

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**  
**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI	
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data:	Consorzio Iricav Due Ing. Paola Carmona Data:	Valido per costruzione Data:	Scala: -

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

I	N	1	7	1	0	E	I	2	C	L	L	C	0	0	0	0	K	0	2	A	0	0	1	<sup>D</sup>	0	1	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	---

	VISTO CONSORZIO SATURNO	
	Firma A.M. DE SIMONE <i>A.M. De Simone</i>	Data 23/09/2022

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	Emissione	P. Gervacio <i>P. Gervacio</i>	23/09/22	D. Berlusconi <i>D. Berlusconi</i>	23/09/22	M. Albertini <i>M. Albertini</i>	23/09/22	
B								
C								

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1710EI2CLLC0000K01A00.doc

Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>CONSORZIO <b>SATURNO</b> High Speed Railway Technologies</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento EI2CLLC0000K01</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 2 di 16</p>

## INDICE

<b>1.</b>	<b>GENERALITÀ.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>CARATTERISTICHE PRINCIPALI CONDUTTURE.....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>IPOTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>4</b>
4.1.	Sistema di riferimento.....	5
4.2.	Condizioni climatiche .....	5
4.3.	Pressione dinamica del vento.....	6
4.4.	Forze del vento sui conduttori.....	6
4.5.	Calcolo del coefficiente di pressione sulla trave .....	6
4.6.	Carichi dovuti al ghiaccio sui conduttori.....	7
4.7.	Carichi dovuti agli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari sui pali .....	8
4.8.	Azioni della neve .....	10
4.9.	Carichi accidentali.....	10
4.10.	Carichi di origine sismica.....	11
<b>5.</b>	<b>COMBINAZIONE DELLE AZIONI .....</b>	<b>12</b>
<b>6.</b>	<b>CASI E COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>13</b>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> High Speed Railway Technologies	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 3 di 16

## 1. Generalità

Il presente documento ha lo scopo di illustrare il metodo di calcolo dei carichi alla base dei portali di ormeggio.

Le strutture TE in oggetto sono impiegate per il sostegno delle catenarie tipo 440 mm<sup>2</sup> e 540mm<sup>2</sup> (e relative condutture per binari secondari) all'interno del primo lotto funzionale della linea Verona-Padova, che si estende tra l'uscita della stazione di Verona Porta Vescovo (pk 0+000) e l'innesto della AV sulla Linea Storica (pk 194+055 corrispondente alla pk AV/AC 44+250), in corrispondenza del bivio Vicenza.

Le azioni sono dipendenti dal tipo di attrezzaggio utilizzato (catenaria, corde di terra, eventuali linee di alimentazione), dal tracciato (rettifilo, curva interna/esterna, raggio), dalle condizioni climatiche adottate, dalla sismicità locale.

La determinazione dei carichi alla base dei portali di ormeggio viene effettuata in funzione del loro impiego più gravoso: le stesse infatti verranno analizzate in condizioni tali da coprire tutte le casistiche presenti.

Si evidenzia che le strutture oggetto del presente documento sono sempre impiegate secondo i criteri di impiego previsti dagli elaborati RFI e, pertanto, non ne vengono eseguite le verifiche strutturali.

I valori numerici dei carichi alla base verranno forniti in documenti separati, che potranno essere relativi all'intero lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza o a specifiche sub-tratte.

Onde consentire una più agevole utilizzazione dei risultati ottenuti sarà fornita una tabella nella quale si potranno distinguere gli effetti suddivisi per casi di carico (peso proprio strutturale, peso dei conduttori, tiro dei conduttori, casi di carico dovuti al vento ecc...); si esplicitano anche le azioni nelle combinazioni SLU, nelle combinazioni sismiche e nelle combinazioni SLE.

## 2. Normativa di riferimento

L'intera verifica è stata condotta facendo riferimento alla seguente normativa vigente in materia:

- CEI EN50119: 2021-01 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica".
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" [NTC]
- UNI EN 1993-1-1 2005-08 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici" [EC3].
- CEI EN50125-2 2003-04 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Condizioni ambientali per gli equipaggiamenti".
- Istruzione tecnica RFI DMAIM TE SP IFS 006 A "Procedimento di calcolo di verifica dei pali della linea di contatto in stazione e di piena linea".
- RFI DTC STS ENE SP IFS TE 210 A CAPITOLATO TECNICO PER LA COSTRUZIONE DELLE LINEE AEREE DI CONTATTO E DI ALIMENTAZIONE A 3 kV cc

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> <i>High Speed Railway Technologies</i>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 4 di 16

### 3. Caratteristiche principali condutture

Le catenarie presenti all'interno del primo lotto funzionale sono del tipo 220/270/440/540mm<sup>2</sup>. Le relative caratteristiche sono descritte all'interno della tabella seguente (Tab.1):

