

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**

CUP: J14D20000010001

U.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE NORD

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA - PADOVA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

PENSILINA

**FV01 - NUOVO MARCIAPIEDE TRA BINARIO 15 E 16
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI**

SCALA:

-

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

IN1A 20 D 26 CL FV010C 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	V. Reale	Gen. 2022	M. Rigo	Gen. 2022	C. Mazzocchi	Gen. 2022	A. Perego Gen. 2022



File: IN1A20D26CLFV010C002A.docx

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	4
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3.1	QUADRO NORMATIVO.....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4.1	CALCESTRUZZO	8
	4.1.1 Magrone	8
	4.1.2 Calcestruzzo per soletta di fondazione, piedritti e soletta di copertura	8
4.2	ACCIAIO	8
	4.2.1 Acciaio di armatura per c.a.	8
4.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA	9
4.4	BULLONI	9
4.5	SALDATURE	9
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	10
5.1	MODELLO STRUTTURALE.....	11
6	ANALISI DEI CARICHI.....	15
6.1	PESO PROPRIO STRUTTURE (DEAD).....	15
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2k).....	16
6.3	CARICHI ACCIDENTALI (QHK).....	17
6.4	AZIONE DELLA NEVE (QNK).....	18
6.5	TRAZIONE ELETTRICA (TE)	20
6.6	AZIONE DEL VENTO (QWK1,QWK2,QWK3,QKW4).....	21
	6.6.1 Azione Del Vento Con Azione Aerodinamica Per Traffico Ferroviario	24
6.1	AZIONE TERMICA (DT)	26
6.2	AZIONE SISMICA (SISMA ORIZZONTALE E SISMA VERTICALE).....	26
	6.2.1 Parametri sismici	28
6.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	33
7	RISULTATI DELLE ANALISI	38

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione definitiva di opere strutturali relative all'Ingresso Ovest al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Verona - Padova.

L'intervento prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l'Autostrada A22 fino alla radice est della stazione di Verona Porta Vescovo, per una estensione di circa 10km. Tali interventi sono funzionali al progetto di linea della Tratta Verona - Padova.

Il progetto prevede la rilocazione della Linea Storica leggermente più a nord al fine di lasciare spazio all'inserimento dei binari della Linea AV/AC. Viene anche prevista la realizzazione di una ulteriore linea denominata "indipendente merci" per il collegamento con la Linea Brennero.

Il progetto comprende tutte le opere atte a consentire l'allaccio e l'interfaccia con le linee storiche esistenti e la risoluzione delle interferenze tra la parte di progetto stesso e l'esistente (viabilità, idrografia, ecc).



Figure 1 Individuazione area d'intervento

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Questa relazione di calcolo riguarda l'analisi e le verifiche strutturali della pensilina metallica della stazione. L'intera struttura ha un tetto piatto in tutto lo sviluppo e ha due sbalzi in direzione longitudinale.

La struttura è costituita dai seguenti profili:

- colonne costituite da profili tubolari-quadrato \square 300x16;
- travi di collegamento delle colonne costituite da profili HE360B;
- telai secondari IPE160;
- travi perimetrali di chiusura UPN100;
- travi di legno UPN400

