

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA**

**VI16 (ex VI08) - Singolo Binario**

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-
---

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

R S 3 E    5 0    D    0 9    C L    V I 1 6 0 5    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Approvato	Data
A	Emissione Esecutiva	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	A. Vittozzi		Novembre 2019

ITALFERR S.p.A.  
 Direzione Opere Civili e Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Angela Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 N° A20783

File: RS3E50D09CLV11605001A.docx

n. Tab.: 1625

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2	ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
3	MATERIALI .....	8
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	9
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	9
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	10
4	ANALISI E VERIFICHE PILA .....	11
4.1	GENERALITÀ .....	11
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE .....	11
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	11
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	15
4.5	GEOMETRIA DELLA PILA .....	16
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	17
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	17
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	17
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	19
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	21
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	22
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	23
4.6.7	<i>Azione sismica</i> .....	23
4.6.8	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	28
4.6.9	<i>Riepilogo risultati</i> .....	28

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	3 di 53

4.7	SOLLECITAZIONI.....	30
4.7.1	<i>Plinto di fondazione</i> .....	31
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	33
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	34
4.9.1	<i>Pila</i> .....	37
4.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	46
4.9.3	<i>Palo di fondazione L=27.0m</i> .....	49

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI16 (ex VI08) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 16 05 001	REV. A

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle Pile del viadotto ferroviario **VI16** della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la **Pila 01** che presenta **l'altezza maggiore per tipologia di pila ed impalcato afferenti**.

Verranno ipotizzati appoggi fissi sulla campata di luce maggiore, indipendentemente dal reale posizionamento degli stessi.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto VI16 attraversa un corso d'acqua maggiore affluente del fiume Dittaino con un'altezza del p.f. rispetto al terreno di circa 9m.

Il viadotto è previsto a singolo binario dal km 8+413.30 (asse giunto spalla A) al km 8+523.40 per uno sviluppo complessivo di 110.28m ed è costituito da due campate isostatiche di luce teorica 53.20m.

Per poter rispettare il franco idraulico è stata utilizzata una campata in acciaio a via inferiore. Le spalle e la pila sono realizzate in c.a. gettato in opera.

La campata è realizzata con struttura in acciaio a via inferiore con armamento su ballast, è del tipo "a maglia triangolare" a via inferiore chiusa superiormente con altezza baricentrica pari a 8.50 m, interasse delle pareti di 5.70 m ed ampiezza della cassetta pari a 600mm. L'impalcato è costituito da una vasca portaballast metallica con nervature saldate a T e da traversi in composizione saldata, le nervature verranno vincolate all'estradosso dei traversi tramite bullonature. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 1985mm. I controventi inferiori e superiori sono previsti sia ricavati da profili laminati che in composizione saldata. Tutte le giunzioni in opera fra i vari elementi strutturali sono previste con bulloni A.R. di classe 8.8 a taglio. Gli apparecchi d'appoggio saranno del tipo ad acciaio-teflon.

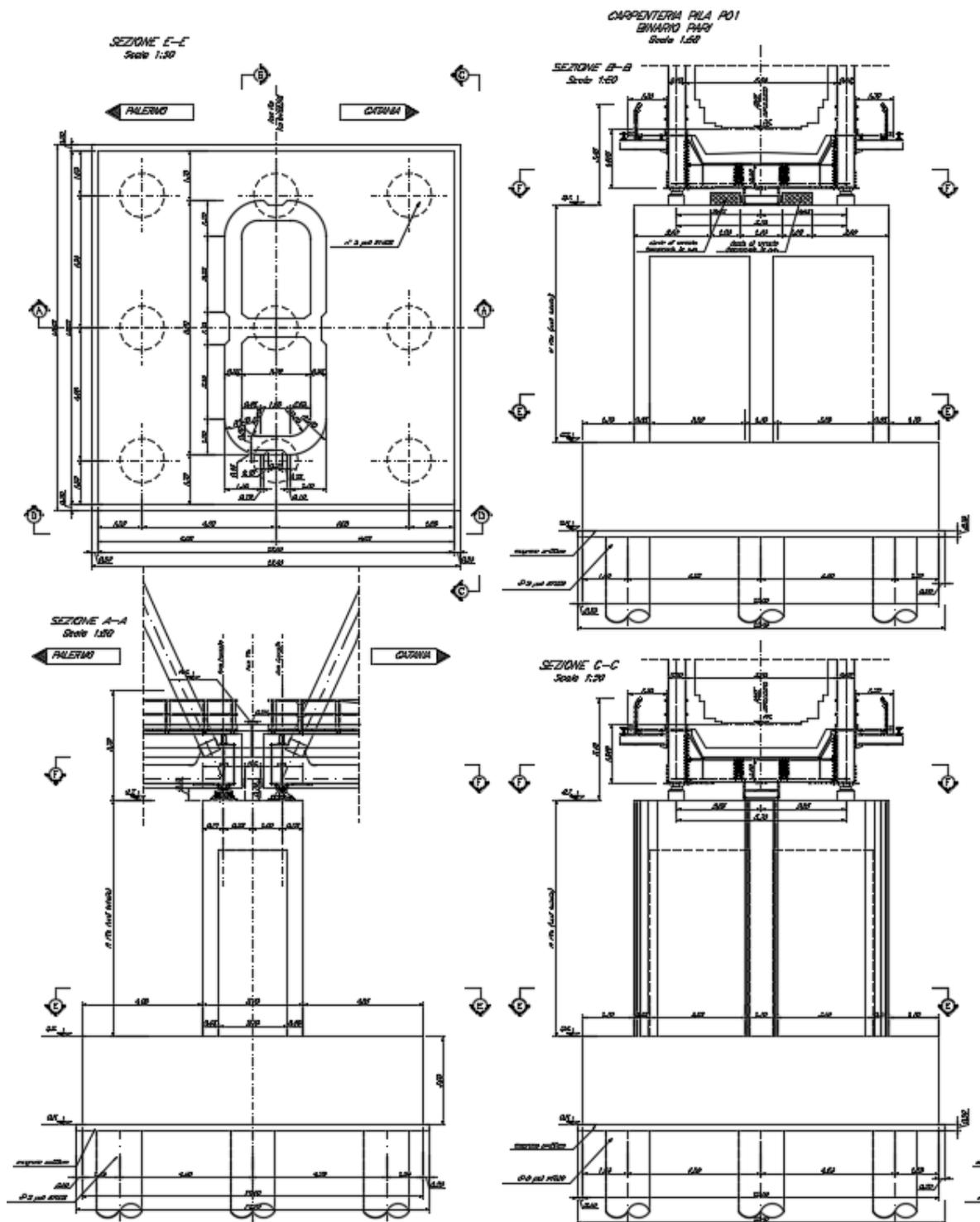
Le pile sono realizzate in c.a. gettato in opera.

La fondazione della pila è costituita da un plinto fondato su **9** pali di diametro 1.50 m sono distanziati di un interasse di almeno **4.5** m. Si è assunta una distanza dal bordo degli stessi di 1.25 m.

Il plinto presenta uno spessore di **3.0** metri e una pianta rettangolare di **11.5x12.0m**.

Nella parte sommitale della pila sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo lo schema di figura seguente:





	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI16 (ex VI08) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 16 05 001	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *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*

### 2.1 Documenti di riferimento

- *Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni - RS3E50D09RBVI1603001A*

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

➤ Calcestruzzo magro e getto di livellamento

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

➤ Calcestruzzo pali di fondazione, cordoli, opere provvisionali, calcestruzzo fondazioni

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 60 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 32 mm

➤ Calcestruzzo fondazioni armate

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 40mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Calcestruzzo elevazione pile (compresi pulvini, baggioli e ritegni), spalle

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.50$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO MINIMO = 40mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

- IN BARRE E RETI ELETTRISALDATE  
B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :
- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
  - Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

(\*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI16 (ex VI08) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 16 05 001	REV. A

### 3.1 Verifica S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", ovvero:

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$ .

Per il caso in esame risulta in particolare per l'elevazione:

##### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\text{max QP}} = (0,40 f_{cK}) = \mathbf{12.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{max R}} = (0,55 f_{cK}) = \mathbf{16.89} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

##### ACCIAIO

$$\sigma_{s \text{ max}} = (0,75 f_{yK}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI16 (ex VI08) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 16 05 001	REV. A

### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

**Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali**

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

– Combinazione Caratteristica (Rara)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto “C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione” della Circolare n.617/09.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI16 (ex VI08) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 16 05 001	REV. A

## 4 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 4.1 Generalità

La pila presenta una sezione rettangolare cava di dimensioni **3.4x8.6m**, una altezza complessiva di **9.1m**.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione **3.4x8.6m** ed altezza **1.8m**.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro **150cm** collegate in testa da una platea di spessore **300cm**.