TIPO CATENARIA	CORDE PORTANTI					FILDI DI CONTATTO				
	Sezione Totale [mm <sup>2</sup> ]	n° corde	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro [mm]	Regolaz.	Tiro [daN]	n° fili	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro [mm]	Tiro [daN]
<b>220</b>		1	120	14	NO	750	1	100	11.8	819 (+15°C)
<b>270</b>		1	120	14	SI	1125	1	150	14.5	1125
<b>440</b>		2	120	14	SI	1125	2	100	11.8	1000
<b>540</b>		2	120	14	SI	1500	2	150	14.5	1875

*Tabella 1 – Caratteristiche catenarie impiegate*

Per quanto concerne invece i conduttori “generici” è possibile far riferimento alla tabella 2:

TIPO CONDUTTORE	CARATTERISTICHE			TIRO [daN]				
	Materiale	Sezione	Diametro	CASO				
		[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	A	B	D	E	F
Corda di terra TACSR	Al-acc	170	15.82	911	540	881	350	350
Strallo di punto fisso	Kevlar	95	11	560	754	824	700	700
Cavo Fibra Ottica	Fibra di vetro	85	17	400	386	500	100	100

*Tabella 2 – Caratteristiche condutture generiche*

Le corde di terra tipo TACSR montate sul singolo sostegno sono sempre in numero pari a 2.

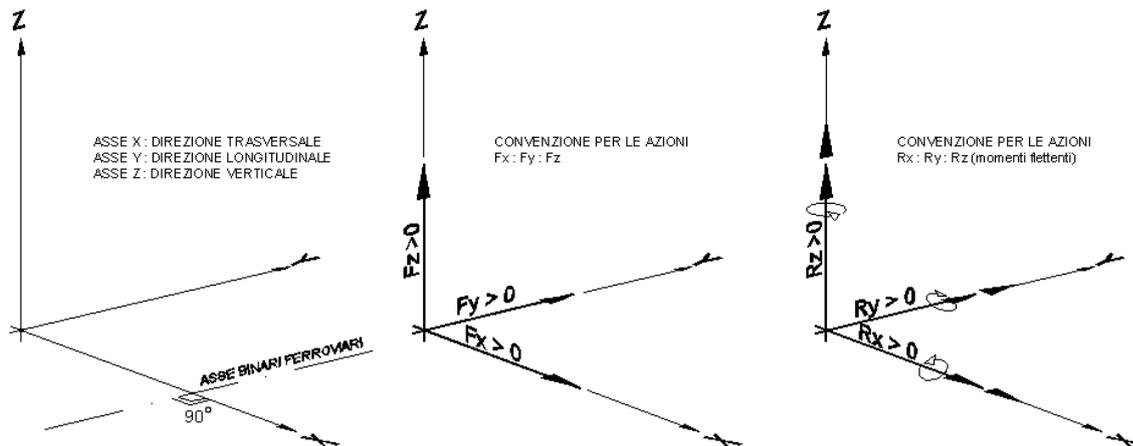
### 4. Ipotesi di Calcolo

I calcoli sono stati eseguiti nel rispetto delle Norma CEI EN 50119:2021-01. In particolare, sono state prese in considerazione le ipotesi di seguito descritte.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> High Speed Railway Technologies	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 5 di 16

#### 4.1. Sistema di riferimento

Il sistema di riferimento delle coordinate globali della struttura, degli spostamenti e delle azioni determinate dai carichi è rappresentato dall'asse delle x orientato perpendicolarmente ai binari ferroviari, mentre l'asse y è longitudinale ad essi. L'asse verticale z è positivo diretto verso l'alto. Per quanto riguarda i valori delle azioni assiali  $F_x$ ,  $F_y$  ed  $F_z$  si intendono positivi quando diretti nel verso positivo dei rispettivi assi.



#### 4.2. Condizioni climatiche

(Rif.to Allegato D CEI EN 50119 §D.6)

- Condizione di carico limite del vento, senza manicotto di ghiaccio sui conduttori: +15°C (caso B tabella D.1).
- Condizione di carichi combinati del vento e del ghiaccio: -5°C (caso D tabella D.1).
- Condizione di carico dovuta ai carichi di costruzione e manutenzione: +15°C (caso E tabella D.1)
- Condizione G: +15°C (utilizzata per il calcolo della freccia dei pali - tabella D.1)
- Condizione Sismica: +15°C (caso S utilizzato per la determinazione dell'azione sismica -tabella D.1)

Gli altri casi di carico non sono stati presi in considerazione per le seguenti motivazioni:

- Caso di carico A: in presenza di conduttore con tiro regolato l'assenza del vento e la variazione di temperatura non si ritengono penalizzanti ai fini della verifica strutturale;
- Caso di carico C: nelle medesime condizioni è stato ritenuto più gravoso il caso D nel quale compare anche l'azione del vento;
- Caso di carico F: ritenuto non applicabile al caso considerato
- Caso di carico T: ritenuto non rilevante nel caso considerato

#### Nota Caso E:

*“Per i carichi dovuti alle attività di manutenzione devono essere assunti valori raccomandati di almeno 1,0 kN per le travi orizzontali delle strutture dei portali e di almeno 2,0 kN per gli altri tipi di strutture, agenti in senso verticale. Queste forze devono agire sui nodi individualmente più sfavorevoli delle travi o in corrispondenza dei punti di attacco dei sostegni o dei conduttori alle strutture” (§ 6.2.8 della CEI EN 50119: – 2021-01).*

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> High Speed Railway Technologies	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 6 di 16

### 4.3. Pressione dinamica del vento

(Rif.to §D.3 Allegato D della CEI EN 50119:2021-01)

La pressione associata alla velocità del vento di picco vale:

$$q_p(z) = q_r \times c_e \text{ [N/m}^2\text{]}$$

con:

$q_p(z)$  è la pressione della velocità di picco

$c_e$  è il coefficiente di esposizione che per tutti gli elementi del sistema linea di contatto che ha un valore pari a 2.05

$q_r$  è la pressione cinetica di riferimento calcolata con la seguente formula

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$v_r$  velocità di riferimento del vento pari a 25 m/s (Regione Veneto)

$\rho$  densità dell'aria pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>

$$q_p = 80 \text{ daN/m}^2$$

### 4.4. Forze del vento sui conduttori

L'azione del vento sui conduttori nelle due campate adiacenti al sostegno è determinata con la seguente formula: (§ 6.2.4.3 della CEI EN 50119:2021-01)

$$Q_{WC} = q_p(z) \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \varphi \text{ [N]}$$

con:

$q_p(z)$  è la pressione della velocità di picco [N/m<sup>2</sup>]

$G_c$  è il fattore di risposta strutturale con valore accettato pari a 0.75

$d$  è il diametro del conduttore [m]

$C_c$  è il coefficiente di resistenza del conduttore con valore raccomandato pari a 1

$L_1$  e  $L_2$  sono le lunghezze delle due campate adiacenti [m]

$\Phi$  è l'angolo d'incidenza della direzione critica del vento rispetto alla perpendicolare al conduttore. Si assume pari a zero.

### 4.5. Calcolo del coefficiente di pressione sulla trave

Per il calcolo del coefficiente di pressione nella valutazione delle pressioni del vento sui profili della struttura si fa riferimento al paragrafo C3.3.8.6.1 della circolare esplicativa del 21 gennaio 2019.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	 <b>CONSORZIO SATURNO</b> High Speed Railway Technologies	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 7 di 16

Indicate con:

S la superficie delimitata dal contorno della trave;

$S_p$  la superficie della parte piena della trave;

$$\varphi = \frac{S_p}{S} \quad [C3.3.7]$$

la pressione totale si considera agente solo su  $S_p$  e si valuta utilizzando i seguenti valori del coefficiente  $c_p$ :

$$c_p = 2 - \frac{4}{3} \varphi \quad \text{per } 0 \leq \varphi < 0,3$$

$$c_p = 1,6 \quad \text{per } 0,3 \leq \varphi \leq 0,8 \quad [C3.3.8]$$

$$c_p = 2,4 - \varphi \quad \text{per } 0,8 < \varphi \leq 1$$

Calcoliamo la densità  $\varphi$  per il vento agente sulla trave in direzione y:

Lunghezza di riferimento  $L=100$  cm

L150x15

$$: A = 15 \times 100 \times 2 = 3000 \text{ cm}^2$$

L60x8 lunghe  $L=86$  cm per n°tot di tralicci in 1 m (2)

$$: A = 6 \times 86 \times 2 = 1032 \text{ cm}^2$$

Quindi area coperta totale:

$$A_n = 3000 + 1032 = 4032 \text{ cm}^2$$

L'area totale è pari a:

$$A_{tot} = 80 \times 100 = 8000 \text{ cm}^2$$

La densità  $\varphi$  è pari a :

$$\varphi = A_n / A_{tot} = 4032 / 8000 = 0,504$$

Quindi il coefficiente di pressione per la trave risulta:

$$c_p = 1,6$$

Calcoliamo la densità  $\varphi$  per il vento agente sulle gambe della trave in direzione x:

Lunghezza di riferimento  $L=100$  cm

HEA 320

$$: A = 30 \times 100 \times 2 = 6000 \text{ cm}^2$$

L90x10 lunghe circa  $L=189$  cm per n°tot di tralicci in 1 m (3)

$$: A = 9 \times 189 \times 3 = 5103 \text{ cm}^2$$

Quindi area coperta totale:

$$A_n = 6000 + 5103 = 11103 \text{ cm}^2$$

L'area totale è pari a:

$$A_{tot} = 200 \times 100 = 20000 \text{ cm}^2$$

La densità  $\varphi$  è pari a :

$$\varphi = A_n / A_{tot} = 11103 / 20000 = 0,555$$

Quindi il coefficiente di pressione per i sostegni della trave risulta = 1,6.

