

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA

OPERE CIVILI

FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI

RELAZIONE DI CALCOLO

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
DIRETTORE TECNICO Ing. G. PARISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. G. TANZI	

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. SCALA

R	S	3	9	1	0	V	Z	Z	C	L	I	N	5	1	0	0	0	5	A	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F.Ricci	11/2023	C.Beltrami	11/2023	G.Tanzi	11/2023	Ing. G. Tanzi
								Novembre 2023

File: RS39-10-V-ZZ-CL-IN5100-005_A.docx

n. Elab.:

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>2 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	2 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	2 di 35								

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Riferimenti normativi	5
2.2	Elaborati di riferimento	5
3	MATERIALI.....	6
3.1	Proprietà meccaniche di progetto	6
3.1.1	Calcestruzzo.....	6
3.1.2	Acciaio per armatura lenta.....	7
3.2	Durabilità.....	7
3.2.1	Classi di esposizione e condizioni ambientali.....	7
3.2.2	Copriferro di progetto.....	8
3.2.3	Limiti fessurativi.....	8
3.2.4	Valori limite delle tensioni.....	9
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	10
4.1	Premessa.....	10
4.2	Stratigrafia.....	10
4.3	Parametri geotecnici	11
5	CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	12
5.1	Peso proprio dei materiali strutturali	12
5.2	Carichi permanenti non strutturali	12
5.3	Carico variabile	12
5.4	Azione del vento.....	12
5.5	Azione della neve	14
5.6	Azione sismica.....	15
5.6.1	Forze d'inerzia	19
5.7	Combinazione di carico.....	21
6	REAZIONI AD INTRADOSSO FONDAZIONE	25
7	VERIFICA STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE	26

APPALTATORE: Mandatario: 	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
Mandante:   													
APPALTATORE: Mandatario: 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>3 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	3 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	3 di 35								
Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI													

8	VERIFICHE GEOTECNICHE – CAPACITÀ PORTANTE E SCORRIMENTO	28
8.1	Verifiche geotecniche Combinazione STR3.....	29
9	VERIFICHE GEOTECNICHE – RIBALTAMENTO	34
9.1	Condizioni statiche	34
9.2	Condizioni sismiche	35

APPALTATORE: Mandatario:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>4 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	4 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	4 di 35								

1 PREMESSA

Nell'ambito del raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova, per la realizzazione del nuovo collegamento Palermo-Catania, è previsto la variante idraulica di Bicocca-Interporto.

Nello specifico, nella presente relazione viene effettuato il calcolo delle fondazioni degli armadi e del gruppo elettrogeno.

Gli armadi utilizzati sono di due differenti tipologie: 3 armadi hanno un ingombro in pianta di 0.33x0.91 m ed un'altezza pari a 1.85 m ed un armadio ha un ingombro in pianta di 0.58x0.73 m ed un'altezza pari a 1.76 m.

Gli armadi poggiano su una fondazione rettangolare di dimensione 2.10x3.10m e di altezza complessiva pari a 0.60m, di cui 0.45m risultano interrati.

APPALTATORE: Mandatario: Mandante:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: Mandante:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>5 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	5 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	5 di 35								

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Riferimenti normativi

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Legge 5 novembre 1971 n. 1086</i> ▪ <i>Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951</i> ▪ <i>Legge 2 febbraio 1974 n. 64</i> ▪ <i>D.M.Min. II. TT. del 14 gennaio 2008</i> ▪ <i>Circolare 2 febbraio 2009, n. 617</i> ▪ <i>UNI ENV 1998-5 – Gennaio 2005</i> ▪ <i>UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005</i> | <p>Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica</p> <p>Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086</p> <p>Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche</p> <p>Norme tecniche per le costruzioni</p> <p>Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008</p> <p>Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici</p> <p style="text-align: center;">-</p> |
|---|---|

Si precisa che, non essendo l'opera sotto binario, si seguono le prescrizioni normative presenti all'interno delle NTC.

2.2 Elaborati di riferimento

- [1] RS39-10-E-ZZ-RB-GE0200-001_B – Relazione geotecnica generale
- [2] RS39-10-E-ZZ-F7-GE0200-040_B – Profilo geotecnico – Tav. 40

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>6 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	6 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	6 di 35								

3 MATERIALI

3.1 Proprietà meccaniche di progetto

3.1.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo per magrone

Classe del calcestruzzo			C12/15
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	15.00	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	12.45	N/mm ²

Calcestruzzo per fondazione

Classe di resistenza			C25/30
Classe di esposizione			XC2
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	24.90	N/mm ²
Resistenza media a compressione	f_{cm}	32.90	N/mm ²
Resistenza cilindrica a compressione di progetto ($\gamma_c=1.5, \alpha_c=0.85$)	f_{cd}	14.11	N/mm ²
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	2.56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	1.79	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	3.33	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	f_{cfm}	3.07	N/mm ²
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	1.19	N/mm ²
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.03	N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cls di calcolo	f_{bd}	2.69	N/mm ²
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	E_{cm}	31447	N/mm ²
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.rara)	σ_c	13.70	N/mm ²
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.quasi perm.)	σ_c	11.21	N/mm ²

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   	 					
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.51.00.005 A 8 di 35				
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI						

3.2.2 Copriferro di progetto

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, il valore minimo del copriferro deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1IV della Circolare 2.2.2009, riportata nel seguito (Tabella 2). Ai valori del copriferro minimo riportati, occorre considerare in aggiunta una tolleranza di posa pari a 10 mm.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi	
C _{min}	Co	ambiente	C ≥ Co	C _{min} ≤ C < Co	C ≥ Co	C _{min} ≤ C < Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25

Tabella 2 – Copriferri minimi

Si riportano nel seguito i copriferri di progetto adottati, determinati in funzione della classe del calcestruzzo e delle condizioni ambientali ed in accordo alle prescrizioni RFI DTC INC PO SP IFS 001 A, par. 2.2.3.2.