Per le verifiche dei singoli elementi della pila (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

### 4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

Le sollecitazioni di verifica della pila sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio alle quali vanno combinate le azioni determinate dalle azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali fusto pila e plinto.

Per l'analisi e la verifica del plinto di fondazione, si è utilizzato un modello, a seconda della geometria, di tirante-puntone o trave inflessa.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC08, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

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

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

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

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

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

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	14 di 53

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

- (1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.  
 (2) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.  
 (3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

	A2- SIU - N max gr.1	A2- SIU - MT max gr.1	A2- SIU - ML max gr.1	A2- SIU - N max gr.3	A2- SIU - MT max gr.3	A2- SIU - ML max gr.3	A2- SIU - Vento ponte scarico	A2- SIU Gmin - N max gr.1	A2- SIU Gmin - MT max gr.1	A2- SIU Gmin - ML max gr.1	A2- SIU Gmin - N max gr.3	A2- SIU Gmin - MT max gr.3	A2- SIU Gmin - ML max gr.3	A2- SIU Gmin - Vento ponte scarico	A1- SIU - N max gr.1	A1- SIU - MT max gr.1	A1- SIU - ML max gr.1	A1- SIU - N max gr.3	A1- SIU - MT max gr.3	A1- SIU - ML max gr.3	A1- SIU - Vento ponte scarico	A1- SIU Gmin - N max gr.1	A1- SIU Gmin - MT max gr.1	A1- SIU Gmin - ML max gr.1
Peso proprio g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00
Permanenti G2	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00
Ballast	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
Comb. Nmax Qv	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. Nmax Q frenatura	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	
Comb. Nmax Q centrifuga	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. Nmax Q serpeggio	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. MImax Qv	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	
Comb. MImax Q frenatura	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	
Comb. MImax Q centrifuga	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. MImax Q serpeggio	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	
Comb. MLmax Qv	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	1,45	
Comb. MLmax Q frenatura	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,73	
Comb. MLmax Q centrifuga	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	
Comb. MLmax Q serpeggio	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	
Vento Ponte Scarico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	
Vento Ponte Carico	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,90	0,90	
Attrito permanente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	
Attrito carichi mobili	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	
Sisma longitudinale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sisma trasversale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sisma verticale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Vento x	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,90	
Vento y	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,78	0,78	0,00	0,78	0,78	0,00	1,30	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	1,50	0,90	0,90	

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 16 05 001 A 15 di 53

A1 - S1U G min - N max gr.3	A1 - S1U G min - MT max gr.3	A1 - S1U G min - ML max gr.3	A1 - S1U G min - Vento ponte scarico	S1E min - N max gr.1	S1E min - MT max gr.1	S1E min - ML max gr.1	S1E min - N max gr.3	S1E min - MT max gr.3	S1E min - ML max gr.3	S1E min - Vento ponte scarico	S1E freq - N max gr.1	S1E freq - MT max gr.1	S1E freq - ML max gr.1	S1E freq - N max gr.3	S1E freq - MT max gr.3	S1E freq - ML max gr.3	S1E freq - Vento ponte scarico	S1E quasi permanente	S1V - N max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - MT max	S1V - ML max	S1V - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Qr
1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q frenatura
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q centrifuga
0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q serpeggio
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Qr
0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q frenatura
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q centrifuga
0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	Comb. MTmax Q serpeggio
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Qr
0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q frenatura
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q centrifuga
0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico
0.90	0.90	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Carico
1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Attrito permanente
1.45	1.45	1.45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	Attrito carichi mobili
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	Sisma longitudinale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	Sisma trasversale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-1.00	Sisma verticale
0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento x
0.90	0.90	0.00	1.50	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento y

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot Ex + 0.30 \cdot Ey + 0.30 \cdot Ez$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

#### 4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
- Lunghezze = m
- Forze = kN

#### 4.5 Geometria della Pila

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	53.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	0.50	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	10.80	m
Pulvino			
Altezza	$H_p$	1.80	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	3.4	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.60	m
Area Sezione		27.68	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		0%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.00	m
Pila			
Altezza	$H_m$	7.30	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.40	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	8.60	m
Area Sezione		12.70	m <sup>2</sup>
% Vuoti sezione		44%	
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	0.00	m
Distanza asse baggioli- asse pila (sx)	$x_{m1}$	-1.00	m
Distanza asse baggioli- asse asse pila (dx)	$x_{m2}$	1.00	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	11.50	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	12.00	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx)		-1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx)		1.00	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		Ko = 0.426	
Sisma			
$S_s$		1.200	
$a_g$		0.159	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.191	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ *Peso proprio strutture*

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

Impalcato (sx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	55	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	126	kN/m
Permanententi portati	G <sub>2</sub>	120	kN/m
Ballast		0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1720.8	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1635.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

Impalcato (dx)			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	55	m
Peso Proprio	G <sub>1</sub>	126	kN/m
Permanententi portati	G <sub>2</sub>	120	kN/m
Ballast		0	kN/m
n° totale appoggi sulla pila	n	2	
Reazione appoggio i = (G <sub>1</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1720.8	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n	R <sub>i</sub>	1635.0	kN
Reazione appoggio i = (G <sub>2</sub> *L/2)/n (ballast)	R <sub>i</sub>	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato, per la campata sinistra e destra (la condizione di Momento Longitudinale massimo "MLmax" è riferita alla situazione in cui solo uno dei due impalcati venga caricato):

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 16 05 001 A 18 di 53

sx								
RETICOLARE_50ML_SINGOLO_BINARIO								
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3	
1	0.530	2.85	2420	2469	1.1	1	1.03	
2	0.470	-2.85	2420	2469	1.1	1	1.03	
dx								
RETICOLARE_50ML_SINGOLO_BINARIO								
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3	
1	0.530	2.85	2420	2869	1.1	1	1.03	
2	0.470	-2.85	2420	2869	1.1	1	1.03	
dx ML max								
RETICOLARE_50ML_SINGOLO_BINARIO								
APPOGGIO	REAZIONE	y	REAZ. LM71	REAZ. SW2	α LM71	α LM71	ø3	
1	0.530	2.85	2718	3588	1.1	1	1.03	
2	0.470	-2.85	2718	3588	1.1	1	1.03	

Che ripartiti con il metodo Courbon sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1721			1721			0.00
Permanenti G2	1635			1635			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1354			1200			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		0			0		2.00
Comb. Nmax Q centrifuga			0			0	3.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	2.00
Comb. MTmax Qv	1354			1200			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		0			0		2.00
Comb. MTmax Q centrifuga			0			0	3.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	2.00
Comb. MLmax Qv	0			0			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		0			0		2.00
Comb. MLmax Q centrifuga							3.80
Comb. MLmax Q serpeggio							2.00
Vento Ponte Scarico			220			220	2.80
Vento Ponte Carico			235			235	3.00
Attrito permanente		101	101		101	101	0.00
Attrito carichi mobili		41	41		36	36	0.00
Sisma longitudinale q=1.5							3.50
Sisma trasversale			1033			1033	3.50
Sisma verticale	816			816			0.00
Sisma longitudinale q=1.36		0			0		3.50
Sisma trasversale			1139			1139	3.50
Sisma verticale	816			816			0.00
Sisma longitudinale q=1		0			0		3.50
Sisma trasversale			1550			1550	3.50
Sisma verticale	816			816			0.00

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1721			1721			0.00
Permanenti G2	1635			1635			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1573			1395			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		832			832		2.00
Comb. Nmax Q centrifuga			0			0	3.80
Comb. Nmax Q serpeggio			13			13	2.00
Comb. MTmax Qv	1573			1395			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		832			832		2.00
Comb. MTmax Q centrifuga			0			0	3.80
Comb. MTmax Q serpeggio			13			13	2.00
Comb. MLmax Qv	1967			1745			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		832			832		2.00
Comb. MLmax Q centrifuga			0			0	3.80
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	2.00
Vento Ponte Scarico			220			220	2.80
Vento Ponte Carico			235			235	3.00
Attrito permanente		101	101		101	101	0.00
Attrito carichi mobili		59	59		52	52	0.00
Sisma longitudinale q=1.5			2623			2623	3.50
Sisma trasversale			1033			1033	3.50
Sisma verticale	816			816			0.00
Sisma longitudinale q=1.36		2892			2892		3.50
Sisma trasversale			1139			1139	3.50
Sisma verticale	816			816			0.00
Sisma longitudinale q=1		3934			3934		3.50
Sisma trasversale			1550			1550	3.50
Sisma verticale	816			816			0.00

#### 4.6.3 Azione del Vento

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	220	220	m
Zona	Z	IV	IV	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	a0	500	500	m
Parametri	ka	0.02	0.02	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$v_b = v_{b0} + k_a \cdot (a_s - a_0)$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	$\alpha_R$	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 \cdot \rho \cdot v_b^2$	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	2	2	