#### 4.6. Carichi dovuti al ghiaccio sui conduttori

Nella condizione di carico D (  $-5^\circ\text{C}$  ) viene considerata anche la presenza del manicotto di ghiaccio sui conduttori e il sovraccarico dovuto al ghiaccio si considera pari a 7 N/m. (§ Allegato D §D.4 della CEI EN 50119:2021-01)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> High Speed Railway Technologies	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 8 di 16

L'incremento del diametro dell'accumulo di ghiaccio viene calcolato mediante la formula:

$$D_I = \sqrt{d^2 + \frac{4 \times g_{IK}}{\pi \times \rho_I}} \quad [m]$$

con :

D<sub>I</sub> è il diametro totale del conduttore [m]

d è il diametro del conduttore senza ghiaccio [m]

g<sub>IK</sub> è il carico caratteristico del ghiaccio [N/m]

ρ<sub>I</sub> è la densità del ghiaccio [N/m<sup>3</sup>]

Nella tabella 1 sono stati riassunti i sovraccarichi del ghiaccio sui vari conduttori costituenti la linea di contatto.

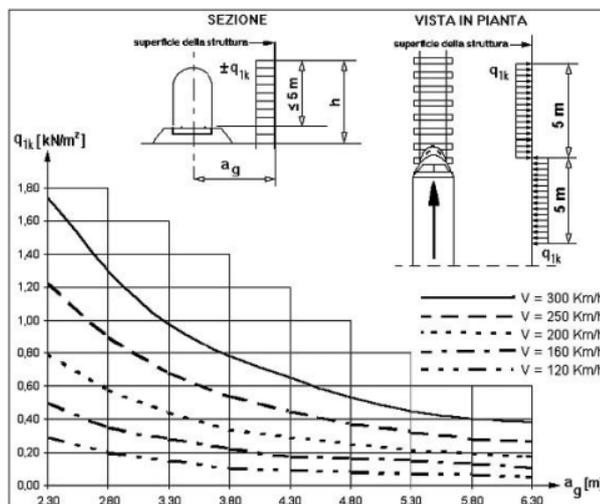
	Tipo conduttore	Sovraccarico ghiaccio	Densità ghiaccio	Sezione	Diametro senza ghiaccio	Diametro con ghiaccio
		[kg/m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]
	Corda di terra TACSR	0.7	900	170	15.82	35.2
	Strallo KEVLAR			65.81	11	33.3
	Fibra ottica			227	17	35.7
<b>220 F.F./ 440 F.R.</b>	Corda portante			120	14	34.4
	Filo di contatto			100	11.8	33.6
<b>270 F.R. / 540 F.R.</b>	Corda portante			120	14	34.4
	Filo di contatto	150	14.5	33.3		

***Tabella 3 Diametro Conduttura senza ghiaccio e con ghiaccio***

#### **4.7. Carichi dovuti agli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari sui pali**

Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione. (§ Allegato D.9.2.1 della CEI EN 50119:2021-01)

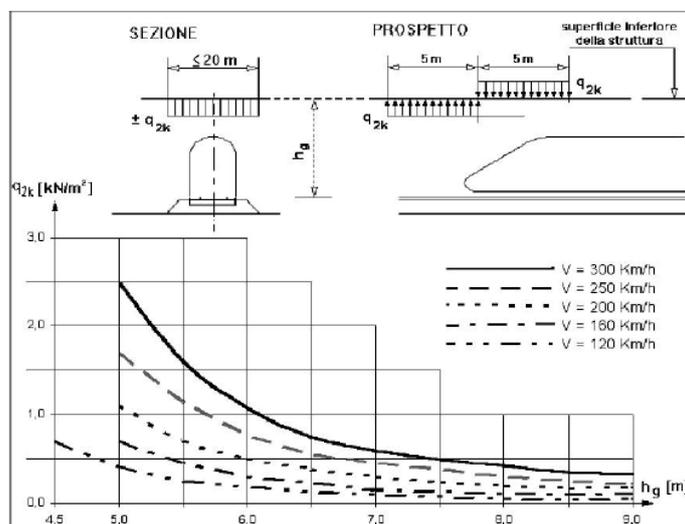
I valori caratteristici dell'azione ± q<sub>1k</sub> relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti in Fig.3 in funzione della distanza a<sub>g</sub> dall'asse del binario più vicino e della velocità del convoglio.