	Ambiente	Copriferro minimo C _{min} (mm) NTC	Copriferro minimo C _{min} (mm) RFI	Copriferro nominale c _d (mm)
Fondazioni	Ordinario	20+10 = 30	40	40

Tabella 3 – Copriferro di progetto

3.2.3 Limiti fessurativi

In accordo al par. 4.1.2.2.4 del DM 14.01.2008, il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori riportati nella seguente tabella.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione azione	Armatura poco sensibile	
			Stato limite	w_d
a	ordinarie	frequente	Apertura fessura	$\leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$
		quasi permanente	Apertura fessura	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

Tabella 4 – Limiti fessurativi

Con riferimento alle prescrizioni RFI DTC INC PO SP IFS 001 A, si assume che l'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, risulti:

- $w \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie, secondo il citato paragrafo del DM 14.01.2008.

Pertanto, risulta:

- per strutture in condizioni ambientali ordinarie (fondazione):

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

APPALDATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>9 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	9 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	9 di 35								

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

3.2.4 Valori limite delle tensioni

Secondo quanto previsto da FF. SS – Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A, i valori limite delle tensioni sono:

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Per combinazioni di carico caratteristiche (rara): **0.55 f_{ck}**

Tensioni di trazione dell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare **0.75 f_{yk}**

Nel caso in esame, risulta:

Calcestruzzo – C25/30

Tensione massima di compressione in esercizio (comb. rara) σ_c 13.70 N/mm²

Acciaio – B450C

Tensione massima di compressione in esercizio (comb. rara) σ_s 337.5 N/mm²

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.005	REV. A	PAGINA 10 di 35

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

4.1 Premessa

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite indagini in sito e prove di laboratorio. Ai fini del calcolo delle opere strutturali di cui oggetto della corrente relazione di calcolo, si sono utilizzati i parametri geotecnici definiti in accordo al profilo geotecnico [2] e alla relazione geotecnica generale [1].

4.2 Stratigrafia

La figura seguente mostra un estratto del profilo geotecnico in corrispondenza della vasca di laminazione.

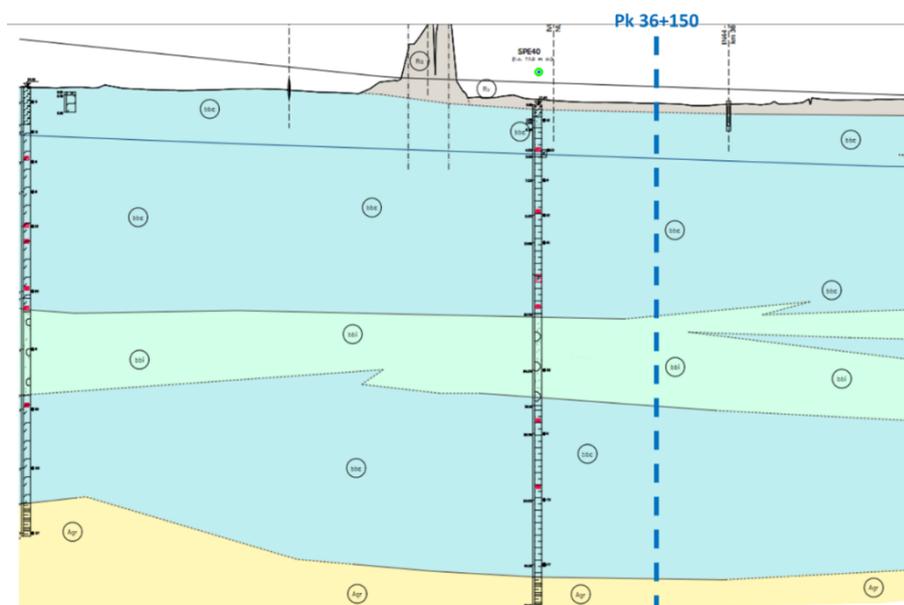


Figura 1 Profilo geotecnico e indicazione della sezione di calcolo

La stratigrafia di riferimento per le analisi è sintetizzata nella tabella seguente.

Strato	U.G.	Quota sommità (m s.l.m.)	Quota inferiore (m s.l.m.)	Spessore strato (m)
1	bbc	18.0	-2.0	20.0
2	bbi	-2.0	-12.0	10.0
3	bbc	-12.0	-29.0	17.0
4	Agr	-29.0	-42.0	13.0

Tabella 5 – Stratigrafia di calcolo

Per le verifiche strutturali si è considerata una stratigrafia uniforme costituita dall'unità bbc.

La falda idrica è a 5.5m dal p.c.

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>12 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	12 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	12 di 35								

5 CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

5.1 Peso proprio dei materiali strutturali

Il peso proprio delle fondazioni è valutato in base alle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali e del peso specifico assunto per i materiali, in particolare:

- calcestruzzo armato ordinario $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$

Il peso proprio della fondazione risulta pari a:

$$W = 25 \times (2.10 \times 3.10 \times 0.6) = 97.7 \text{ kN}$$

5.2 Carichi permanenti non strutturali

Il peso di ciascun armadio viene considerato come carico permanente non strutturale e risulta pari a 1.0 kN.

5.3 Carico variabile

Per quanto riguarda il carico variabile si considera il carico H relativo alla manutenzione di copertura, con un valore pari a 0.5 kN/m^2 .

Il peso totale risulta pari a:

$$Q = 0.5 \times 2.10 \times 3.10 = 3.3 \text{ kN}$$

5.4 Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti. Per il calcolo dell'azione statica equivalente dovuta al vento, si è fatto riferimento ad un sito posto in zona 4, con altezza sul livello del mare pari a circa 20 m, a cui sono associati i parametri:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
4	Sicilia	28	500	0.020

Per $a < a_0$ si ha che $v_b = v_{b,0}$.