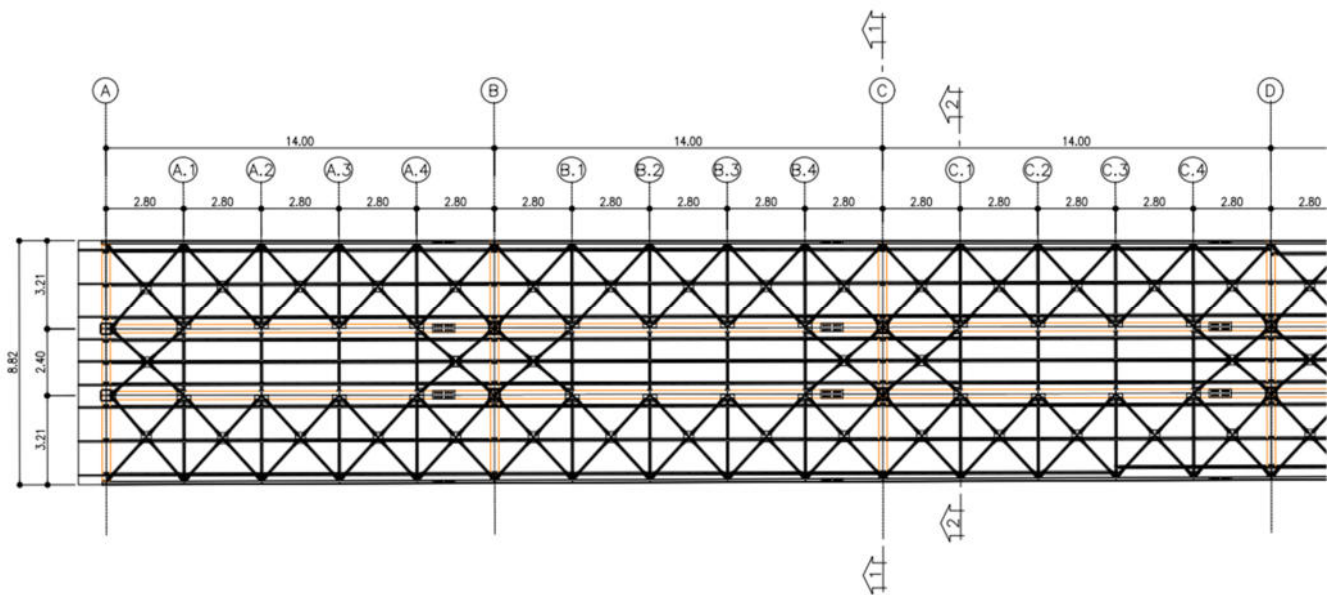


Figure 2 Pianta carpenteria

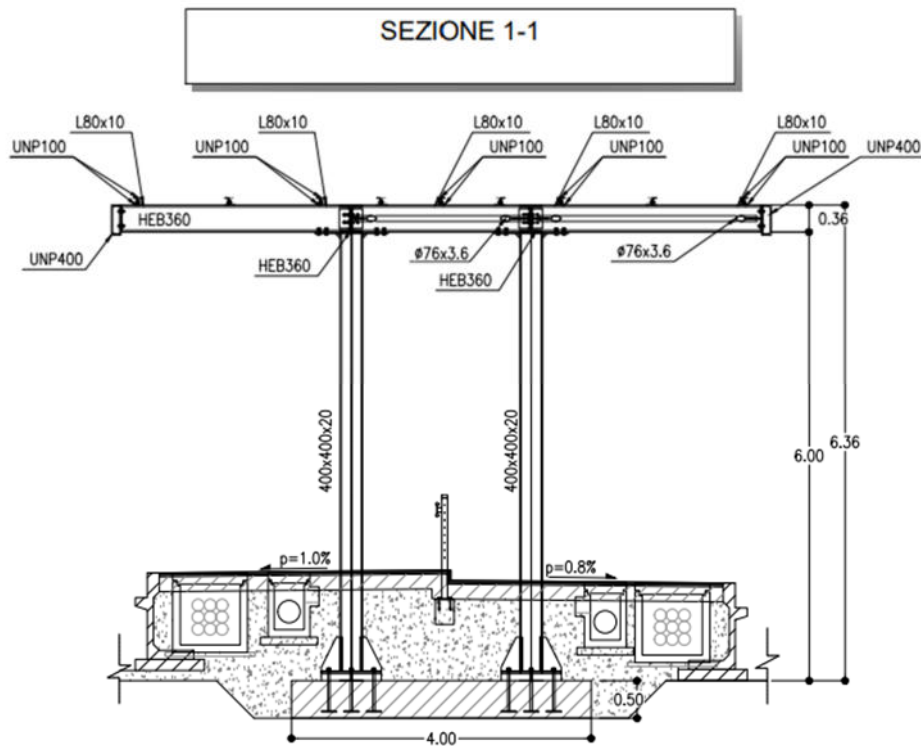
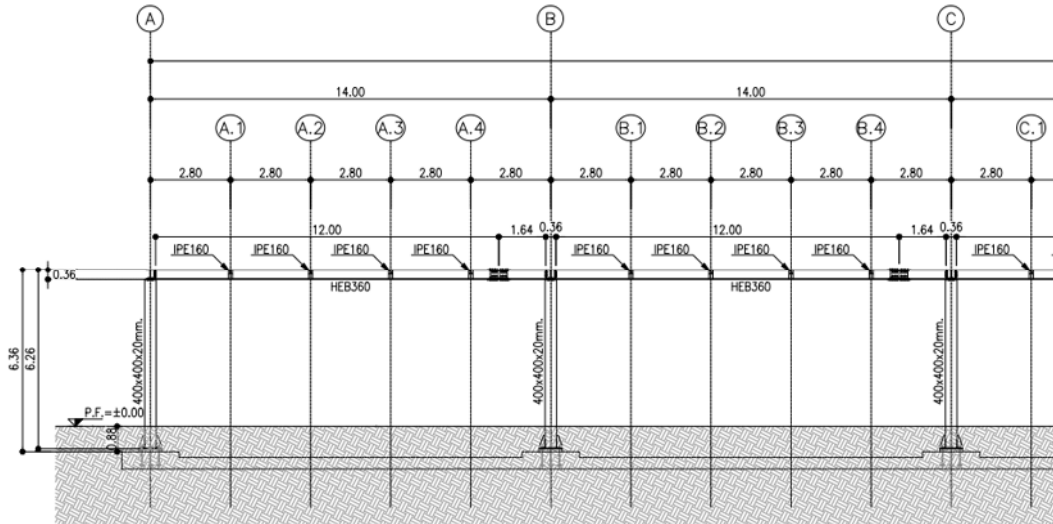


Figure 3 Sezione

Si attribuisce all struttura una vita nominale $V_N = 75$ anni e la classe d'uso II con coefficiente d'uso $C_u = 1$, in conformità ai riferimenti normativi.

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi $V_R = C_u \times V_N = 75$ anni.

3 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

3.1 **Quadro normativo**

Si riporta di seguito la normativa di riferimento usata per il calcolo strutturale:

- [1] Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
- [2] Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- [3] D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- [4] Circolare 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- [5] Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [6] UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [7] UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- [8] RFI DTC SI MA IFS 001 [E] Manuale di progettazione delle opere civili – Parte I
- [9] RFI DTC SI AM MA IFS 001 [D] Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 – Ambiente
- [10] RFI DTC SI PS MA IFS 001 [E] Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [11] RFI DTC SI CS MA IFS 001 [E] Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale
- [12] RFI DTC SI PS SP IFS del 31/12/2020 - "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili".
- [13] STI INFRA 1299/2014 - "Regolamento UE N. 1299/2014 della Commissione del 18 Novembre del 2014 relativo alla Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema "Infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea"
- [14] Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»