***Figura 1 Valori caratteristici delle azioni  $q_{1k}$  per superfici verticali parallele al binario***

I valori caratteristici dell'azione  $\pm q_{2k}$  relativi a superfici orizzontali al di sopra del binario sono forniti in Fig.4 in funzione della distanza  $h_g$  della superficie inferiore della struttura dal P.F.

La larghezza d'applicazione del carico per gli elementi strutturali da considerare si estende sino a 10 m da ciascun lato a partire dalla mezzera del binario.



***Figura 2 Valori caratteristici delle azioni  $q_{2k}$  per superfici verticali parallele al binario***

Tutti le azioni si applicheranno indipendentemente dalla forma aerodinamica del treno nel modo seguente:

- Sulle superfici verticali  $\pm k_4 \cdot q_{1k}$ , per tutta l'altezza dell'elemento, dove  $q_{1k}$  viene determinato secondo quanto indicato in Figura 3 e  $k_4=2$
- sulla superficie orizzontale  $\pm k_5 \cdot q_{2k}$ , con:  
 $q_{2k}$  determinato in accordo con la figura 4;  
 $k_5 = 2,5$  se la struttura racchiude un solo binario;  
 $k_5 = 3,5$  se la struttura racchiude due o più binari.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> <i>High Speed Railway Technologies</i>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 10 di 16

#### 4.8. Azioni della neve

Per il calcolo del carico da neve agente sulla trave si fa riferimento al seguente procedimento:

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t \quad [3.4.1]$$

dove:

$q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;

$C_E$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;

$C_t$  è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

##### Zona I - Alpina

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbanico-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza:

$$\begin{aligned}
 q_{sk} &= 1,50 \text{ kN/m}^2 & a_s &\leq 200 \text{ m} \\
 q_{sk} &= 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s &> 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \quad [3.4.2]$$

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

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

Tab. 3.4.I – Valori di  $C_E$  per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto  $C_t = 1$ .

Nel caso in analisi avremo che:

- $q_{L150} = 150 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 15/10000 = 0,18 \text{ daN/cm}^2$
- $q_{L80} = 150 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 8/10000 = 0,096 \text{ daN/cm}^2$

#### 4.9. Carichi accidentali

I carichi accidentali sono specificati per tenere in considerazione il contenimento dei guasti e le situazioni di emergenza.

Nel palo di centro punto fisso e di ormeggio punto fisso viene considerata la seguente combinazione:  
 (§ 6.3.2.7 della CEI EN 50119:2021-01)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> High Speed Railway Technologies	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 11 di 16

$$n_{cat} \times T_{cat} \times k \times \gamma_A$$

con :

$n_{cat}$  è il numero di fili rotti

$T_{cat}$  è la tensione caratteristica del filo di contatto [daN]

$k$  valore raccomandato pari a 1.5

$\gamma_A$  è il coefficiente parziale per carichi accidentali, valore accettato pari a 1

#### 4.10. Carichi di origine sismica

In relazione alle azioni sismiche, i sostegni vengono dimensionati tenendo come riferimento i valori dei parametri di pericolosità sismica locale.

A titolo riepilogativo riportiamo le ipotesi di base: (§ Allegato D.9.1 della CEI EN 50119:2021-01)

- Vita nominale dell'opera  $\geq 50$  anni
- Classe d'uso Classe II
- Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R = 50$  anni
- Categoria di sottosuolo C
- Categoria topografica T1
- Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi=5\%$
- Fattore di struttura  $q_0=1$

Considerando una probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  pari al 10% (SLV) si ricava un periodo di ritorno  $T_R$  pari a 475 anni. Di seguito vengono esplicitati i parametri per alcune località di riferimento:

Comune	Zona sismica	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
Vicenza	3	0.151	2.410	0.287
Altavilla Vicentina		0.149	2.417	0.284
Montebello Vicentino		0.143	2.429	0.282
San Bonifacio		0.138	2.436	0.281
Caldiero		0.149	2.429	0.278
Verona		0.157	2.431	0.276

***Tabella 4 Parametri di pericolosità sismica locale***

con :

$a_g$  Accelerazione orizzontale massima attesa [g]

$F_0$  Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_c^*$  Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale [s]

Ai fini del calcolo delle azioni agenti sui sostegni verranno utilizzati i parametri relativi a Verona in quanto valori più critici.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	CONSORZIO <b>SATURNO</b> High Speed Railway Technologies	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
RELAZIONE DI CALCOLO CARICHI ALLA BASE P.O	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2CLLC0000K02	Rev. A	Foglio 12 di 16

## 5. Combinazione delle azioni

Le strutture di sostegno vengono verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, moltiplicando le azioni associate ad ogni caso di carico per gli opportuni coefficienti di combinazione.