La pressione del vento, considerata come azione statica agente normalmente alle superfici, è data dall'espressione:

- $p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$

dove:

q_b = pressione cinetica di riferimento

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>13 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	13 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	13 di 35								

c_e = coefficiente di esposizione

c_p = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)

c_d = coefficiente dinamico (= 1.0)

La pressione cinetica di riferimento q_b in (N/m²) è data dall'espressione:

- $q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2$

dove:

v_b = velocità di riferimento del vento;

ρ = densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³.

Il periodo di ritorno T_R al quale si è fatto affidamento per la valutazione della velocità di riferimento del vento risulta pari a 75 anni (in accordo con la vita nominale V_N della struttura).

In mancanza di indagini statistiche adeguate, la velocità di riferimento del vento $v_b(T_R)$ riferita ad un generico periodo di ritorno T_R può essere valutata, nel campo compreso tra 10 e 500 anni, con l'espressione:

- $v_b(T_R) = \alpha_R \cdot v_b = 29 \text{ m/s}$

dove:

v_b = velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni = $v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$;

α_R = coefficiente in funzione di T_R espresso in anni = $0.75 \cdot \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} = 1.025$;

La pressione di riferimento vale:

- $q_b = 525 \text{ N/m}^2 = 0.53 \text{ kN/ m}^2$

Il coefficiente d'esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Il coefficiente di esposizione è fornito dalla formula:

- $c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{\min}$;
- $c_e(z) = c_e(z_{\min})$ per $z < z_{\min}$.

Per il caso in esame si considera, classe di rugosità del terreno D (NTC 2008 Tab. 3.3.III) e categoria d'esposizione del sito II (NTC 2008 Fig. 3.3.2, per sito in zona 4 a distanza inferiore a 30 km dalla costa e altezza a_s inferiore a 500 m slm), da cui segue:

$k_r = 0.19$;

$z_0 = 0.05 \text{ m}$

$z_{\min} = 4 \text{ m}$.

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>14 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	14 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	14 di 35								

Considerando che la quota di riferimento della copertura è a circa +1.85 rispetto al piano campagna, si ha:

- $c_e = \dots = 1.80$

Per la determinazione del coefficiente di forma si fa riferimento a quanto riportato in Circolare 2009 al paragrafo 3.3.10.1.

Di conseguenza, ai fini della valutazione della spinta complessiva sulla struttura:

- per il carico sopravvento si assume $c_{pe} = + 0.8$;
- per il carico sottovento si assume $c_{pe} = -0.4$;
- per la pressione interna, dato che la costruzione risulta stagna, si assume $c_{pi} = 0$.

Complessivamente il coefficiente di forma vale:

- $c_p = 0.8$ per gli elementi sopravvento;
- $c_p = -0.4$ per elementi sottovento.

Pertanto, la pressione del vento vale:

- lato sopravvento $p_{(+)} = 0.53 \times 1.80 \times 0.80 \times 1.0 = 0.76 \text{ kN/m}^2$;
- lato sottovento $p_{(-)} = 0.53 \times 1.80 \times 0.40 \times 1.0 = 0.38 \text{ kN/m}^2$.

Nella direzione perpendicolare al lato lungo, la forzante totale dell'azione del vento risulta pari a:

$$F = (2 \times 0.91 \times 1.85 + 0.73 \times 1.76) \times (0.76 + 0.38) = 5.3 \text{ kN}$$

Nella direzione perpendicolare al lato corto, la forzante totale dell'azione del vento risulta pari a:

$$F = (2 \times 0.33 \times 1.85 + 0.38 \times 1.76) \times (0.76 + 0.38) = 2.2 \text{ kN}$$

Nella direzione verticale, la forzante totale dell'azione del vento risulta pari a:

$$F = (3 \times 0.33 \times 0.91 + 0.38 \times 0.73) \times 0.38 = 0.45 \text{ kN}$$

5.5 Azione della neve

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2008. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot q_{sk}$$

dove:

μ_i - Coefficiente di forma della copertura;

C_e - Coefficiente di esposizione;

C_t - Coefficiente termico;

q_{sk} - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

Per la valutazione di q_{sk} si è fatto riferimento ad un sito posto in zona III - Catania

APPALTATORE: Mandatario: Mandante:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: Mandante:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">IN.51.00.005</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">15 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	15 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	15 di 35								

$$q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente di esposizione C_e può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2008. Per il caso in esame si assume $C_e = 1.0$.

Il coefficiente termico C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1.0$ (3.4.4 - NTC2008).

Il coefficiente di forma della copertura dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (DM 14 Gennaio 2008):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha $\alpha = 0^\circ$ pertanto:

$$\mu_1 (0^\circ) = 0.8$$

Si assume una distribuzione uniforme del carico da neve per la copertura piana, quindi si ha:

$$q_s = 0.8 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 0.60 = 0.48 \text{ kN/m}^2 \approx \mathbf{0.50 \text{ kN/m}^2}.$$

Il peso totale della neve sulla copertura risulta pari a:

$$Q = 0.5 \times 2.10 \times 3.10 = 3.3 \text{ kN}$$

5.6 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. 14gennaio 2008.

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (C_U).

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = \mathbf{75 \text{ anni}}$. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una **Classe III** a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_U = \mathbf{1.5}$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , ovvero:

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>16 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	16 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	16 di 35								

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / VR) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo C

Si riassumono di seguito i parametri impiegati per la definizione dell'azione sismica.

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

- Longitudine: 15.03591°
- Latitudine: 37.45640°

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

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso C_U : 1.5
- Vita nominale V_N : 75anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T₁
- Fattore di struttura q: 1

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Lo stato limite considerato è lo SLV.