- [15] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 11 febbraio 2019, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»
- [16] Manuale di progettazione RFI Opere Civili RFI DTC SIM AI FS 001 E e relative parti e sezioni.
- [17] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- [18] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- [19] UNI EN 1998-1:2013 – Strutture in zone sismiche – parte 1: generale ed edifici.
- [20] UNI EN 1998-2:2011 – Strutture in zone sismiche –parte 2: ponti.
- [21] UNI EN 1992-1-1: EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Magrone

Classe di resistenza = C12/15

4.1.2 Calcestruzzo per soletta di fondazione, piedritti e soletta di copertura

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

Classe di resistenza = C30/37

R_{ck} = resistenza cubica = 37.00 N/mm²

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 R_{ck} = 30.0 N/mm²

f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8$ = 38.0 N/mm²

f_{cd} = resistenza di calcolo a compressione = $\alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$ = 0.85 * 30/1.5 = 17.0 N/mm²

f_{ctm} = resistenza a trazione media = 0.30 * $f_{ck}^{2/3}$ = 2.90 N/mm²

f_{ctm} = resistenza a traz. per flessione media = 1.20 * f_{ctm} = 3.63 N/mm²

f_{ctk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = 0.70 * f_{ctm} = 2.12 N/mm²

E_{cm} = modulo elast. tra 0 e 0.40 f_{cm} = 22000 * ($f_{cm}/10$)^{0.3} = 33345 N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Rara) = 0.6 * f_{ck} = 18.0 N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Quasi Permanente) = 0.45 * f_{ck} = 13.5 N/mm²

4.2 Acciaio

4.2.1 Acciaio di armatura per c.a.

Tipo = B 450 C

γ_a = peso specifico = 78.50 kN/m³

$f_{y\ nom}$ = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

$f_{t\ nom}$ = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

$f_{yk\ min}$ = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²

$f_{tk\ min}$ = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²

$(f_t/f_y)_{k\ min}$ = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k\ max}$ = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_{y\ nom})_k$ = massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k$ = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

$\varphi_{\ min}$ = minimo diametro consentito delle barre = 6 mm

$\varphi_{\ max}$ = massimo diametro consentito delle barre = 40 mm

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm²

α_T = coefficiente di dilatazione termica = 0.00001 °C⁻¹

4.3 Acciaio da carpenteria metallica

Profilati: S275

Modulo di elasticità	$E_a = 210000$ MPa
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 275$ MPa
Tensione di snervamento rottura	$f_{yt} \geq 430$ MPa
Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd} \geq 262$ MPa

4.4 Bulloni

Classe vite 8.8 - Classe dado 8.8

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yb} \geq 640$ MPa
Tensione di snervamento rottura	$f_{tb} \geq 800$ MPa
Resistenza a taglio del bullone	$f_{yd} \geq 384$ MPa
Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd} \geq 512$ MPa

4.5 Saldature

Procedimenti di saldatura omologati e qualificati, conformi al Manuale di progettazione delle opere civili e al DM 17.1.2018.

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadrimento geotecnico dell'opera si riporta l'estratto dell'elaborato Relazione Geotecnica da cui si riportano i dati geotecnici fondamentali di interesse.

Tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame e i relativi parametri geotecnici di calcolo:

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	Peso di volume γ [kN/m ³]	Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	C' (kPa)	Modulo elastico Eop (MPa)
1	0.00	10.00	Materiali rimaneggiato	19.00	GP	41.00	0.00	33.00
2	10.00	20.00	Ghiaia poligenica	19.00	GP	39.00	0.00	84.00
3	>20.00		Sabbia eterometrica	20.00	GP	38.00	24.00	87.00

Tabella 1 – Caratteristiche meccaniche del terreno

5.1 Modello strutturale

L'analisi della struttura in esame è stata effettuata mediante una modellazione agli elementi finiti tramite l'utilizzo del software SAP2000. La struttura è stata modellata con un modello numerico tridimensionale il cui sistema di riferimento globale prevede una terna destrorsa il cui l'asse X è orientato in direzione longitudinale e l'asse Z verticale positivo verso l'alto.

Travi, colonne e controventi sono stati modellati con elementi frame, mentre i pannelli di rivestimento mediante elementi shell none. Questi ultimi, in accordo con le orditure dei pannelli di copertura, sono stati utilizzati per la ripartizione dei carichi della copertura sulle travi (ad eccezione del solo carico termico) mediante l'opzione uniform loads to frame nel verso dell'asse 1 degli elementi shell (direzione trasversale, quindi lungo gli assi Y e Z rispettivamente per i pannelli orizzontali e verticali).

Dove necessario, le azioni risultanti agenti sui pannelli di rivestimento sono state invece assegnate direttamente alle travi portanti principali anziché mediante gli elementi shell none.

I controventi sono stati modellati con elementi frame a cui sono stati assegnati dei release di tipo M2-M3, e verificati sia a compressione che a trazione.