Si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni :

### Combinazione fondamentale 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 sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

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

**Combinazione caratteristica**, cosiddetta **rara**, generalmente impiegata 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**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

Di seguito riportiamo in forma tabellare i coefficienti parziali e di combinazione utilizzati nella determinazione delle combinazioni di carico agli SLU. (*Combinazione (A1+M1+R3) prevista dall'Approccio 2*).

		Coefficiente $\gamma$	A1
Carichi permanenti G1	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	1.0
	Sfavorevoli		1.3
Carichi variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0
	Sfavorevoli		1.5

***Tabella 5 Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU***

Azione	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Vento	0.6	0.2	0
Ghiaccio	0.5	0.2	0
Pressione aerodinamica	0.8	0.5	0

***Tabella 6 - Valori dei coefficienti di combinazione***

È stato utilizzato il seguente approccio progettuale:

- Combinazione (A1+M1+R3) prevista dall'Approccio 2.

In questo approccio progettuale si considerano i coefficienti parziali di tipo A1 per la determinazione delle azioni di progetto e quelli di sicurezza agenti sulle proprietà geotecniche dei materiali di tipo M1 ed R3 per la determinazione della resistenza di progetto.



## 6. Casi e combinazioni di carico

### Caso di Carico B

#### Combinazioni di tipo statico

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Vento in X	Vento in Y	Vento aerodinamico	Peso ghiaccio/neve
1	SLU	Comb. SLU A1 1	1.3	1.3	1.3	-1.5	0	-1.2	0
2	SLU	Comb. SLU A1 2	1.3	1.3	1.3	-1.5	0	1.2	0
3	SLU	Comb. SLU A1 3	1.3	1.3	1.3	1.5	0	-1.2	0
4	SLU	Comb. SLU A1 4	1.3	1.3	1.3	1.5	0	1.2	0
5	SLU	Comb. SLU A1 5	1	1	1	-1.5	0	-1.2	0
6	SLU	Comb. SLU A1 6	1	1	1	-1.5	0	1.2	0
7	SLU	Comb. SLU A1 7	1	1	1	1.5	0	-1.2	0
8	SLU	Comb. SLU A1 8	1	1	1	1.5	0	1.2	0
9	SLU	Comb. SLU A1 9	1.3	1.3	1.3	-0.9	0	-1.5	0
10	SLU	Comb. SLU A1 10	1.3	1.3	1.3	-0.9	0	1.5	0
11	SLU	Comb. SLU A1 11	1.3	1.3	1.3	0.9	0	-1.5	0
12	SLU	Comb. SLU A1 12	1.3	1.3	1.3	0.9	0	1.5	0
13	SLU	Comb. SLU A1 13	1	1	1	-0.9	0	-1.5	0
14	SLU	Comb. SLU A1 14	1	1	1	-0.9	0	1.5	0
15	SLU	Comb. SLU A1 15	1	1	1	0.9	0	-1.5	0
16	SLU	Comb. SLU A1 16	1	1	1	0.9	0	1.5	0
17	SLU	Comb. SLU A1 17	1.3	1.3	1.3	0	-1.5	-1.2	0
18	SLU	Comb. SLU A1 18	1.3	1.3	1.3	0	-1.5	1.2	0
19	SLU	Comb. SLU A1 19	1.3	1.3	1.3	0	1.5	-1.2	0
20	SLU	Comb. SLU A1 20	1.3	1.3	1.3	0	1.5	1.2	0
21	SLU	Comb. SLU A1 21	1	1	1	0	-1.5	-1.2	0
22	SLU	Comb. SLU A1 22	1	1	1	0	-1.5	1.2	0
23	SLU	Comb. SLU A1 23	1	1	1	0	1.5	-1.2	0
24	SLU	Comb. SLU A1 24	1	1	1	0	1.5	1.2	0
25	SLU	Comb. SLU A1 25	1.3	1.3	1.3	0	-0.9	-1.5	0
26	SLU	Comb. SLU A1 26	1.3	1.3	1.3	0	-0.9	1.5	0
27	SLU	Comb. SLU A1 27	1.3	1.3	1.3	0	0.9	-1.5	0
28	SLU	Comb. SLU A1 28	1.3	1.3	1.3	0	0.9	1.5	0
29	SLU	Comb. SLU A1 29	1	1	1	0	-0.9	-1.5	0
30	SLU	Comb. SLU A1 30	1	1	1	0	-0.9	1.5	0
31	SLU	Comb. SLU A1 31	1	1	1	0	0.9	-1.5	0
32	SLU	Comb. SLU A1 32	1	1	1	0	0.9	1.5	0