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:					
  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.005	REV. A	PAGINA 17 di 35

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

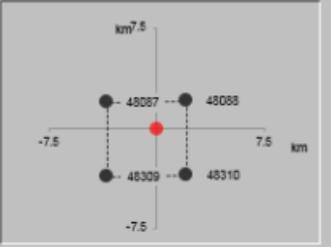
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

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

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

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

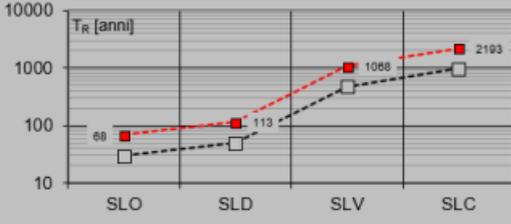
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.005	REV. A	PAGINA 18 di 35

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo **C** info $S_s = 1.244$ $C_c = 1.351$ info
 Categoria topografica **T1** info $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_b **3.45** Regol. in altezza **no** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q **1.5** $\eta = 0.667$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

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

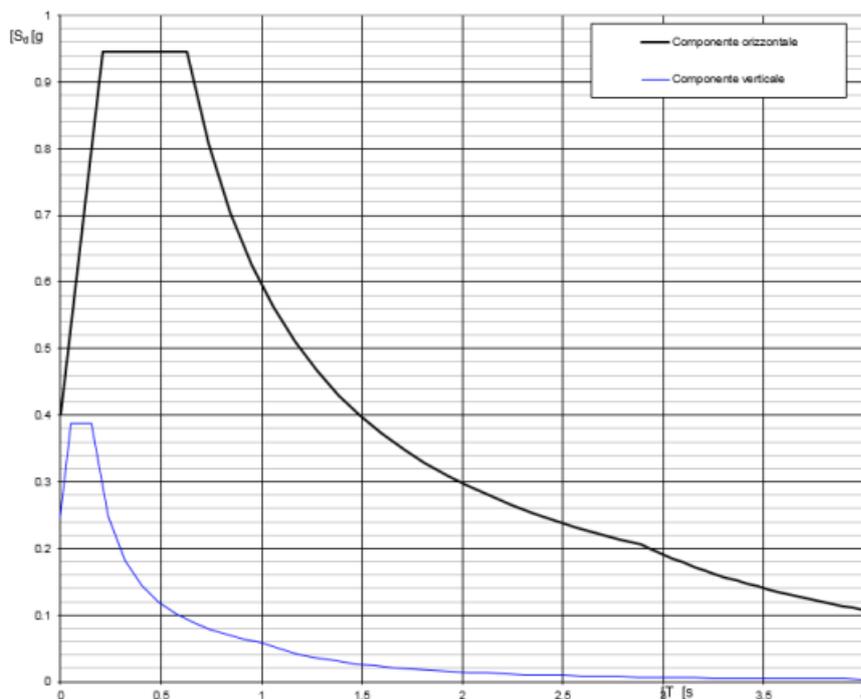


Figura 3 Grafici spettri di risposta orizzontale e verticale allo SLV

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>19 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	19 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	19 di 35								

5.6.1 Forze d'inerzia

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\text{Forza sismica orizzontale} \quad F_h = k_h \cdot W$$

$$\text{Forza sismica verticale} \quad F_v = k_v \cdot W$$

I coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) vengono valutati mediante le seguenti espressioni, in accordo con quanto esposto come esposto al paragrafo 7.11.6 delle NTC08, assumendo il coefficiente β_m unitario, essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

I parametri sismici nel caso in esame per la determinazione della forza sismica **orizzontale** allo SLV sono:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.322 g
F_o	2.358
T_C^*	0.466 s
S_S	1.244
C_C	1.351
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.244
η	1.000
T_B	0.210 s
T_C	0.630 s
T_D	2.889 s

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è pari a:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.244 \cdot 1 \cdot 0.322g = 0.401g$$

Pertanto, il coefficiente sismico orizzontale delle fondazioni superficiali risulta pari a:

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>20 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	20 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	20 di 35								

$$k_h = 0.28 \times 0.401 = 0.112$$

Il coefficiente sismico verticale risulta la metà di quello orizzontale, pari a 0.056.

Il peso proprio della fondazione risulta pari a 97.7 kN e il peso di ciascun armadio risulta pari a 1.0 kN.

L'azione sismica orizzontale totale risulta pari a:

$$F = (97.7 + 4 \times 1.0) \times 0.112 = 11.4 \text{ kN}$$

L'azione sismica verticale totale risulta pari a:

$$F = (97.7 + 4 \times 1.0) \times 0.056 = 5.7 \text{ kN}$$

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>Ingegneria Integrata</small> Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> SETECO <small>Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>21 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	21 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	21 di 35								

5.7 Combinazione di carico

I calcoli sono stati effettuati considerando la struttura sottoposta alle azioni indotte dai seguenti carichi elementari, descritti nel precedente paragrafo:

Le combinazioni di carico considerate sono quelle contenute nella “Specificazione per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”, che richiama integralmente il cap. 2 e i paragrafi 4.1, 4.2 e 4.3 del DM 14.01.2008:

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

- Combinazione frequente, per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

- Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all’azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \cdot E_X \pm 0.30 \cdot E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \cdot E_Y \pm 1.00 \cdot E_Z$$

con E_X e E_Z rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell’azione sismica.

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>22 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	22 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	22 di 35								

Coefficienti parziali per le azioni in combinazione

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6 – Coefficienti parziali per le azioni

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 7 – Coefficienti parziali per le azioni

APPALDATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>23 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	23 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	23 di 35								

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_{γ}	1,0	1,0

Tabella 8 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici

Le verifiche allo SLU di tipo strutturale STR saranno effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle precedenti tabelle seguendo l'Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1);
- Combinazione 2: (A2+M2+R2).

Le verifiche strutturali di tipo geotecnico delle fondazioni saranno condotte secondo l'approccio 2:

- Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Si riportano di seguito le combinazioni utilizzate per le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni.