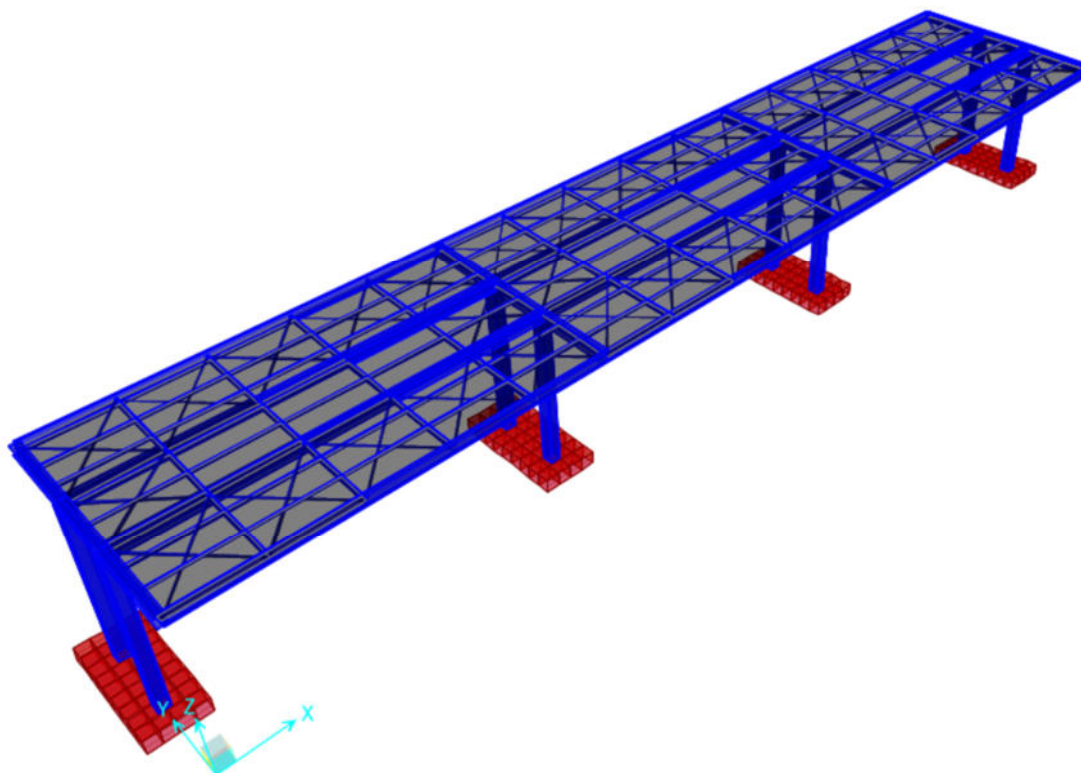


Figure 4 Modello SAP2000 struttura – Vista isometrica

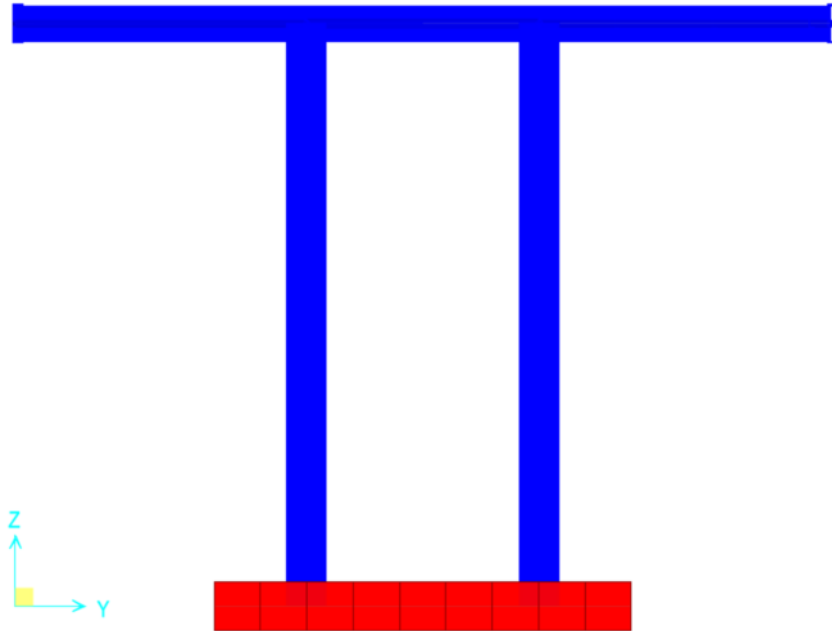


Figure 5 Modello SAP2000 struttura – Sezioni trasversali



Figure 6 Modello SAP2000 struttura – Sezione longitudinale

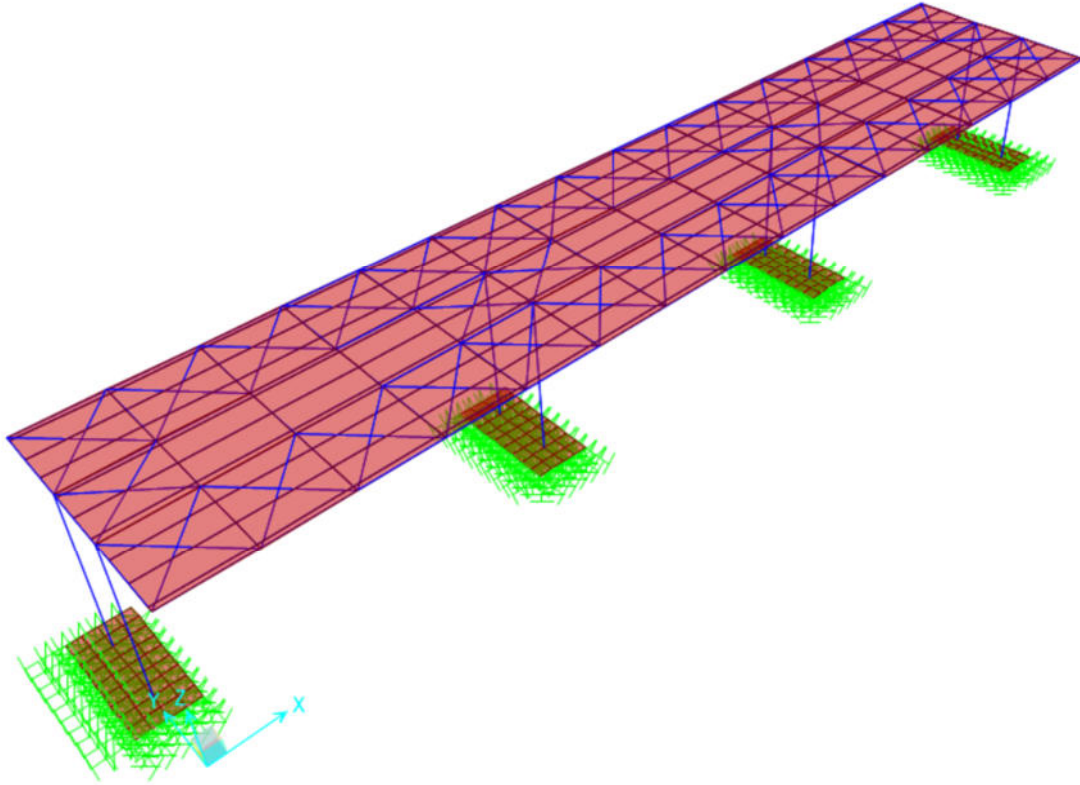


Figure 7 Vista - Svincoli assegnati.

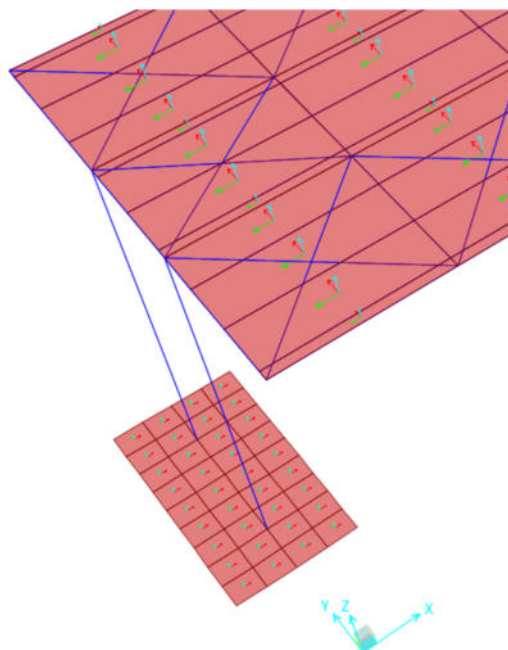


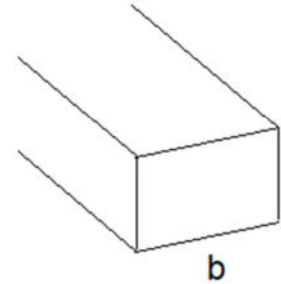
Figure 8 Vista – Assi locali di area

Per la modellazione del terreno si considera la trave su suolo elastico, modellata con l'utilizzo di molle alla Winkler, aventi la seguente rigidezza (Vesic, 1965):

Per cui risulta:

$$K = \frac{0.65E}{1-\nu^2} \sqrt[12]{\frac{Eb^4}{(EJ)_{fond}}}$$

E=	33000 kN/mq	modulo elastico del terreno
ν =	0.3	coeff. di Poisson



trave di fondazione

b=	1.00 m	dimensione trasversale trave
h=	0.60 m	altezza trave
J=	0.018000 m ⁴	inerzia trave
Rck=	37 Mpa	
Ec=	34671746 kN/mq	modulo di elasticità cls
Kv=	18450 kN/mc	modulo di reazione lineare sulla trave
Kh=	9225 kN/mc	

Tabella 1 – Calcolo della rigidezza di fondazione

6 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC 2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali dovuti ai pannelli di copertura;
- sovraccarico accidentale;
- azione del vento;
- azione della neve;
- azione termica;
- azione sismica.

6.1 Peso proprio strutture (Dead)

Il peso proprio degli elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal Sap2000 considerando il peso specifico dell'acciaio:

$$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3.$$

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$.

6.2 Carichi permanenti non strutturali (G2k)

Il carico permanente non strutturale per le parti di finitura della copertura è pari a:

- carico associato ai pannelli di rivestimento:

$$g_{2k} = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

- I caratteristici del riempimento usato sono:

peso di volume $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$;

