_p \times fa \times l$
<b>Momento in esercizio sul muro reggispinta</b>	<b>Msle</b>	<b>280 kNm</b>	$\sigma'_p \times fa \times l^2 / 2$

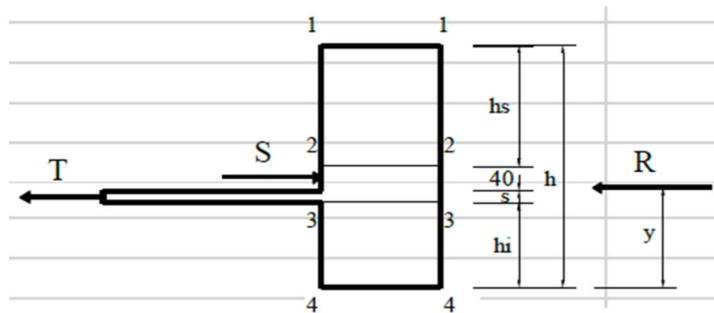
### 2.7.1.2. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI

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	Hpv	0.20 m	
Altezza muro reggispinta	Hms	3.90 m	
Distanza testa muro-filo piastra martinetto	hs	1.70 m	$H_{m2} - s_2$
Distanza base muro-intradosso platea di varo	hi	1.60 m	$H - b_j - s - s_2$

Elaborati generali  
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 18 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

**VALORI TENSIONALI**

Tensioni verticali in testa al muro	<b>z=0.0</b>	$\sigma'_{v,t1}$	0	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni in testa al muro		$\sigma_{p,t1}$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times e' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali alla base del mur	<b>z=3.9</b>	$\sigma'_{v,t4}$	78	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni alla base del muro		$\sigma_{p,t4}$	234.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times e' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali sez.2	<b>z=1.7</b>	$\sigma'_{v,t2}$	34	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni sez.2		$\sigma_{p,t2}$	102.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times e' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali sez.3	<b>z=2.3</b>	$\sigma'_{v,t3}$	46	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni sez.3		$\sigma_{p,t3}$	138.0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times e' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi		$\gamma_q$	1.3 [-]	

**SEZIONE 2**

Momento ultimo di calcolo agente	$M_{slu2}$	<b>63.87</b> kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times h_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times h_s^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	$V_{slu2}$	<b>112.71</b> kN/m	$\sigma_{t1} \times h_s + 1/2 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times h_s$
Momento di esercizio agente	$M_{sle2}$	<b>49.13</b> kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times h_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times h_s^2$

**SEZIONE 3**

Momento ultimo di calcolo agente	$M_{slu3}$	<b>597.74</b> kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times h_i^2 + 1/3 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times h_i^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	$V_{slu3}$	<b>480.48</b> kN/m	$\sigma_{t3} \times h_i + 1/2 \times (\sigma_{t3} - \sigma_{t3}) \times h_i$
Momento di esercizio agente	$M_{sle3}$	<b>459.80</b> kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times h_i^2 + 1/6 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times h_i^2$

**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>F22 /100</b>	3801 mm <sup>2</sup>
Armatura principale interna	<b>F22 /100</b>	3801 mm <sup>2</sup>
Armatura a taglio	<b>F10 /200</b>	<b>2 braccia</b>
Copriferro armatura sup. compressa	c'	69 mm
Copriferro armatura inf. Tesa	c	69 mm

**Sollecitazioni di calcolo**

Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] - SLU	Ned	<b>0</b> kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLU	Med	<b>598</b> kNm
Taglio di calcolo [(+) - SLU	Ved	<b>480</b> kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLE RARA	Med	<b>460</b> kNm

Elaborati generali  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 19 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	1315 kNm	45%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	288 kN	167%
Taglio ultimo resistente	Vrd	644 kN	75%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	6 kNm	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-36 Mpa	10%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	142 Mpa	39%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-3 Mpa	22%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	481 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.17 mm	86%

Coeff.Sfrutt.Max 86%

OK

**ARMATURA ORIZZONTALE**

Armatura principale esterna	F16 /100	2815 mm <sup>2</sup>
Armatura principale interna	F16 /100	2815 mm <sup>2</sup>
Armatura a taglio	F10 /200	2 braccia
Copriferro armatura sup. compressa		40 mm
Copriferro armatura inf. Tesa		40 mm