SLU (A1)							
Combinazione		Permanenti strutturali	Permanente non strutturale	Carico variabile	Neve	Vento X	Vento Y
1	STR 1	1	1	0	0	1.5	0
2	STR 2	1	1	0	0	0	1.5
3	STR 3	1.3	1.5	0	0.75	1.5	0
4	STR 4	1.3	1.5	0	0.75	0	1.5
5	STR 5	1.3	1.5	0	1.5	0.9	0
6	STR 6	1.3	1.5	0	1.5	0	0.9
7	STR 7	1.3	1.5	1.5	0.75	0.9	0
8	STR 8	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0.9

Tabella 9 – Combinazioni di azioni per lo SLU (A1)

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.005	REV. A	PAGINA 24 di 35

SLE Rara							
Combinazione		Permanenti strutturali	Permanente non strutturale	Carico variabile	Neve	Vento X	Vento Y
1	RA 1	1	1	0	0	1	0
2	RA 2	1	1	0	0	0	1
3	RA 3	1	1	0	0.5	1	0
4	RA 4	1	1	0	0.5	0	1
5	RA 5	1	1	0	1	0.6	0
6	RA 6	1	1	0	1	0	0.6
7	RA 7	1	1	1	0.5	0.6	0
8	RA 8	1	1	1	0.5	0	0.6

Tabella 10 – Combinazioni di azioni per lo SLE rara

SLV						
Combinazione		Permanenti strutturali	Permanente non strutturale	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
1	SLV 1	1	1	1	0.3	0.3
2	SLV 2	1	1	1	0.3	-0.3
3	SLV 3	1	1	0.3	1	0.3
4	SLV 4	1	1	0.3	1	-0.3
5	SLV 5	1	1	0.3	0.3	1
6	SLV 6	1	1	0.3	0.3	-1

Tabella 11 – Combinazioni di azioni per lo SLV

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:					
  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.005	REV. A	PAGINA 25 di 35

6 REAZIONI AD INTRADOSSO FONDAZIONE

Di seguito si riportano le reazioni ad intradosso della fondazione, con il sistema di riferimento mostrato nella figura seguente.

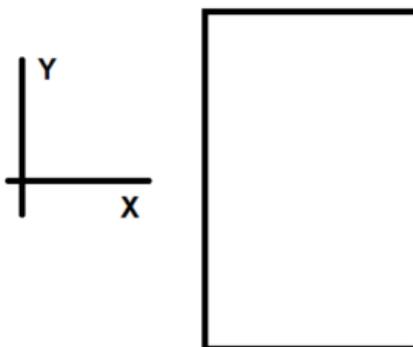


Figura 4 Sistema di riferimento fondazione

Nella seguente tabella si riportano le reazioni ad intradosso fondazione per le combinazioni mostrate al capitolo 5.7.

Numero	Combinazione	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	SLU STR 1	-7.95	0.00	101.01	-0.01	-12.18	-1.01
2	SLU STR 2	0.00	-3.24	101.01	4.88	-0.16	0.08
3	SLU STR 3	-7.95	0.00	134.80	-0.01	-12.28	-1.01
4	SLU STR 4	0.00	-3.24	134.80	4.88	-0.26	0.08
5	SLU STR 5	-4.77	0.00	137.55	-0.01	-7.49	-0.60
6	SLU STR 6	0.00	-1.94	137.55	2.93	-0.28	0.05
7	SLU STR 7	-4.77	0.00	140.02	-0.01	-7.49	-0.60
8	SLU STR 8	0.00	-1.94	140.02	2.93	-0.28	0.05
9	RARA 1	-5.30	0.00	101.24	-0.01	-8.19	-0.67
10	RARA 2	0.00	-2.16	101.24	3.25	-0.17	0.05
11	RARA 3	-5.30	0.00	102.89	-0.01	-8.19	-0.67
12	RARA 4	0.00	-2.16	102.89	3.25	-0.17	0.05
13	RARA 5	-3.18	0.00	104.72	-0.01	-4.99	-0.40
14	RARA 6	0.00	-1.30	104.72	1.95	-0.18	0.03
15	RARA 7	-3.18	0.00	106.37	-0.01	-4.99	-0.40
16	RARA 8	0.00	-1.30	106.37	1.95	-0.18	0.03
17	SLV X1	-11.35	-3.40	99.98	1.18	-4.15	-0.01
18	SLV X2	-11.35	-3.40	103.42	1.18	-4.15	-0.01
19	SLV Y1	-3.40	-11.35	99.98	3.95	-1.38	-0.02
20	SLV Y2	-3.40	-11.35	103.42	3.95	-1.39	-0.02
21	SLV Z1	-3.40	-3.40	95.98	1.18	-1.37	-0.01
22	SLV Z2	-3.40	-3.40	107.42	1.18	-1.40	-0.01

Tabella 12 – Reazioni ad intradosso fondazione

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.005	REV. A	PAGINA 26 di 35

7 VERIFICA STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE

L'armatura utilizzata al lembo teso risulta pari a $\Phi 16/20$ ($1005 \text{ mm}^2/\text{m}$).

La verifica strutturale della fondazione viene eseguita mediante un modello tirante-puntone, valutando la risultante su metà fondazione, come riportato nello schema della verifica più significativa.

Per ciascuna combinazione di verifica è stata valutata l'inclinazione del puntone ed è stata valutata l'area minima di armatura del tirante necessaria su 1 metro di larghezza della fondazione.