$$g_{2k} = h * \gamma = 1.50\text{m} * 19\text{kN/m}^3 = 28.5 \text{ kN/m}^2$$

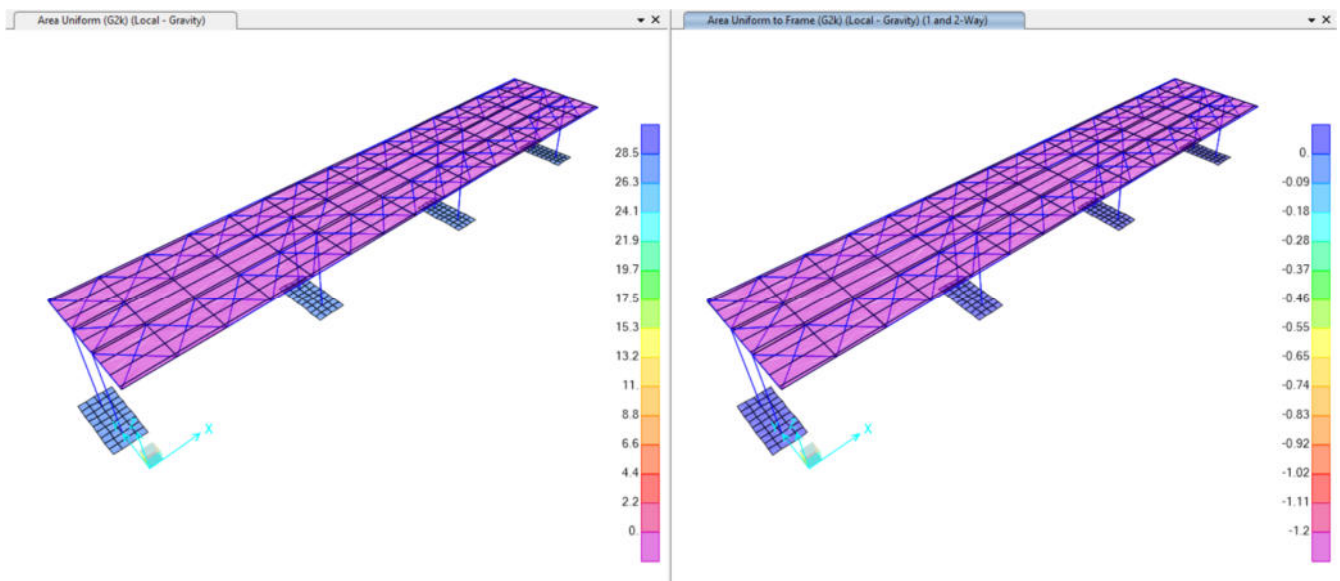


Figure 9 Vista - Carichi permanenti (G2k)

6.3 Carichi Accidentali (Qhk)

- Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione:

$$q_{Hk2} = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

- Carico pedonale :

$$q_{Hk2} = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

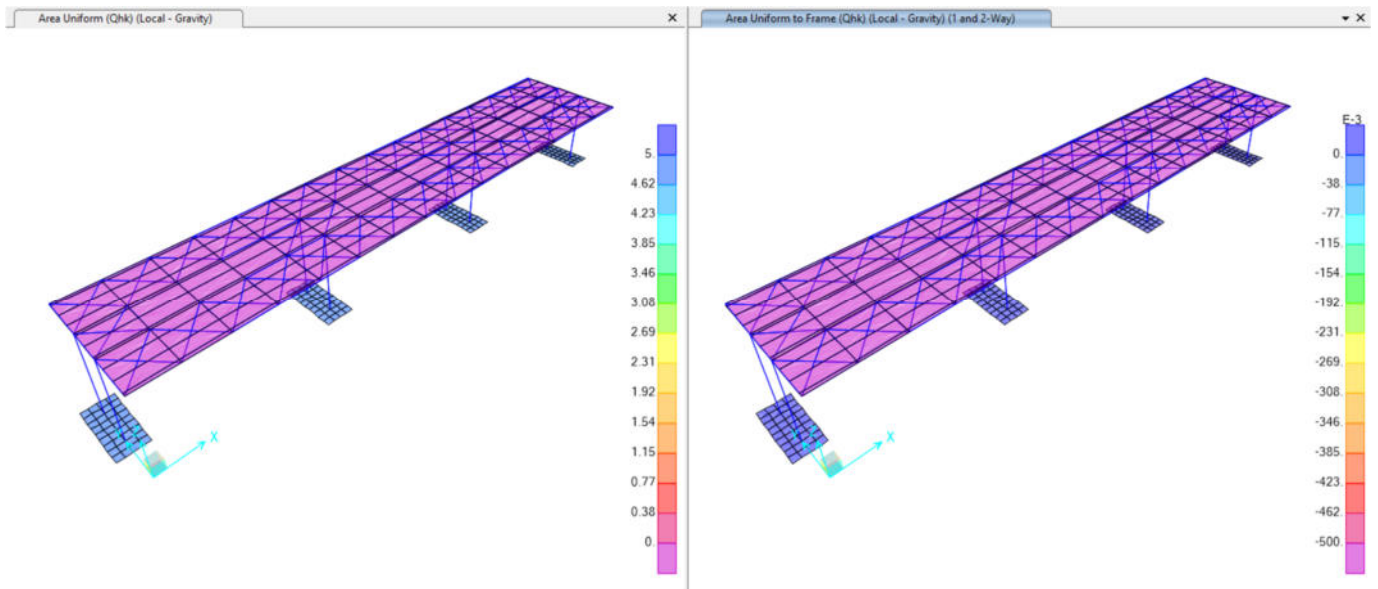


Figure 10 Vista - Carici Accidentali (Qhk2)

6.4 Azione della neve (Q_{nk})

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE – NTC 2018

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

●	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/mq])} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

μ_i (coefficiente di forma)

q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])

C_E (coefficiente di esposizione)

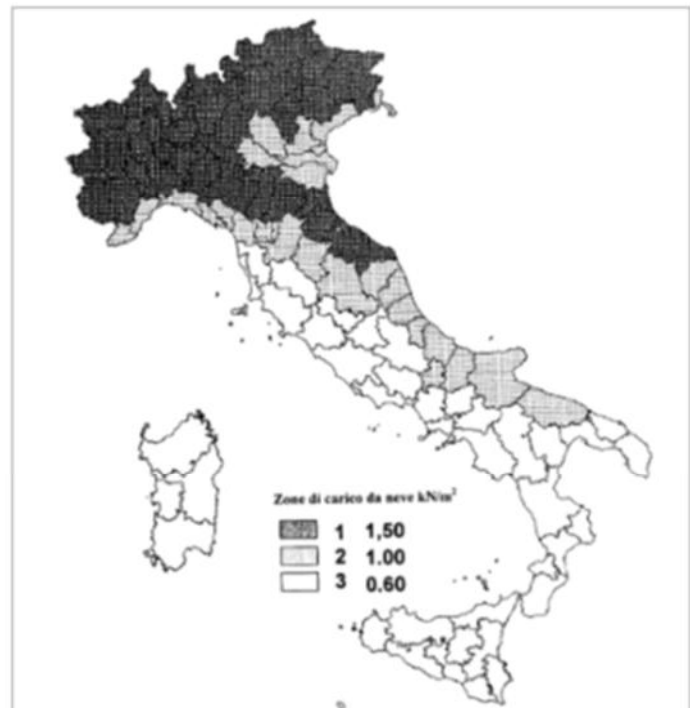
C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	90
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1.50

Coefficiente termico

Il coefficiente termico 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 $C_t = 1$.