**Sollecitazioni di calcolo**

Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] - SLU	Ned	0 kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLU	Med	364 kNm
Taglio di calcolo [(+) - SLU	Ved	559 kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLE RARA	Med	280 kNm

**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	1006 kNm	36%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	407 kN	137%
Taglio ultimo resistente	Vrd	651 kN	86%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	9 kNm	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-20 Mpa	6%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	113 Mpa	31%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-2 Mpa	13%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	639 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.13 mm	64%

86%

OK

**Riepilogo armature muro reggispinta:**

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

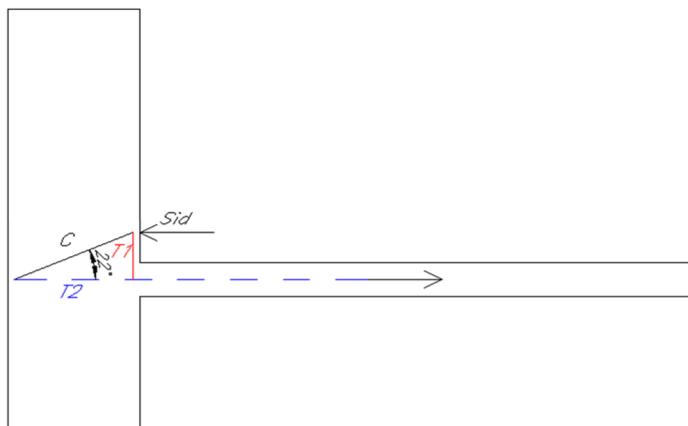
La platea di varo è soggetta ad azioni taglianti trascurabili, pertanto la relativa verifica a taglio viene omessa.

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:

Elaborati generali  
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 21 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------



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	$S_{Ek,T2}$	379.2 kN/m
Forza di trazione agente nella soletta di varo	$N_{Ek,T2}$	2521.9 kN
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	$\gamma_{SLU}$	1.5 [-]
Sforzo assiale di progetto	$S_{Ed,T2}$	<b>568.8</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	$A_{s,min}$	1453.7 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>1.38</b> [-]

OK

#### **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> [-]

OK

Elaborati generali  
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 5.00x2.50m

COMMESSA NN1	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.011	REV. B	FOGLIO 22 di 22
-----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

### Riepilogo armature platea di varo:

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

## 2.8. INCIDENZA ARMATURE

A seguire il calcolo dell'incidenza delle armature per il Muro reggispinta e per la Platea di varo:

### CALCOLO INCIDENZA ARMATURE

#### Incidenza armature:

Larghezza sezione Platea	La,pv	6.65 m
Altezza sezione Platea	Hpv	0.20 m
Larghezza sezione Muro	Lms	8.00 m
Altezza sezione Muro	Sms	1.00 m
Copriferro	c	0.06 mm
incidenza sovrapp.		20%

Elem.	Ø1 sup/int [mm]	pass1 [mm]	Ø2 sup/int [mm]	pass2 [mm]	Ø3 inf/ext [mm]	pass3 [mm]	Ø4 inf/ext [mm]	pass4 [mm]	Øleg [mm]	Øleg pass1 [mm]	Øleg pass2 [mm]
Muro reggispinta	22	100	0	1000	22	100	0	1000	10	200	500
Platea	16	200	0	1000	16	200	0	1000	0	1000	1000
Ripartiz. muro reggispinta	16	100	x	2 strati							
Ripartiz. platea	12	400	x	2 strati							

Elem.	LØ [m]	Lleg [mm]	Vol [m3]	Peso [kg]	incd [kg/m3]	Inc%
Muro reggispinta	7.77	1.08	8.0	620	78	57%
Platea	6.53	0.28	1.3	124	93	11%
Ripartiz. muro reggispinta			8.0	303	38	28%
Ripartiz. platea			1.3	35	27	3%
<b>TOTALE</b>			<b>9.3</b>	<b>1083</b>	<b>116</b>	<b>100%</b>

### INCIDENZE TOMBINO

PARTE D'OPERA	INCIDENZA (Kg/mc)
Muro reggispinta	120
Platea di varo	120

kg.rip	kg.princ.	kg.tot	incidenza verif.	peso tot.
303	620	924	115	1847
35	124	159	120	159