Verifica tirante su 1 metro di fondazione - Direzione B									
Numero	Combinazione	Carico spigolo 1 (kN/m)	Carico spigolo 2 (kN/m)	Carico mezzeria (kN/m)	Risultante verticale terreno (kN)	Pos. Ris. rispetto ad asse (m)	Angolo inclin. Puntone	Tiro Orizz. (kN)	Armatura minima a metro (mm^2)
1	SLU STR 1	20.86	10.17	15.52	19.10	0.55	46.04	18.42	47.07
2	SLU STR 2	15.59	15.45	15.52	16.33	0.53	47.98	14.71	37.60
3	SLU STR 3	26.10	15.31	20.71	24.57	0.55	46.46	23.35	59.68
4	SLU STR 4	20.82	20.59	20.71	21.80	0.53	47.97	19.65	50.21
5	SLU STR 5	24.42	17.84	21.13	23.91	0.54	47.03	22.27	56.93
6	SLU STR 6	21.25	21.01	21.13	22.25	0.53	47.97	20.05	51.24
7	SLU STR 7	24.80	18.22	21.51	24.31	0.54	47.04	22.63	57.84
8	SLU STR 8	21.63	21.39	21.51	22.65	0.53	47.97	20.41	52.16
9	SLV X1	17.18	13.54	15.36	17.08	0.53	47.25	15.79	40.36
10	SLV X2	17.71	14.06	15.89	17.64	0.53	47.27	16.29	41.64
11	SLV Y1	15.96	14.75	15.36	16.44	0.53	47.75	14.94	38.18
12	SLV Y2	16.50	15.28	15.89	17.00	0.53	47.75	15.44	39.46
13	SLV Z1	15.35	14.14	14.74	15.80	0.53	47.74	14.36	36.69
14	SLV Z2	17.11	15.89	16.50	17.65	0.53	47.76	16.02	40.95
massima									59.68

Verifica tirante su 1 metro di fondazione - Direzione L									
Numero	Combinazione	Carico spigolo 1 (kN/m)	Carico spigolo 2 (kN/m)	Carico mezzeria (kN/m)	Risultante verticale terreno (kN)	Pos. Ris. rispetto ad asse (m)	Angolo inclin. Puntone	Tiro Orizz. (kN)	Armatura minima a metro (mm^2)
1	SLU STR 1	15.52	15.51	15.52	24.05	0.78	51.78	18.94	48.41
2	SLU STR 2	16.97	14.07	15.52	25.17	0.79	50.77	20.55	52.52
3	SLU STR 3	20.71	20.70	20.71	32.10	0.78	51.78	25.28	64.60
4	SLU STR 4	22.16	19.26	20.71	33.22	0.78	51.02	26.88	68.71
5	SLU STR 5	21.13	21.13	21.13	32.75	0.78	51.78	25.79	65.92
6	SLU STR 6	22.00	20.26	21.13	33.42	0.78	51.32	26.76	68.38
7	SLU STR 7	21.51	21.51	21.51	33.34	0.78	51.78	26.26	67.10
8	SLU STR 8	22.38	20.64	21.51	34.01	0.78	51.33	27.22	69.56
9	SLV X1	15.71	15.01	15.36	24.08	0.78	51.52	19.14	48.91
10	SLV X2	16.24	15.53	15.89	24.90	0.78	51.53	19.78	50.55
11	SLV Y1	16.53	14.18	15.36	24.72	0.78	50.95	20.05	51.24
12	SLV Y2	17.06	14.71	15.89	25.53	0.78	50.97	20.69	52.89
13	SLV Z1	15.10	14.39	14.74	23.12	0.78	51.51	18.39	46.99
14	SLV Z2	16.85	16.15	16.50	25.85	0.78	51.54	20.53	52.47
massima									69.56

L'armatura necessaria per la verifica tirante puntone, massima 65 mm^2 , risulta decisamente inferiore all'armatura presente all'interno della fondazione ($\Phi 16/20$) pari a 1005 mm^2 .

APPALDATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT ingegneria integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO ingegneria s.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>27 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	27 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	27 di 35								

La verifica risulta pertanto ampiamente soddisfatta.

Si riporta di seguito lo schema di tirante-puntone della sezione più significativa, in cui è richiesta un'armatura maggiore.