NUOVO MARCIAPIEDE TRA BINARIO 15 E 16
RELAZIONE DI CALCOLO PARTE IN ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV01 0C 00 002	A	19 di 53

Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
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

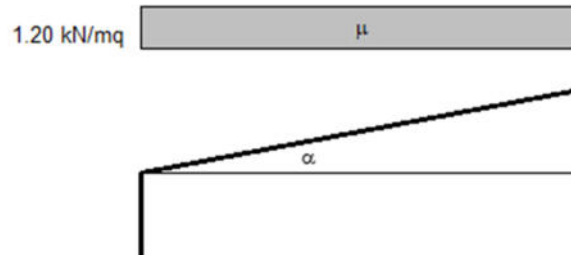
Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.50
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

μ	0.8
-------	-----

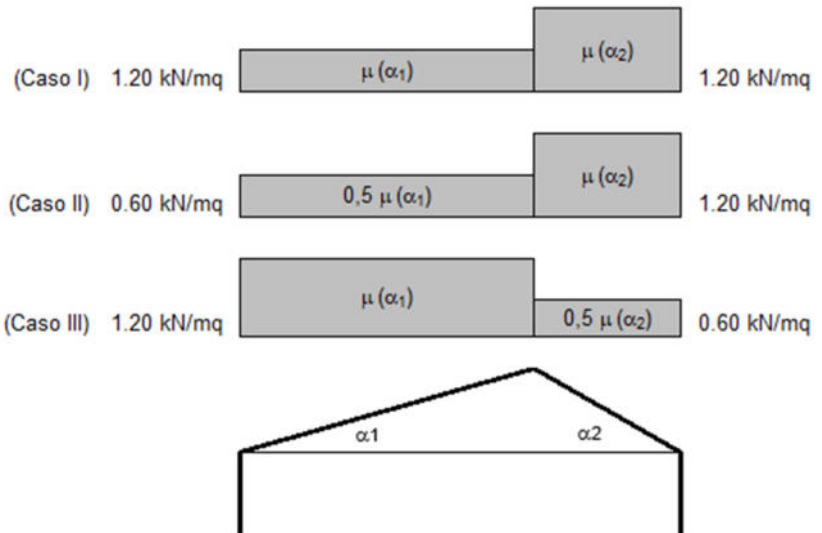


Coefficiente di forma (copertura a due falde)