Vento su impalcato				
Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	15.66	15.66	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.64	2.64	
Larghezza impalcato	b	9.5	9.5	m
Altezza impalcato	h1	1.7	2	m
Altezza treno o parapetto	h2	4	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	5.7	6	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.67	1.58	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	2.00	2.03	

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	20 di 53

<b>Riepilogo</b>				
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.64	2.64	
Coefficiente di forza	cfx	2.00	2.03	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	5.7	6	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	16.2	17.2	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.83	2.87	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	16.2	17.2	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		<b>sx</b>	<b>dx</b>	
Forza statica equivalente	f	16.2	16.2	kN/m
Luce impalcato	L	54.5	54.5	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	440	440	kN/m
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	f	17.2	17.2	kN/m
Luce impalcato	L	54.5	54.5	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	469	469	kN/m

**Vento su Pila e Pulvino**

Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2))	z	9.10	9.1	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.29	2.29	
		<b>dir.x</b>	<b>dir.x</b>	
Altezza (dir.z)	h	1.80	7.30	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	8.6	8.6	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	3.4	3.4	m
Rapporto di forma	d/b	0.40	0.40	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	2.20	2.20	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.14	0.14	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	ψ	0.65	0.65	
Pressione di riferimento	q=ψ*cfx*ce*qb	1.76	1.76	kN/mq
Area investita dal vento	A=b*h	15.48	62.78	mq
Forza statica equivalente	F=q*A	27	110	kN
		<b>dir.y</b>	<b>dir.y</b>	
Altezza (dir.z)	h	1.80	7.30	m
Larghezza in direz. Ortogonale al vento	b	3.4	3.4	m
Larghezza in direz. Parallela al vento	d	8.6	8.6	m
Rapporto di forma	d/b	2.53	2.53	
Coefficiente di forza (figura 7.23 EC)	cfx	1.50	1.50	
Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC)	r	1.2	1.2	m
Rapporto di forma II	r/b	0.35	0.35	
Fattore di riduzione (figura 7.24 EC)	ψ	0.5	0.5	
Pressione di riferimento	q=ψ*cfx*ce*qb	0.92	0.92	kN/mq
Area investita dal vento	A=b*h	6.12	24.82	mq
Forza statica equivalente	F=q*A	6	23	kN

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	21 di 53

**Riepilogo**

**Vento x**

Pulvino	F	27	kN
Pila	F	110	kN
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	9.10	m
Forza totale	F Tot	137	kN

**Vento y**

Pulvino	F	6	kN
Pila	F	23	kN
Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino	bz	9.10	m
Forza totale	F Tot	29	kN

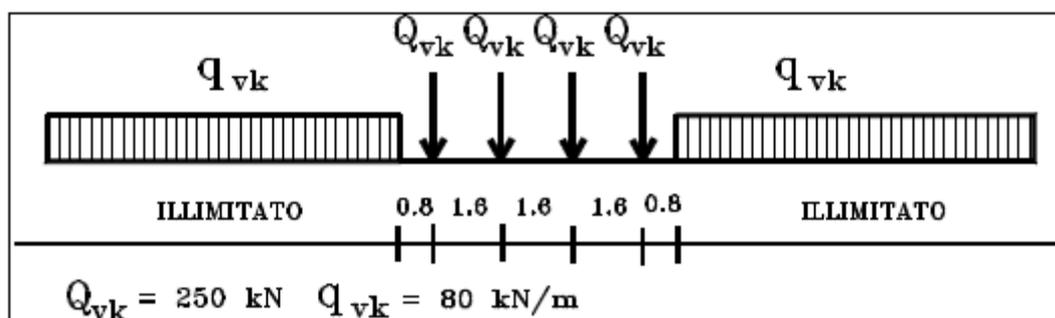
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ *Modello di carico LM71*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



*Treno di carico LM 71*

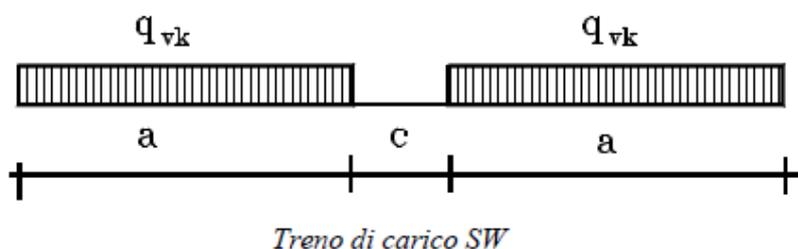
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



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

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario.

Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001 A).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

#### 4.6.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\psi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00 \quad [5.2.7]$$

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura			Avviamento		
L	54.5	m	L	54.5	m
Lcalc	54.5	per Treno LM 71	Lcalc	54.5	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0		30	per Treno SW/0
	47.5	per SW/2		47.5	per SW/2
Qlb,k	1199	per Treno LM 71	Qla,k	1978.35	per Treno LM 71
Qlb,k	0	per Treno SW/0	Qla,k	0	per Treno SW/0
Qlb,k	1662.5	per SW/2	Qla,k	1567.5	per SW/2
Qlb,k (filtrata)per Treno LM 71	1199	kN	Qla,k (filtrata)per Treno LM 71	1000	kN
Qlb,k (filtrata)per Treno SW/0	0	kN	Qla,k (filtrata)per Treno SW/0	0	kN
Qlb,k(filtrata)per SW/2	1662.5	kN	Qla,k(filtrata)per SW/2	1000	kN

Serpeggio		
FT=100kN /2	50	kN
Treno LM 71		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
Treno SW/0		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
Treno SW/2		
$\alpha$	1	
FT* $\alpha$	50	kN

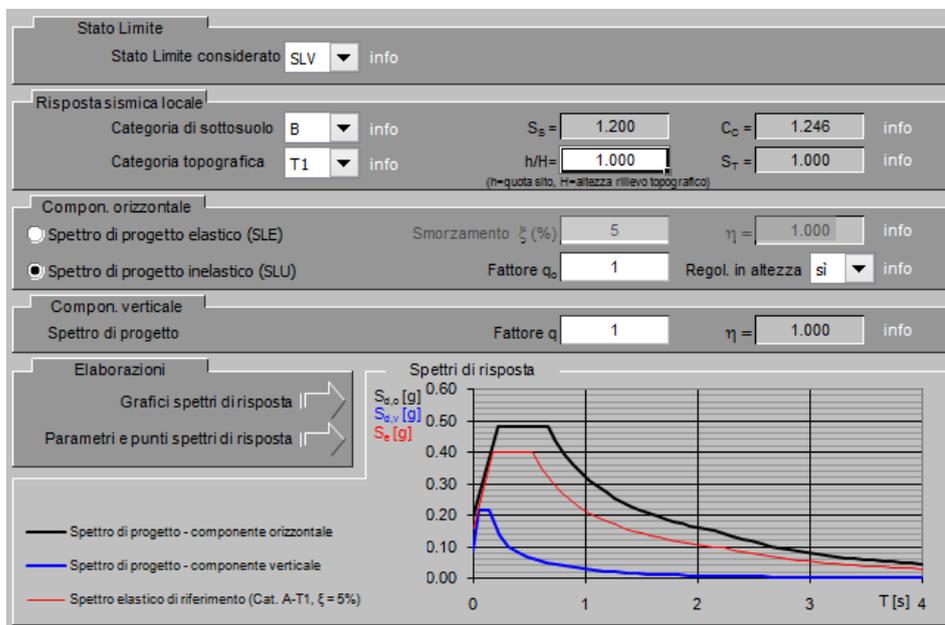
L'azione centrifuga risulta nulla poiché la pila si trova in un tratto rettilineo.