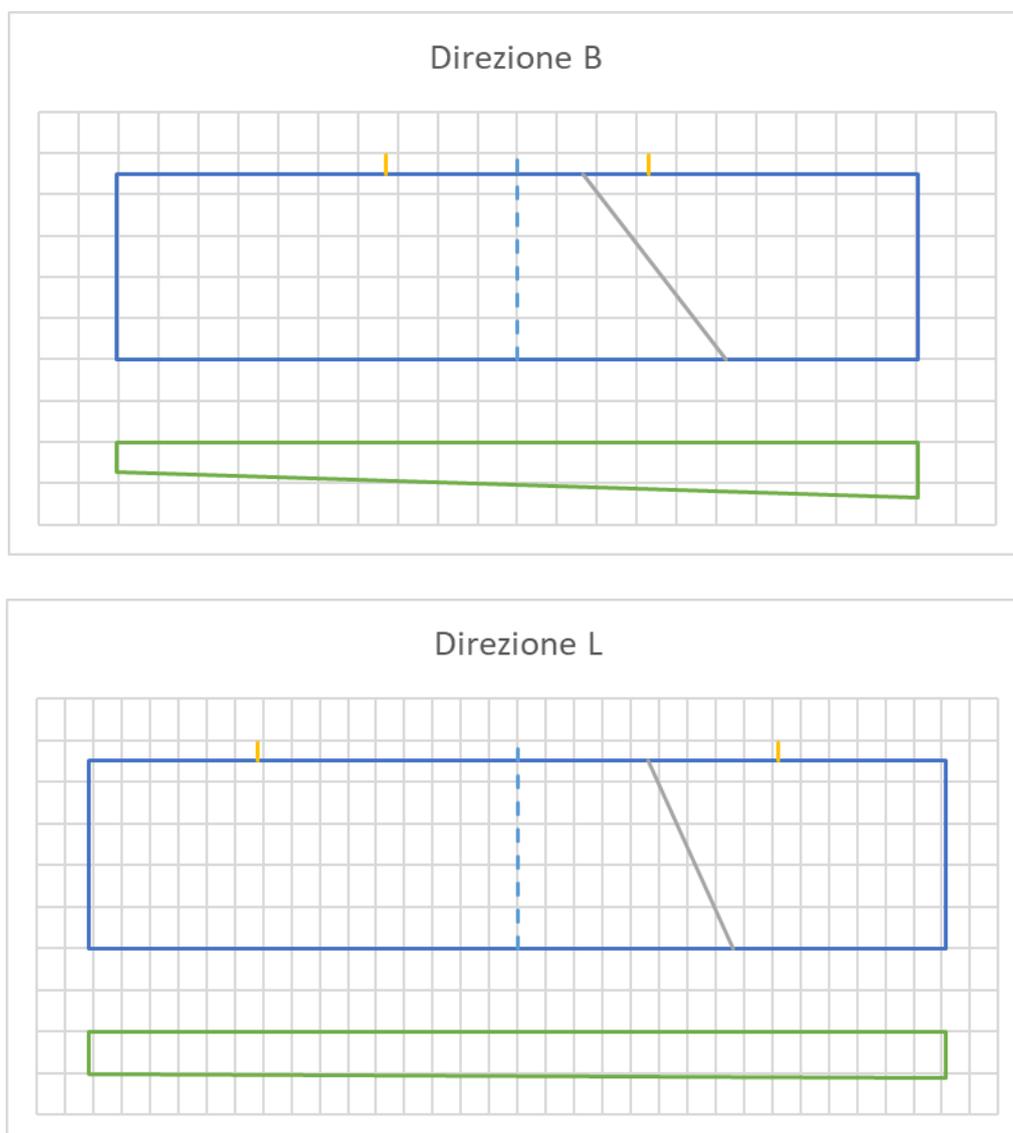


Figura 5 Modello tirante puntone

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>28 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	28 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	28 di 35								

8 VERIFICHE GEOTECNICHE – CAPACITÀ PORTANTE E SCORRIMENTO

Nelle condizioni statiche, la verifica a carico limite dell'insieme fondazione-terreno e a collasso per scorrimento sul piano di posa è eseguita in accordo alle prescrizioni del paragrafo 6.4.2 delle NTC 2008.

Nelle condizioni sismiche, la verifica a carico limite dell'insieme fondazione-terreno e a collasso per scorrimento sul piano di posa è eseguita in accordo alle prescrizioni del paragrafo 7.1.1.5 delle NTC 2008.

Nel dettaglio, le verifiche sono effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC 2008, seguendo l'approccio 2:

- Combinazione: $(A1+M1+R3)$

La valutazione della capacità portante limite della fondazione è stata effettuata adottando la formulazione presentata dal metodo di Brinch-Hansen.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle verifiche a capacità portante e scorrimento per ciascuna combinazione di carico di verifica.

Verifica capacità portante						
Numero	Combinazione	qlim (KPa)	$\gamma R3$	qres (KPa)	q (KPa)	F.S.
1	SLU STR 1	210.70	2.3	91.61	17.53	5.23
2	SLU STR 2	247.39	2.3	107.56	16.04	6.71
3	SLU STR 3	223.48	2.3	97.16	22.68	4.28
4	SLU STR 4	251.57	2.3	109.38	21.24	5.15
5	SLU STR 5	239.86	2.3	104.29	22.29	4.68
6	SLU STR 6	256.81	2.3	111.66	21.46	5.20
7	SLU STR 7	240.28	2.3	104.47	22.66	4.61
8	SLU STR 8	256.95	2.3	111.72	21.84	5.11
9	SLV X1	199.19	2.3	86.60	16.11	5.37
10	SLV X2	201.17	2.3	87.47	16.64	5.26
11	SLV Y1	205.32	2.3	89.27	15.97	5.59
12	SLV Y2	207.14	2.3	90.06	16.50	5.46
13	SLV Z1	236.72	2.3	102.92	15.07	6.83
14	SLV Z2	239.58	2.3	104.16	16.83	6.19

Verifica scorrimento						
Numero	Combinazione	Sk (kN)	$\gamma R3$	Sd (kN)	Hd (kN)	F.S.
1	SLU STR 1	44.97	1.1	40.88	7.95	5.14
2	SLU STR 2	44.97	1.1	40.88	3.24	12.62
3	SLU STR 3	60.01	1.1	54.56	7.95	6.86
4	SLU STR 4	60.01	1.1	54.56	3.24	16.84
5	SLU STR 5	61.24	1.1	55.67	4.77	11.67
6	SLU STR 6	61.24	1.1	55.67	1.94	28.64
7	SLU STR 7	62.34	1.1	56.67	4.77	11.88
8	SLU STR 8	62.34	1.1	56.67	1.94	29.15
9	SLV X1	44.52	1.1	40.47	11.85	3.42
10	SLV X2	46.04	1.1	41.86	11.85	3.53
11	SLV Y1	44.52	1.1	40.47	11.85	3.42
12	SLV Y2	46.04	1.1	41.86	11.85	3.53
13	SLV Z1	42.73	1.1	38.85	4.81	8.07
14	SLV Z2	47.83	1.1	43.48	4.81	9.03

Tabella 13 – Verifiche geotecniche

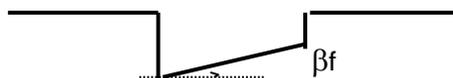
APPALDATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>29 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	29 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	29 di 35								

Di seguito viene riportato il calcolo dettagliato della combinazione più significativa.