#### Combinazioni SLE rare

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Vento in X	Vento in Y	Vento aerodinamico	Peso ghiaccio/neve
1	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 1	1	1	1	0	0	-1	0
2	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 2	1	1	1	0	0	1	0
3	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 3	1	1	1	-1	0	-0.8	0
4	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 4	1	1	1	-1	0	0.8	0
5	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 5	1	1	1	1	0	-0.8	0
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	1	1	1	1	0	0.8	0
7	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 7	1	1	1	-0.6	0	-1	0
8	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 8	1	1	1	-0.6	0	1	0
9	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 9	1	1	1	0.6	0	-1	0
10	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 10	1	1	1	0.6	0	1	0
11	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 11	1	1	1	0	-1	-0.8	0
12	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 12	1	1	1	0	-1	0.8	0
13	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 13	1	1	1	0	1	-0.8	0
14	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 14	1	1	1	0	1	0.8	0
15	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 15	1	1	1	0	-0.6	-1	0
16	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 16	1	1	1	0	-0.6	1	0
17	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 17	1	1	1	0	0.6	-1	0
18	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 18	1	1	1	0	0.6	1	0

### Combinazioni SLE frequente

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Vento in X	Vento in Y	Vento aerodinamico	Peso ghiaccio/neve
1	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 1	1	1	1	0	0	-0.5	0
2	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 2	1	1	1	0	0	0.5	0
3	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 3	1	1	1	-0.2	0	0	0
4	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 4	1	1	1	0.2	0	0	0
5	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 5	1	1	1	0	-0.2	0	0
6	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 6	1	1	1	0	0.2	0	0

### CASO DI CARICO D

#### Combinazioni di tipo statico

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Vento in X	Vento in Y	Vento aerodinamico	Peso ghiaccio/neve
1	SLU	Comb. SLU A1 1	1.3	1.3	1.3	-1.5	0	-1.2	0.75
2	SLU	Comb. SLU A1 2	1.3	1.3	1.3	-1.5	0	1.2	0.75
3	SLU	Comb. SLU A1 3	1.3	1.3	1.3	1.5	0	-1.2	0.75
4	SLU	Comb. SLU A1 4	1.3	1.3	1.3	1.5	0	1.2	0.75
5	SLU	Comb. SLU A1 5	1	1	1	-1.5	0	-1.2	0.75
6	SLU	Comb. SLU A1 6	1	1	1	-1.5	0	1.2	0.75
7	SLU	Comb. SLU A1 7	1	1	1	1.5	0	-1.2	0.75
8	SLU	Comb. SLU A1 8	1	1	1	1.5	0	1.2	0.75
9	SLU	Comb. SLU A1 9	1.3	1.3	1.3	-0.9	0	-1.5	0.75
10	SLU	Comb. SLU A1 10	1.3	1.3	1.3	-0.9	0	1.5	0.75
11	SLU	Comb. SLU A1 11	1.3	1.3	1.3	0.9	0	-1.5	0.75
12	SLU	Comb. SLU A1 12	1.3	1.3	1.3	0.9	0	1.5	0.75
13	SLU	Comb. SLU A1 13	1	1	1	-0.9	0	-1.5	0.75
14	SLU	Comb. SLU A1 14	1	1	1	-0.9	0	1.5	0.75
15	SLU	Comb. SLU A1 15	1	1	1	0.9	0	-1.5	0.75
16	SLU	Comb. SLU A1 16	1	1	1	0.9	0	1.5	0.75
17	SLU	Comb. SLU A1 17	1.3	1.3	1.3	-0.9	0	-1.2	1.5
18	SLU	Comb. SLU A118	1.3	1.3	1.3	-0.9	0	1.2	1.5
19	SLU	Comb. SLU A1 19	1.3	1.3	1.3	0.9	0	-1.2	1.5
20	SLU	Comb. SLU A1 20	1.3	1.3	1.3	0.9	0	1.2	1.5
21	SLU	Comb. SLU A1 21	1	1	1	-0.9	0	-1.2	1.5
22	SLU	Comb. SLU A1 22	1	1	1	-0.9	0	1.2	1.5
23	SLU	Comb. SLU A1 23	1	1	1	0.9	0	-1.2	1.5
24	SLU	Comb. SLU A1 24	1	1	1	0.9	0	1.2	1.5
25	SLU	Comb. SLU A1 25	1.3	1.3	1.3	0	-1.5	-1.2	0.75
26	SLU	Comb. SLU A1 26	1.3	1.3	1.3	0	-1.5	1.2	0.75
27	SLU	Comb. SLU A1 27	1.3	1.3	1.3	0	1.5	-1.2	0.75
28	SLU	Comb. SLU A1 28	1.3	1.3	1.3	0	1.5	1.2	0.75
29	SLU	Comb. SLU A1 29	1	1	1	0	-1.5	-1.2	0.75
30	SLU	Comb. SLU A1 30	1	1	1	0	-1.5	1.2	0.75
31	SLU	Comb. SLU A1 31	1	1	1	0	1.5	-1.2	0.75
32	SLU	Comb. SLU A1 32	1	1	1	0	1.5	1.2	0.75
33	SLU	Comb. SLU A1 33	1.3	1.3	1.3	0	-0.9	-1.5	0.75
34	SLU	Comb. SLU A1 34	1.3	1.3	1.3	0	-0.9	1.5	0.75
35	SLU	Comb. SLU A1 35	1.3	1.3	1.3	0	0.9	-1.5	0.75
36	SLU	Comb. SLU A1 36	1.3	1.3	1.3	0	0.9	1.5	0.75
37	SLU	Comb. SLU A1 37	1	1	1	0	-0.9	-1.5	0.75
38	SLU	Comb. SLU A1 38	1	1	1	0	-0.9	1.5	0.75
39	SLU	Comb. SLU A1 39	1	1	1	0	0.9	-1.5	0.75
40	SLU	Comb. SLU A1 40	1	1	1	0	0.9	1.5	0.75
41	SLU	Comb. SLU A1 41	1.3	1.3	1.3	0	-0.9	-1.2	1.5
42	SLU	Comb. SLU A1 42	1.3	1.3	1.3	0	-0.9	1.2	1.5
43	SLU	Comb. SLU A1 43	1.3	1.3	1.3	0	0.9	-1.2	1.5
44	SLU	Comb. SLU A1 44	1.3	1.3	1.3	0	0.9	1.2	1.5
45	SLU	Comb. SLU A1 45	1	1	1	0	-0.9	-1.2	1.5
46	SLU	Comb. SLU A1 46	1	1	1	0	-0.9	1.2	1.5
47	SLU	Comb. SLU A1 47	1	1	1	0	0.9	-1.2	1.5
48	SLU	Comb. SLU A1 48	1	1	1	0	0.9	1.2	1.5