#### 4.6.7 Azione sismica

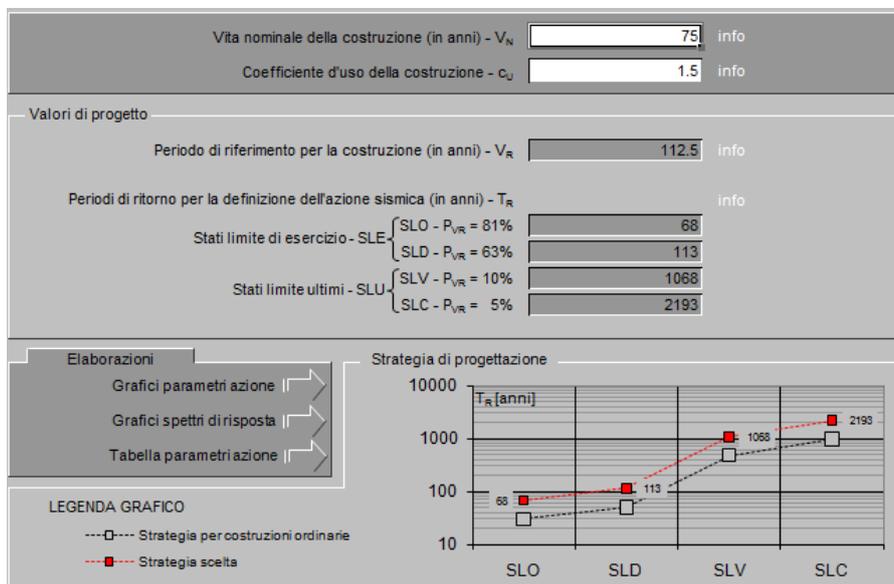
Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

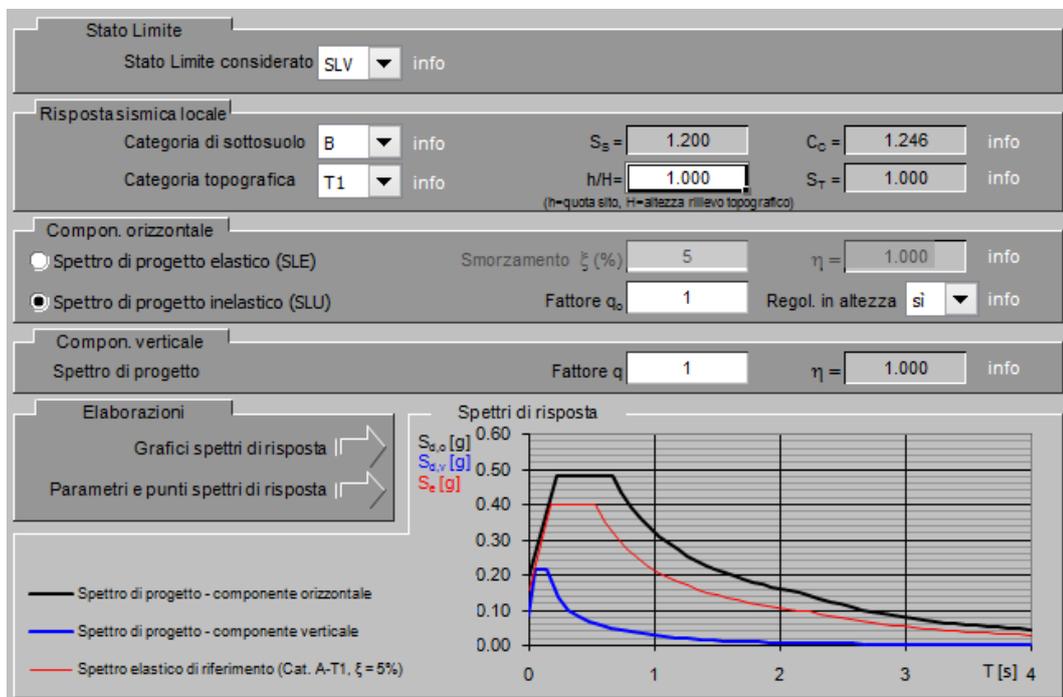
➤ Valori di progetto

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:



I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.





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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.159 g
$F_a$	2.524
$T_C$	0.536 s
$S_s$	1.200
$C_C$	1.246
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.223 s
$T_C$	0.688 s
$T_D$	2.238 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

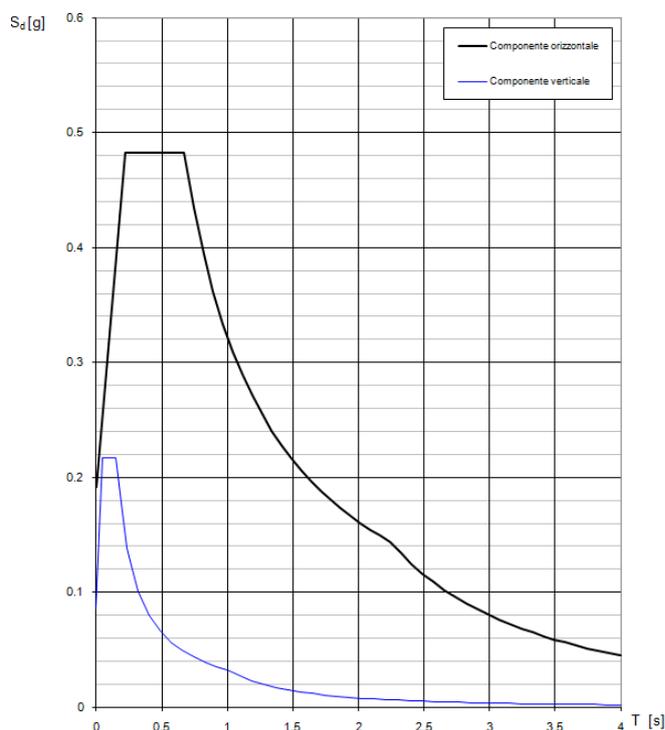
$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	$S_e$ [g]
0.000	0.191
0.223	0.483
0.688	0.483
0.743	0.434
0.817	0.395
0.892	0.361
0.967	0.334
1.042	0.310
1.116	0.289
1.191	0.271
1.266	0.255
1.341	0.241
1.415	0.228
1.490	0.216
1.565	0.206
1.640	0.197
1.714	0.188
1.789	0.180
1.864	0.173
1.939	0.166
2.013	0.160
2.088	0.154
2.163	0.149
2.238	0.144
2.322	0.134
2.405	0.125
2.489	0.116
2.573	0.109
2.657	0.102
2.741	0.096
2.825	0.090
2.909	0.085
2.993	0.081
3.077	0.076
3.161	0.072
3.245	0.069
3.329	0.065
3.413	0.062
3.496	0.059
3.580	0.056
3.664	0.054
3.748	0.051
3.832	0.049
3.916	0.047
4.000	0.045

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



➤ Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle Normative. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, per il calcolo dei periodi propri della pila, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello tridimensionale agli Elementi Finiti semplificato.

I Fattori di struttura utilizzati sono:

- $q = 1.5$  per la verifica a presso flessione della pila
- $q = 1.5/1.1$  per la verifica a capacità portante verticale dei pali e verifica del plinto
- $q = 1$  per le verifiche a taglio degli elementi strutturali (vedi anche punto successivo), verifiche a capacità portante orizzontale dei pali.
- Solo per la verifica a taglio dello spiccato della pila, il criterio adottato è quello della gerarchia delle resistenze, così come indicato al punto 7.9.5 delle NTC

Condizione Sismica			
Massa sismica impalcato dir x	mix	14611	kN
Massa efficace pila dir x	mpx	1781	kN
Massa complessiva dir x	mix + mpx	16392	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir x	mix/5	2922	kN
Verifica requisito dir x		si	
Massa sismica impalcato dir. y	mi <sub>y</sub>	14528	kN
Massa efficace pila dir. Y	mp <sub>y</sub>	1781	kN
Massa complessiva dir. Y	mi <sub>y</sub> + mp <sub>y</sub>	16309	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Y	mi <sub>y</sub> /5	2906	kN
Verifica requisito dir. Y		si	
Massa sismica impalcato dir. z	miz	14528	kN
Massa efficace pila dir. Z	mp <sub>z</sub>	1781	kN
Massa complessiva dir. Z	miz + mp <sub>z</sub>	16309	kN
1/5 Massa sismica impalcato dir. Z	miz/5	2906	kN
Verifica requisito dir. Z		si	

Inerzia Pila asse y	J <sub>yy</sub>	19.0	m <sup>4</sup>
Inerzia Pila asse x	J <sub>xx</sub>	85.3	m <sup>4</sup>
Area Pila	A <sub>p</sub>	12.70	m <sup>2</sup>
Rigidezza Pila asse y	K <sub>y</sub>	9.4E+08	N/m
Rigidezza Pila asse x	K <sub>x</sub>	4.2E+09	N/m
rigidezza Pila asse z	K <sub>z</sub>	4.6E+10	N/m
Periodo x	T <sub>x</sub>	0.26	s
Periodo y	T <sub>y</sub>	0.12	s
Periodo z	T <sub>z</sub>	0.04	s

Accelerazione orizzontale Se(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.48	
Accelerazione orizzontale Se(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.38	
Accelerazione Verticale Se(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.20	
<b>q=1.5</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.32	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.25	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.20	
<b>q=1.36</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.35	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.28	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.20	
<b>q=1</b>			
Accelerazione orizzontale Sd(Tx) direzione x	a <sub>g</sub> x	0.5	
Accelerazione orizzontale Sd(Ty) direzione y	a <sub>g</sub> y	0.4	
Accelerazione Verticale Sd(Tz) direzione z	a <sub>g</sub> z	0.2	

Condizione Sismica - Taglianti Totali			
<b>q=1.5</b>			
Tagliante direzione x	F x	5245	kN
Tagliante direzione y	F y	4132	kN
Tagliante direzione z	F z	3262	kN
<b>q=1.36</b>			
Tagliante direzione x	F x	5785	kN
Tagliante direzione y	F y	4557	kN
Tagliante direzione z	F z	3262	kN
<b>q=1</b>			
Tagliante direzione x	F x	7868	kN
Tagliante direzione y	F y	6197	kN
Tagliante direzione z	F z	3262	kN

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI16 (ex VI08) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 16 05 001	REV. A

#### 4.6.8 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

$N, M_l, M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l, J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove  $H_l, H_t$  sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

#### 4.6.9 Riepilogo risultati

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale  $N$ , forza orizzontale  $T$  e momento ribaltante  $M$ .
- Per i carichi sui pali in termini di  $N_{\max}, N_{\min}, T$  ed  $M$ .