8.1 Verifiche geotecniche Combinazione STR3

(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

$$\begin{aligned}
 B &= 2.10 \quad (\text{m}) \\
 L &= 3.10 \quad (\text{m}) \\
 D &= 0.45 \quad (\text{m})
 \end{aligned}$$



$$\beta_f = 0.00 \quad (^\circ)$$



$$\beta_p = 0.00 \quad (^\circ)$$

Combinazione di verifica

3

AZIONI

	Valori di calcolo
N [kN]	134.80
Mb [kNm]	12.28
Ml [kNm]	0.01
Tb [kN]	7.95
Tl [kN]	0.00
H [kN]	7.95

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 24.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 24.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 9.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.09 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 1.92 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 3.10 \quad (\text{m})$$

APPALDATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>Ingegneria Integrata</small> Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>30 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	30 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	30 di 35								

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 9.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 9.60$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 19.32$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 9.44$$

S_c, S_q, S_γ : fattori di forma

$$S_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$S_c = 1.31$$

$$S_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$S_q = 1.28$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$S_\gamma = 0.75$$

APPALDATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT ingegneria integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO ingegneria s.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>31 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	31 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	31 di 35								

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.62 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.38 \quad m = 1.62 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

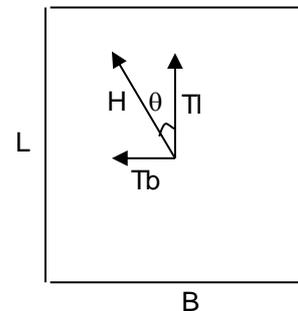
$$i_q = 0.91$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$$

$$i_c = 0.90$$

$$i_\gamma = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.85$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$d_q = 1.07$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.08$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

APPALDATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>Ingegneria Integrata</small> Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>32 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	32 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	32 di 35								

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario caratteristico

$$q_{lim} = 223.48 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Carico limite unitario di calcolo

$$q_{res} = q_{lim} / \gamma_{R3} = 97.16 \quad (\text{kN/m}^2)$$

APPALTAZIONE: Mandataria:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTAZIONE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>33 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	33 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	33 di 35								

Pressione massima agente

$$q = N / B * L *$$

$$q = 22.68 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{res} / q = 4.28$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 7.95 \quad (\text{kN})$$

$$S_k = N * \tan(\varphi') + c' B * L *$$

$$S_k = 60.01 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = S_k / \gamma_{R3} = 54.56 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_s = S_d / H_d = 6.86$$

Pertanto, le verifiche geotecniche risultano soddisfatte.

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	   						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.005	REV. A	PAGINA 34 di 35

9 VERIFICHE GEOTECNICHE – RIBALTAMENTO

In accordo al paragrafo 6.5.3 delle NTC 2008 e al paragrafo 4.3 della “Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie” (rif. RFI DTC INC CS SP IFS 001 A), si verifica lo stato limite di ribaltamento, allo stato limite di equilibrio (EQU) per la condizione statica e allo stato limite ultimo SLV per la combinazione sismica, nei confronti del fenomeno di ribaltamento rigido della stessa.

In particolare, lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione, e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della Tabella 2.6.I delle NTC e adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte (Tabella 6.2.II NTC). In condizioni sismiche, i coefficienti parziali amplificativi delle azioni sono posti pari a 1.

9.1 Condizioni statiche

Di seguito viene riportata la verifica a ribaltamento in condizioni statiche per la direzione più sfavorevole.

Direzione X

MOMENTO STABILIZZANTE

Elemento	ΔY	F	Mk	γ	Md
[-]	[m]	[kN]	[kN m]	[-]	[kN m]
Fondazione	1.05	91.40	95.97	0.90	86.37
Armadio 1	0.81	1.00	0.81	0.90	0.73
Armadio 2	0.81	1.00	0.81	0.90	0.73
Armadio 3	1.14	1.00	1.14	0.90	1.03
Armadio 4	1.26	1.00	1.26	0.90	1.13
				totale	89.99

MOMENTO RIBALTANTE

Elemento	ΔY	F	Mk	γ	Md
[-]	[m]	[kN]	[kN m]	[-]	[kN m]
Vento Armadio 1	1.525	1.92	2.93	1.50	4.39
Vento Armadio 2	1.525	1.92	2.93	1.50	4.39
Vento Armadio 3	1.48	1.46	2.16	1.50	3.24
				totale	12.03

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante	89.99	kN m
Momento ribaltante	12.03	kN m
Fattore di sicurezza	7.48	

La verifica a ribaltamento in condizioni statiche risulta pertanto soddisfatta.

APPALDATORE: Mandataria: 	Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria: 	Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE QUADRI ELETTRICI		<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.005</td> <td>A</td> <td>35 di 35</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	35 di 35
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.005	A	35 di 35									

9.2 Condizioni sismiche

Di seguito viene riportata la verifica a ribaltamento in condizioni sismiche per la direzione più sfavorevole.

Direzione X

MOMENTO STABILIZZANTE

Elemento	ΔY	F	Mk	γ	Md
[-]	[m]	[kN]	[kN m]	[-]	[kN m]
Fondazione	1.05	91.40	95.97	1.00	95.97
Armadio 1	0.81	1.00	0.81	1.00	0.81
Armadio 2	0.81	1.00	0.81	1.00	0.81
Armadio 3	1.14	1.00	1.14	1.00	1.14
Armadio 4	1.26	1.00	1.26	1.00	1.26
				totale	99.99

MOMENTO RIBALTANTE

Elemento	ΔY	F	Mk	γ	Md
[-]	[m]	[kN]	[kN m]	[-]	[kN m]
Inerzia fondazione	0.30	10.20	3.06	1.00	3.06
Inerzia armadio 1	1.525	0.11	0.17	1.00	0.17
Inerzia armadio 2	1.525	0.11	0.17	1.00	0.17
Inerzia armadio 3	1.525	0.11	0.17	1.00	0.17
Inerzia armadio 4	1.48	0.11	0.17	1.00	0.17
				totale	3.74

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante	99.99	kN m
Momento ribaltante	3.74	kN m
Fattore di sicurezza	26.75	

La verifica a ribaltamento in condizioni sismiche risulta pertanto soddisfatta.