**Combinazioni SLE rare**

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Vento in X	Vento in Y	Vento aerodinamico	Peso ghiaccio/neve
1	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 1	1	1	1	0	0	-1	0.5
2	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 2	1	1	1	0	0	1	0.5
3	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 3	1	1	1	0	0	-0.8	1
4	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 4	1	1	1	0	0	0.8	1
5	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 5	1	1	1	-1	0	-0.8	0.5
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	1	1	1	-1	0	0.8	0.5
7	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 7	1	1	1	1	0	-0.8	0.5
8	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 8	1	1	1	1	0	0.8	0.5
9	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 9	1	1	1	-0.6	0	-1	0.5
10	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 10	1	1	1	-0.6	0	1	0.5
11	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 11	1	1	1	0.6	0	-1	0.5
12	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 12	1	1	1	0.6	0	1	0.5
13	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 13	1	1	1	-0.6	0	-0.8	1
14	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 14	1	1	1	-0.6	0	0.8	1
15	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 15	1	1	1	0.6	0	-0.8	1
16	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 16	1	1	1	0.6	0	0.8	1
17	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 17	1	1	1	0	-1	-0.8	0.5
18	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 18	1	1	1	0	-1	0.8	0.5
19	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 19	1	1	1	0	1	-0.8	0.5
20	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 20	1	1	1	0	1	0.8	0.5
21	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 21	1	1	1	0	-0.6	-1	0.5
22	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 22	1	1	1	0	-0.6	1	0.5
23	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 23	1	1	1	0	0.6	-1	0.5
24	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 24	1	1	1	0	0.6	1	0.5
25	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 25	1	1	1	0	-0.6	-0.8	1
26	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 26	1	1	1	0	-0.6	0.8	1
27	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 27	1	1	1	0	0.6	-0.8	1
28	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 28	1	1	1	0	0.6	0.8	1

**Combinazioni SLE frequente**

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Vento in X	Vento in Y	Vento aerodinamico	Peso ghiaccio/neve
1	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 1	1	1	1	0	0	-0.5	0
2	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 2	1	1	1	0	0	0.5	0
3	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 3	1	1	1	0	0	0	0.2
4	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 4	1	1	1	-0.2	0	0	0
5	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 5	1	1	1	0.2	0	0	0
6	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 6	1	1	1	0	-0.2	0	0
7	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 8	1	1	1	0	0.2	0	0

**CASO DI CARICO S**

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Sisma X	Sisma Y
1	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 1	1.00	1.00	1.00	-1.00	-0.30
2	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 2	1.00	1.00	1.00	-1.00	0.30
3	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 3	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.30
4	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 4	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5	1.00	1.00	1.00	-0.30	-1.00
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	1.00	1.00	1.00	-0.30	1.00
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	1.00	1.00	1.00	0.30	-1.00
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00

**CASO DI CARICO G**

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Vento in X	Vento in Y	Vento aerodinamico	Peso ghiaccio/neve
1	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 1	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0