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	29 di 53

**SPICCATO PILA: condizione statica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	3562			0.00	0.00	0	0	0
Vento su pila dir. x		137		0.00	0.00	9.10	0	1247
Vento su pila dir.y			29	0.00	0.00	9.10	264	0

**INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione statica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pila	3562			0.00	0.00	0	0	0
Plinto	10350			0.00	0.00	1.50	0.00	0
Rinterro	2175			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Vento su pila dir. x		137		0.00	0.00	12.10	0	1658
Vento su pila dir.y			29	0.00	0.00	12.10	351	0

**INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione sismica**

Descrizione carico	F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Plinto sisma x		1975		0.00	0.00	1.50	0.00	2962
Plinto sisma y			1975	0.00	0.00	1.50	2962	0
Plinto sisma z	987			0.00	0.00	1.50	0	0
Rinterro sisma z	208			0.00	0.00	0.00	0	0

## 4.7 Sollecitazioni

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA					
	Nz	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	25850	1678	1456	17474	18703
A2 - SLU - MT max gr.1	25850	1678	1456	17474	18703
A2 - SLU - ML max gr.1	23588	1785	700	7638	23798
A2 - SLU - N max gr.3	25850	2718	1425	17111	30767
A2 - SLU - MT max gr.3	25850	2718	1425	17111	30767
A2 - SLU - ML max gr.3	23588	2825	669	7275	35862
A2 - SLU - Vento ponte scarico	18948	403	1584	18395	3866
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	17348	1678	1456	17474	18703
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	17348	1678	1456	17474	18703
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	15086	1785	700	7638	23798
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	17348	2718	1425	17111	30767
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	17348	2718	1425	17111	30767
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	15086	2825	669	7275	35862
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	10446	403	1584	18395	3866
A1 - SLU - N max gr.1	31919	2023	1761	20946	22430
A1 - SLU - MT max gr.1	31919	2023	1761	20946	22430
A1 - SLU - ML max gr.1	29294	2146	889	9594	28334
A1 - SLU - N max gr.3	31919	3231	1725	20525	36444
A1 - SLU - MT max gr.3	31919	3231	1725	20525	36444
A1 - SLU - ML max gr.3	29294	3354	852	9174	42348
A1 - SLU - Vento ponte scarico	23912	544	1907	21983	5219
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	18453	2023	1761	20946	22430
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	18453	2023	1761	20946	22430
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	15828	2146	889	9594	28334
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	18453	3231	1725	20525	36444
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	18453	3231	1725	20525	36444
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	15828	3354	852	9174	42348
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	10446	403	1766	20630	3866
SLE rara - N max gr.1	22508	1423	1222	14461	15736
SLE rara - MT max gr.1	22508	1423	1222	14461	15736
SLE rara - ML max gr.1	20698	1505	641	6883	19782
SLE rara - N max gr.3	22508	2255	1197	14171	25387
SLE rara - MT max gr.3	22508	2255	1197	14171	25387
SLE rara - ML max gr.3	20698	2337	616	6593	29433
SLE rara - Vento ponte scarico	16986	403	1312	15042	3866
SLE freq. - N max gr.1	21403	1219	593	6531	13362
SLE freq. - MT max gr.1	21403	1219	593	6531	13362
SLE freq. - ML max gr.1	19955	1219	593	6280	16000
SLE freq. - N max gr.3	21403	1884	573	6299	21083
SLE freq. - MT max gr.3	21403	1884	573	6299	21083
SLE freq. - ML max gr.3	19955	1884	573	6048	23721
SLE freq. - Vento ponte scarico	16986	403	843	9322	3866
SLE quasi permanente	16986	403	403	3866	3866
SLV - N max	21352	2145	1489	18838	26850
SLV - MT max gr.1	19069	2145	4381	56728	26850
SLV - ML max gr.1	18707	5817	1489	18775	75606
SLV - MT max gr.3	17111	2145	4381	56728	26850
SLV - ML max gr.3	16749	5817	1489	18775	75606
SLV - N min	14828	2145	1489	18838	26850
SLV - N max	21352	2307	1616	20422	28972
SLV - MT max gr.1	19069	2307	4806	62213	28972
SLV - ML max gr.1	18707	6357	1616	20447	82679
SLV - MT max gr.3	17111	2307	4806	62213	28972
SLV - ML max gr.3	16749	6357	1616	20447	82679
SLV - N min	14828	2307	1616	20422	28972
SLV - N max	21352	2932	2108	26957	37156
SLV - MT max gr.1	19069	2932	6447	83793	37156
SLV - ML max gr.1	18707	8439	2108	26895	109961
SLV - MT max gr.3	17111	2932	6447	83793	37156
SLV - ML max gr.3	16749	8439	2108	26895	109961
SLV - N min	14828	2932	2108	26957	37156

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI16 (ex VI08) - Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	31 di 53

#### 4.7.1 *Plinto di fondazione*

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE						
	Nz	Tx	Ty	Mx	My	
A2 - SLU - N max gr.1	39028	1678	1456	21842	23736	
A2 - SLU - MT max gr.1	39028	1678	1456	21842	23736	
A2 - SLU - ML max gr.1	36765	1785	700	9738	29152	
A2 - SLU - N max gr.3	39028	2718	1425	21385	38920	
A2 - SLU - MT max gr.3	39028	2718	1425	21385	38920	
A2 - SLU - ML max gr.3	36765	2825	669	9282	44336	
A2 - SLU - Vento ponte scarico	32125	403	1584	23148	5074	
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	27698	1678	1456	21842	23736	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	27698	1678	1456	21842	23736	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	25436	1785	700	9738	29152	
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	27698	2718	1425	21385	38920	
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	27698	2718	1425	21385	38920	
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	25436	2825	669	9282	44336	
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	20796	403	1584	23148	5074	
A1 - SLU - N max gr.1	49154	2023	1761	26228	28498	
A1 - SLU - MT max gr.1	49154	2023	1761	26228	28498	
A1 - SLU - ML max gr.1	46529	2146	889	12260	34772	
A1 - SLU - N max gr.3	49154	3231	1725	25699	46136	
A1 - SLU - MT max gr.3	49154	3231	1725	25699	46136	
A1 - SLU - ML max gr.3	46529	3354	852	11731	52410	
A1 - SLU - Vento ponte scarico	41147	544	1907	27704	6850	
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	28803	2023	1761	26228	28498	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	28803	2023	1761	26228	28498	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	26178	2146	889	12260	34772	
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	28803	3231	1725	25699	46136	
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	28803	3231	1725	25699	46136	
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	26178	3354	852	11731	52410	
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	20796	403	1766	25928	5074	
SLE rara - N max gr.1	35033	1423	1222	18128	20004	
SLE rara - MT max gr.1	35033	1423	1222	18128	20004	
SLE rara - ML max gr.1	33223	1505	641	8805	24296	
SLE rara - N max gr.3	35033	2255	1197	17763	32151	
SLE rara - MT max gr.3	35033	2255	1197	17763	32151	
SLE rara - ML max gr.3	33223	2337	616	8440	36444	
SLE rara - Vento ponte scarico	29511	403	1312	18977	5074	
SLE freq.- N max gr.1	33928	1219	593	8310	17018	
SLE freq.- MT max gr.1	33928	1219	593	8310	17018	
SLE freq.- ML max gr.1	32480	1219	593	8059	19656	
SLE freq.- N max gr.3	33928	1884	573	8018	26736	
SLE freq.- MT max gr.3	33928	1884	573	8018	26736	
SLE freq.- ML max gr.3	32480	1884	573	7767	29374	
SLE freq.- Vento ponte scarico	29511	403	843	11850	5074	
SLE quasi permanente	29511	403	403	5074	5074	
q = 1.5	SLV - N max	35072	2738	2081	24192	34174
q = 1.5	SLV - MT max gr.1	31952	2738	6356	72833	34174
q = 1.5	SLV - ML max gr.1	31590	7792	2081	24129	96019
q = 1.5	SLV - MT max gr.3	29278	2738	6356	72833	34174
q = 1.5	SLV - ML max gr.3	28916	7792	2081	24129	96019
q = 1.5	SLV - N min	26158	2738	2081	24192	34174
q = 1.36	SLV - N max	35072	2900	2209	26159	36782
q = 1.36	SLV - MT max gr.1	31952	2900	6781	79594	36782
q = 1.36	SLV - ML max gr.1	31590	8331	2209	26184	104711
q = 1.36	SLV - MT max gr.3	29278	2900	6781	79594	36782
q = 1.36	SLV - ML max gr.3	28916	8331	2209	26184	104711
q = 1.36	SLV - N min	26158	2900	2209	26159	36782
q = 1	SLV - N max	35072	3524	2701	34171	46841
q = 1	SLV - MT max gr.1	31952	3524	8422	106096	46841
q = 1	SLV - ML max gr.1	31590	10414	2701	34108	138241
q = 1	SLV - MT max gr.3	29278	3524	8422	106096	46841
q = 1	SLV - ML max gr.3	28916	10414	2701	34108	138241
q = 1	SLV - N min	26158	3524	2701	34171	46841

**Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione**

#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
A1 - SLU - N max gr.1	49154	2023	1761	26228	28498	7488	3435	298
A1 - SLU - MT max gr.1	49154	2023	1761	26228	28498	7488	3435	298
A1 - SLU - ML max gr.1	46529	2146	889	12260	34772	6912	3428	258
A1 - SLU - N max gr.3	49154	3231	1725	25699	46136	8122	2801	407
A1 - SLU - MT max gr.3	49154	3231	1725	25699	46136	8122	2801	407
A1 - SLU - ML max gr.3	46529	3354	852	11731	52410	7546	2794	385
A1 - SLU - Vento ponte scarico	41147	544	1907	27704	6850	5852	3292	220
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	28803	2023	1761	26228	28498	5227	1173	298
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	28803	2023	1761	26228	28498	5227	1173	298
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	26178	2146	889	12260	34772	4651	1167	258
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	28803	3231	1725	25699	46136	5861	540	407
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	28803	3231	1725	25699	46136	5861	540	407
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	26178	3354	852	11731	52410	5284	533	385
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	20796	403	1766	25928	5074	3459	1162	201
						8122	533	407

Tabella 5 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	35072	3524	2701	34171	46841	6897	896	493
SLV - MT max gr.1	31952	3524	8422	106096	46841	9215	-2114	1014
SLV - ML max gr.1	31590	10414	2701	34108	138241	9893	-2873	1195
SLV - MT max gr.3	29278	3524	8422	106096	46841	8917	-2411	1014
SLV - ML max gr.3	28916	10414	2701	34108	138241	9596	-3170	1195
SLV - N min	26158	3524	2701	34171	46841	5907	-94	493
						9893	-3170	1195

Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	35072	2900	2209	26159	36782	6228	1566	405
SLV - MT max gr.1	31952	2900	6781	79594	36782	7860	-760	819
SLV - ML max gr.1	31590	8331	2209	26184	104711	8358	-1338	958
SLV - MT max gr.3	29278	2900	6781	79594	36782	7563	-1057	819
SLV - ML max gr.3	28916	8331	2209	26184	104711	8061	-1635	958
SLV - N min	26158	2900	2209	26159	36782	5238	575	405
						8358	-1635	958

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

**SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA**

C.C. n°	N kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm	N <sub>max/palo</sub> kN	N <sub>min/palo</sub> kN	T <sub>/palo</sub> kN
SLE rara - N max gr.1	35033	1423	1222	18128	20004	5305	2480	208
SLE rara - MT max gr.1	35033	1423	1222	18128	20004	5305	2480	208
SLE rara - ML max gr.1	33223	1505	641	8805	24296	4917	2465	182
SLE rara - N max gr.3	35033	2255	1197	17763	32151	5741	2044	284
SLE rara - MT max gr.3	35033	2255	1197	17763	32151	5741	2044	284
SLE rara - ML max gr.3	33223	2337	616	8440	36444	5354	2029	269
SLE rara - Vento ponte scarico	29511	403	1312	18977	5074	4170	2388	152
						5741	2029	284

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA ALLA BASE DELLA PILA**

		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	25850	1678	1456	17474	18703
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	23588	2825	669	7275	35862
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - Vento ponte scarico	18948	403	1584	18395	3866
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - Vento ponte scarico	18948	403	1584	18395	3866
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	23588	2825	669	7275	35862
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	31919	2023	1761	20946	22430
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	29294	3354	852	9174	42348
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - Vento ponte scarico	23912	544	1907	21983	5219
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - Vento ponte scarico	23912	544	1907	21983	5219
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	15828	3354	852	9174	42348
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	22508	1423	1222	14461	15736
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	20698	2337	616	6593	29433
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - Vento ponte scarico	16986	403	1312	15042	3866
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - Vento ponte scarico	16986	403	1312	15042	3866
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	20698	2337	616	6593	29433
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	21403	1219	593	6531	13362
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	21403	1884	573	6299	21083
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	16986	403	843	9322	3866
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	16986	403	843	9322	3866
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	19955	1884	573	6048	23721
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	16986	403	403	3866	3866
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21352	2145	1489	18838	26850
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18707	5817	1489	18775	75606
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19069	2145	4381	56728	26850
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19069	2145	4381	56728	26850
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18707	5817	1489	18775	75606
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21352	2307	1616	20422	28972
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18707	6357	1616	20447	82679
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19069	2307	4806	62213	28972
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19069	2307	4806	62213	28972
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18707	6357	1616	20447	82679
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	21352	2932	2108	26957	37156
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18707	8439	2108	26895	109961
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19069	2932	6447	83793	37156
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	19069	2932	6447	83793	37156
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	18707	8439	2108	26895	109961

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	39028	1678	1456	21842	23736
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	36765	2825	669	9282	44336
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - Vento ponte scarico	32125	403	1584	23148	5074
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - Vento ponte scarico	32125	403	1584	23148	5074
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - ML max gr.3	36765	2825	669	9282	44336
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	49154	2023	1761	26228	28498
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	46529	3354	852	11731	52410
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - Vento ponte scarico	41147	544	1907	27704	6850
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - Vento ponte scarico	41147	544	1907	27704	6850
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - ML max gr.3	46529	3354	852	11731	52410
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	35033	1423	1222	18128	20004
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	33223	2337	616	8440	36444
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - Vento ponte scarico	29511	403	1312	18977	5074
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - Vento ponte scarico	29511	403	1312	18977	5074
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - ML max gr.3	33223	2337	616	8440	36444
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	33928	1219	593	8310	17018
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	33928	1884	573	8018	26736
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	29511	403	843	11850	5074
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	29511	403	843	11850	5074
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- ML max gr.3	32480	1884	573	7767	29374
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	29511	403	403	5074	5074
SLV q=1.5	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	35072	2738	2081	24192	34174
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31590	7792	2081	24129	96019
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31952	2738	6356	72833	34174
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31952	2738	6356	72833	34174
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31590	7792	2081	24129	96019
SLV q=1.36	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	35072	2900	2209	26159	36782
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31590	8331	2209	26184	104711
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31952	2900	6781	79594	36782
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31952	2900	6781	79594	36782
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31590	8331	2209	26184	104711
SLV q=1	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	35072	3524	2701	34171	46841
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	31590	10414	2701	34108	138241
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31952	3524	8422	106096	46841
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	31952	3524	8422	106096	46841
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.3	28916	10414	2701	34108	138241

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	37 di 53

#### 4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

Direzione		Long.(Myy,Tx)	Trasv(Mxx,Ty)	
Altezza pila	H	14.35	14.35	m
Fattore di struttura		1.5	1.5	
Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7)	$\gamma_{Rd}$	1	1	
Taglio agente (q=1)	V	8439	6447	kN
Momento agente (q=1)	M	109961	83793	kN*m
Taglio agente (con q)	VEd	5817	4381	kN
Momento agente (con q)	MEd	75606	56728	kN*m
Momento Resistente	MRd	159292	254482	kN*m
Rapporto di sovrarresistenza	MRd/MEd	2.11	4.49	
Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11)		NON CRITICA	NON CRITICA	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	
Limite superiore Vgr	Vgr.max= V	8439	6447	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12)	Vgr	12255	19653	kN
Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12)	Vgr	8439	6447	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.23	
fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1	1.23	
Riassumendo				
Taglio di calcolo	Vgr	8439	6447	kN
fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10)	$\gamma_{Bd}$	1.22	1.23	
Angolo inclinazione bielle compresse	Teta	da calc.	da calc.	

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
Resis. compr. di progetto fcd:		11.330	MPa
Resis. compr. ridotta fcd':		9.400	MPa
Def.unit. max resistenza ec2:		0.0020	
Def.unit. ultima ecu:		0.0035	

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	38 di 53

Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

CALCESTRUZZO -	Classe:	C20/25
	Resis. compr. di progetto fcd:	11.330 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	29960.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.210 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	110.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	310.0	170.0
2	365.0	157.0
3	402.0	128.0
4	426.0	83.0
5	430.0	40.0
6	413.0	25.0
7	413.0	-25.0
8	430.0	-40.0
9	426.0	-83.0
10	402.0	-128.0
11	365.0	-157.0
12	310.0	-170.0
13	-310.0	-170.0

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	39 di 53

14	-365.0	-157.0
15	-402.0	-128.0
16	-426.0	-83.0
17	-430.0	-40.0
18	-413.0	-25.0
19	-413.0	25.0
20	-430.0	40.0
21	-426.0	83.0
22	-402.0	128.0
23	-365.0	157.0
24	-310.0	170.0

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
Classe Conglomerato: C20/25

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	30.0	115.0
2	300.0	115.0
3	335.0	105.0
4	358.0	78.0
5	365.0	50.0
6	365.0	-50.0
7	358.0	-78.0
8	335.0	-105.0
9	300.0	-115.0
10	30.0	-115.0

**DOMINIO N° 3**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
Classe Conglomerato: C20/25

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-30.0	-115.0
2	-300.0	-115.0
3	-335.0	-105.0
4	-358.0	-78.0
5	-365.0	-50.0
6	-365.0	50.0
7	-358.0	78.0
8	-335.0	105.0
9	-300.0	115.0
10	-30.0	115.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	308.8	160.0	26
2	360.6	147.8	26
3	394.2	121.4	26
4	416.2	80.1	26
5	419.6	44.1	26
6	403.0	29.5	26
7	403.0	-29.5	26
8	419.6	-44.1	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	40 di 53

9	416.2	-80.1	26
10	394.2	-121.4	26
11	360.6	-147.8	26
12	308.8	-160.0	26
13	-308.8	-160.0	26
14	-360.6	-147.8	26
15	-394.2	-121.4	26
16	-416.2	-80.1	26
17	-419.6	-44.1	26
18	-403.0	-29.5	26
19	-403.0	29.5	26
20	-419.6	44.1	26
21	-416.2	80.1	26
22	-394.2	121.4	26
23	-360.6	147.8	26
24	-308.8	160.0	26
25	20.0	125.0	26
26	301.4	125.0	26
27	340.7	113.8	26
28	367.1	82.7	26
29	375.0	51.2	26
30	375.0	-51.2	26
31	367.1	-82.7	26
32	340.7	-113.8	26
33	301.4	-125.0	26
34	20.0	-125.0	26
35	-20.0	-125.0	26
36	-301.4	-125.0	26
37	-340.7	-113.8	26
38	-367.1	-82.7	26
39	-375.0	-51.2	26
40	-375.0	51.2	26
41	-367.1	82.7	26
42	-340.7	113.8	26
43	-301.4	125.0	26
44	-20.0	125.0	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	24	1	62	26
2	12	13	62	26
3	34	33	28	26
4	35	36	28	26
5	25	26	28	26
6	43	44	28	26
7	34	25	25	26
8	35	44	25	26
9	1	2	3	26
10	2	3	3	26

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	41 di 53

11	3	4	3	26
12	4	5	3	26
13	6	7	4	26
14	9	8	3	26
15	9	10	3	26
16	10	11	3	26
17	11	12	3	26
18	13	14	3	26
19	14	15	3	26
20	15	16	3	26
21	16	17	3	26
22	19	18	4	26
23	21	20	3	26
24	21	22	3	26
25	22	23	3	26
26	23	24	3	26
27	26	27	3	26
28	27	28	3	26
29	28	29	3	26
30	29	30	8	26
31	30	31	3	26
32	31	32	3	26
33	32	33	3	26
34	36	37	3	26
35	37	38	3	26
36	38	39	3	26
37	39	40	8	26
38	40	41	3	26
39	41	42	3	26
40	42	43	3	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 3.6 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	31919.00	22430.22	20945.78	0.00	0.00
2	29294.03	42347.89	9173.60	0.00	0.00
3	23911.63	5219.00	21982.85	0.00	0.00
4	23911.63	5219.00	21982.85	0.00	0.00
5	15828.05	42347.89	9173.60	0.00	0.00
6	21352.05	26850.01	18837.88	0.00	0.00
7	18706.65	75606.26	18775.18	0.00	0.00
8	19068.65	26850.01	56728.32	0.00	0.00
9	19068.65	26850.01	56728.32	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	42 di 53

10	18706.65	75606.26	18775.18	0.00	0.00
11	0.00	0.10	0.00	8439.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	6447.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N° Comb.	N	Mx	My
1	22508.00	15736.00	14461.00
2	20698.00	29433.00	6593.00
3	16986.00	3866.00	15042.00
4	16986.00	3866.00	15042.00
5	20698.00	29433.00	6593.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N° Comb.	N	Mx	My
1	21403.00	13362.00 (402495.44)	6531.00 (340424.70)
2	21403.00	21083.00 (140135.05)	6299.00 (41868.36)
3	16986.00	3866.00 (0.00)	9322.00 (0.00)
4	16986.00	3866.00 (0.00)	9322.00 (0.00)
5	19955.00	23721.00 (87502.77)	6048.00 (22310.05)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N° Comb.	N	Mx	My
1	16986.00	3866.00 (0.00)	3866.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.5 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.7 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	43 di 53

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis. Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis. Sic.	As Totale
1	S	31919.00	22430.22	20945.78	31918.72	163331.82	151902.93	7.272325.5(380.9)	
2	S	29294.03	42347.89	9173.60	29294.20	172216.33	37450.01	4.072325.5(380.9)	
3	S	23911.63	5219.00	21982.85	23911.80	80041.05	338521.14	15.402325.5(380.9)	
4	S	23911.63	5219.00	21982.85	23911.80	80041.05	338521.14	15.402325.5(380.9)	
5	S	15828.05	42347.89	9173.60	15827.93	155915.43	34253.53	3.682325.5(380.9)	
6	S	21352.05	26850.01	18837.88	21352.22	156824.32	109985.81	5.842325.5(380.9)	
7	S	18706.65	75606.26	18775.18	18706.66	159292.57	39046.50	2.112325.5(380.9)	
8	S	19068.65	26850.01	56728.32	19068.63	121316.46	254842.69	4.502325.5(380.9)	
9	S	19068.65	26850.01	56728.32	19068.63	121316.46	254842.69	4.502325.5(380.9)	
10	S	18706.65	75606.26	18775.18	18706.66	159292.57	39046.50	2.112325.5(380.9)	
11	S	0.00	0.10	0.00	0.00	136512.52	0.00	999.002325.5(380.9)	
12	S	0.00	0.00	0.00	0.00	136512.52	0.00	999.002325.5(380.9)	

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	310.0	170.0	0.00320	308.8	160.0	-0.00898	-308.8	-160.0
2	0.00350	310.0	170.0	0.00300	308.8	160.0	-0.01392	-308.8	-160.0
3	0.00350	402.0	128.0	0.00334	394.2	121.4	-0.00797	-394.2	-121.4
4	0.00350	402.0	128.0	0.00334	394.2	121.4	-0.00797	-394.2	-121.4
5	0.00350	310.0	170.0	0.00292	308.8	160.0	-0.01647	-308.8	-160.0
6	0.00350	310.0	170.0	0.00312	308.8	160.0	-0.01140	-308.8	-160.0
7	0.00350	310.0	170.0	0.00295	308.8	160.0	-0.01562	-308.8	-160.0
8	0.00350	365.0	157.0	0.00329	360.6	147.8	-0.00786	-360.6	-147.8
9	0.00350	365.0	157.0	0.00329	360.6	147.8	-0.00786	-360.6	-147.8
10	0.00350	310.0	170.0	0.00295	308.8	160.0	-0.01562	-308.8	-160.0
11	0.00350	310.0	170.0	0.00267	308.8	160.0	-0.02381	308.8	-160.0
12	0.00350	310.0	170.0	0.00267	308.8	160.0	-0.02381	308.8	-160.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c, nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere $< 0.45$

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	44 di 53

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000004621	0.000029146	-0.002887313	----	----
2	0.000001638	0.000049706	-0.005457615	----	----
3	0.000010771	0.000011593	-0.002313859	----	----
4	0.000010771	0.000011593	-0.002313859	----	----
5	0.000001679	0.000057376	-0.006774391	----	----
6	0.000003933	0.000037777	-0.004141340	----	----
7	0.000001829	0.000054499	-0.006332006	----	----
8	0.000007879	0.000018521	-0.002283652	----	----
9	0.000007879	0.000018521	-0.002283652	----	----
10	0.000001829	0.000054499	-0.006332006	----	----
11	0.000000000	0.000082748	-0.010567162	----	----
12	0.000000000	0.000082748	-0.010567162	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 3.6 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	24220.42	2636.89	164.4   154.4	294.3	1.000	1.134	0.0	43.6(0.0)
2	S	0.00	30105.35	3383.40	208.2   198.2	287.9	1.000	1.123	0.0	43.6(0.0)
3	S	0.00	12174.67	1198.92	91.5   70.2	335.3	1.000	1.100	0.0	43.6(0.0)
4	S	0.00	12174.67	1198.92	91.5   70.2	335.3	1.000	1.100	0.0	43.6(0.0)
5	S	0.00	28612.13	3406.96	209.5   199.5	286.1	1.000	1.066	0.0	43.6(0.0)
6	S	0.00	25559.33	2946.21	182.6   172.6	289.3	1.000	1.089	0.0	43.6(0.0)
7	S	0.00	28940.01	3386.97	208.4   198.4	287.8	1.000	1.078	0.0	43.6(0.0)
8	S	0.00	15063.59	1462.17	98.4   85.6	346.6	1.000	1.080	0.0	43.6(0.0)
9	S	0.00	15063.59	1462.17	98.4   85.6	346.6	1.000	1.080	0.0	43.6(0.0)
10	S	0.00	28940.01	3386.97	208.4   198.4	287.8	1.000	1.078	0.0	43.6(0.0)
11	S	8439.00	19197.80	8593.06	211.3   201.3	294.2	2.500	1.000	42.9	43.6(0.0)
12	S	0.00	27836.81	3437.23	211.3   201.3	294.2	1.000	1.000	0.0	43.6(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	45 di 53

Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.09	-30.0	115.0	-0.9	-308.8	-160.0	320	5.3
2	S	2.67	-30.0	115.0	-27.4	-308.8	-160.0	15750	350.4
3	S	1.19	-30.0	115.0	4.6	-394.2	-121.4	----	----
4	S	1.19	-30.0	115.0	4.6	-394.2	-121.4	----	----
5	S	2.67	-30.0	115.0	-27.4	-308.8	-160.0	15750	350.4

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 \cdot S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00000 (0.00000)	563	0.002 (0.20)	276726.16	254304.59
2	S	-0.00015	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	494	0.041 (0.20)	67189.04	15050.36
3	S	-0.00001	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	222577.51	170312.86
4	S	-0.00001	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	222577.51	170312.86
5	S	-0.00015	0	0.500	26.0	87	0.00008 (0.00008)	494	0.041 (0.20)	67189.04	15050.36

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.94	-30.0	115.0	3.8	-308.8	-160.0	----	----
2	S	2.30	-30.0	115.0	-4.4	-308.8	-160.0	1373	47.8
3	S	1.21	-30.0	115.0	7.5	-360.6	-147.8	----	----
4	S	1.21	-30.0	115.0	7.5	-360.6	-147.8	----	----
5	S	2.35	-30.0	115.0	-12.4	-308.8	-160.0	7184	180.5

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	402495.44	340424.70
2	S	-0.00003	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	423	0.006 (0.20)	140135.05	41868.36
3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
5	S	-0.00007	0	0.500	26.0	87	0.00004 (0.00004)	472	0.017 (0.20)	87502.77	22310.05



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 VI16 (ex VI08) - Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	46 di 53

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.22	-30.0	115.0	10.3	-308.8	-160.0	----	----

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

#### 4.9.2 Zattera di fondazione

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto.

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 8122 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 8358 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 958 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

Il plinto fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo esterno della pila, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a 0.2 d<sub>p</sub> (con d<sub>p</sub> altezza utile della sezione del plinto).

La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.

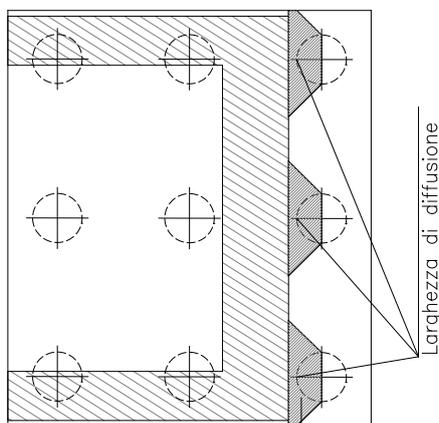
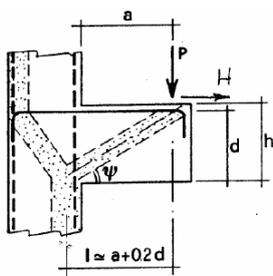


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 617 del 02-02-09

**VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONO.**



**P,H : Carichi Esterni di Progetto ( $P_{Ed}, H_{Ed}$ )**

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica**

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d).$$

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{Rc} \geq P_{Rs}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	48 di 53

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>3.75</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>8358.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>958.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>3.00</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>3.00</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.90	m	altezza utile
$l(m) =$	3.58	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.37		$\lambda = ctg\psi \pm l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$  1.00

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>14.1</b>	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	<b>391.0</b>	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>				
$n^{\circ} R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>24.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 1 =$	37.5	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	16964.59
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>				
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>24.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 2 =$	37.5	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	16964.59
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>				
$n^{\circ} R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$	<input type="text" value="0.630"/>	rad	$=$	<input type="text" value="36.09"/>	$^{\circ}$
$P_{RS} =$	<input type="text" value="8973.4"/>	KN	<input type="text" value="PRs &gt; PEd - Verifica Soddisfatta"/>		
$P_{RC} =$	<input type="text" value="21286.4"/>	KN	<input type="text" value="PRc &gt; PRs - Verifica Soddisfatta"/>		

#### 4.9.3 Palo di fondazione $L=27.0m$

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

Il momento flettente agente in testa palo viene derivato dal taglio in testa palo nell'ipotesi di elasticità lineare sia per il palo che per il terreno. Risulta

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.27 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$\alpha = 5.0 \text{ per la verifica SLE Frequente, condizione di scalzamento. (vedi relazione geotecnica)}$$

$N_{\max} = 9893 \text{ kN}$	$T = 1195 \text{ kN}$	$M = 1195 * 2.27 = 2713 \text{ kNm}$
$N_{\min} = -3170 \text{ kN}$	$T = 1195 \text{ kN}$	$M = 1195 * 2.27 = 2713 \text{ kNm}$
$N = -3170 \text{ kN}$	$T = 1195 \text{ kN}$	$M_{\max} = 1195 * 2.27 = 2713 \text{ kNm}$

*Caratteristiche della sezione:*

*Sezione circolare  $\varnothing 150 \text{ cm}$*

$$A_s = 44 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 27.00m$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50		



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI16 (ex VI08) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	50 di 53

Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 75.0 cm  
 X centro circ.: 0.0 cm  
 Y centro circ.: 0.0 cm

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	44	26

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 15.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	9893.00	2713.00	0.00	1195.00	0.00
2	-3170.00	2713.00	0.00	1195.00	0.00

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	5741.00	645.00	0.00
2	2029.00	645.00	0.00



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI16 (ex VI08) - Singolo Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	51 di 53

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	5057.00	1095.00 (17724.91)	0.00 (0.00)
2	2233.00	1095.00 (1879.12)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.3 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	9893.00	2713.00	0.00	9892.98	7184.78	0.00	2.65	233.6(53.0)
2	S	-3170.00	2713.00	0.00	-3170.26	3591.09	0.00	1.32	233.6(53.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00304	0.0	65.0	-0.00292	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00212	0.0	65.0	-0.01585	0.0	-65.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	52 di 53

a, b, c           Coeff. a, b, c, nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d               Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000045831	0.000062672	----	----
2	0.000000000	0.000138203	-0.006865199	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                   14 mm  
Passo staffe:                   15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver                   S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                  Taglio di progetto [kN] = proiezz. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                  Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                  Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                 Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                       Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                       I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                   Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                       E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                  Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                  Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                  Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                       Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                       L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
                       ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1195.00	3832.20	1852.30117.3	92.3	136.1	2.500	1.250	13.2	20.5(0.0)
2	S	1195.00	3213.60	2382.69128.7	118.7	110.9	2.500	1.000	10.3	20.5(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver                   S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max              Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max     Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min              Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min     Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.              Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.              Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.21	0.0	0.0	21.2	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.53	0.0	0.0	-7.1	0.0	-65.0	479	15.9

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.                   La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                   Esito della verifica  
e1                   Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2                   Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1                   = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                   = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                   = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 16 05 001	A	53 di 53

k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00029	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2849.13	0.00
2	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	429	0.009 (0.20)	3048.28	0.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.94	0.0	0.0	2.7	0.0	-65.0	0	0.0
2	S	4.11	0.0	0.0	-33.6	0.0	-65.0	1371	37.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	87	0.00002 (0.00002)	0	0.004 (0.20)	17724.91	0.00
2	S	-0.00020	0	0.500	26.0	87	0.00010 (0.00010)	459	0.046 (0.20)	1879.12	0.00