α_1 (inclinazione falda [°])	0
α_2 (inclinazione falda [°])	0

$\mu(\alpha_1)$	0.8
-----------------	-----

$\mu(\alpha_2)$	0.8
-----------------	-----



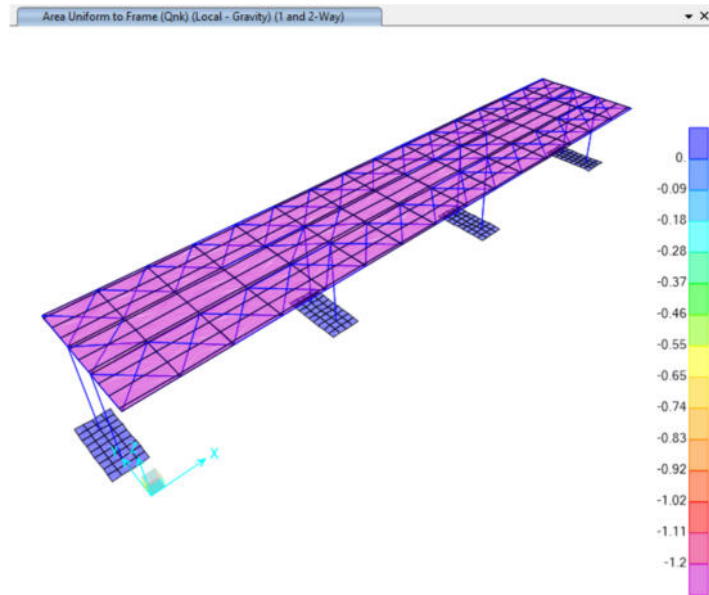


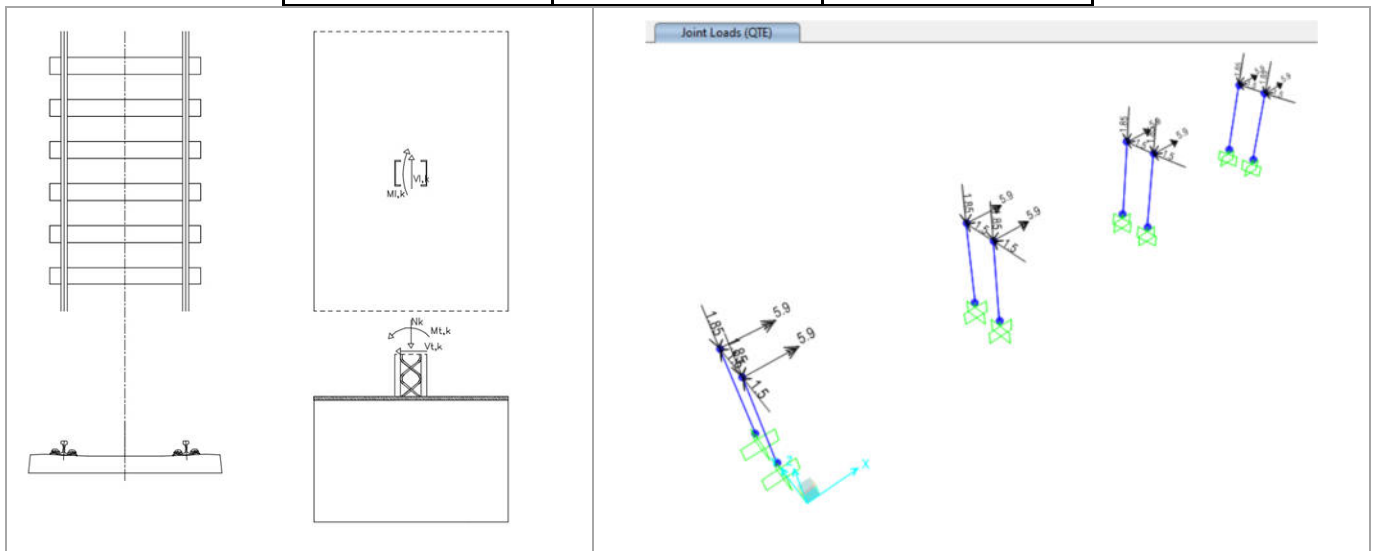
Figure 11 Vista - Carichi Accidentali (Qnk)

6.5 Trazione Elettrica (TE)

Il dimensionamento viene effettuato considerando la condizione più cautelativa, cioè con la TE in testa alla pensilina. Le azioni accidentali considerate nel modello, dovute alla presenza della trazione elettrica, sono le seguenti:

Nk [daN]	Mt,k [daNm]	Ml,k [daNm]	Vt,k [daN]	Vl,k [daN]
1850	5400	500	1200	300

N(QTE) [kN]	M(QTE) [kNm]	V(QTE) [kN]
1.85	5.90	1.50



6.6 Azione del vento (Qwk1, Qwk2, Qwk3, Qkw4)

Per l'azione del vento sulla copertura si è fatto riferimento ai capitoli 3.3.8.2 e 3.3.8.2.2 delle NTC2018.

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
1	25	1000	0.01
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			90
T_R (Tempo di ritorno)			100
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			25.000
α_R (T_R)			1.03924
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			25.981



p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	421.88
--------------	--------

Coefficiente di forma

È il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
	mare	costa
	1,5 km	0,5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

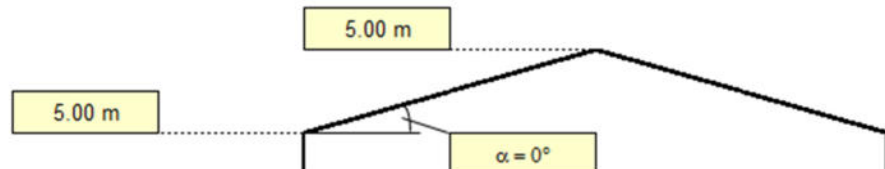
Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
1	C	90

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

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	k _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]	c _t
IV	0.22	0.3	8	1

z [m]	c _e
z ≤ 8	1.634
z = 5	1.634
z = 5	1.634



Alla luce della forma particolare della struttura, che non ricade direttamente nelle casistiche semplici riportate nella normativa, la scelta dei coefficienti di esposizione è stata fatta cercando di considerare lo scenario peggiore con riferimento ai casi semplificati riportati in normativa.

Si richiama il paragrafo §C3.3.8.1 della Circolare del 21 Gennaio 2019 (rispettivamente §C3.3.8.1.1 per le pareti verticali e §C3.3.8.1.2 per le coperture piane). Le pressioni interne sono invece state assunte in accordo con il paragrafo §C3.3.8.5, considerando il caso 3.

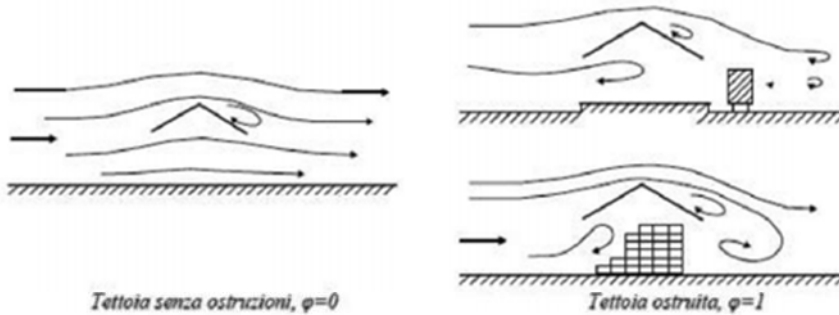
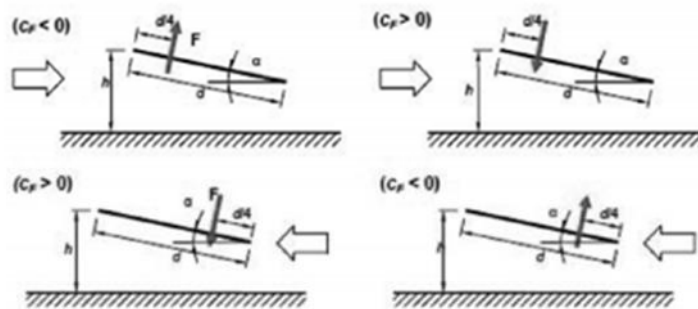


Figura C3.3.20 - Differenze nel flusso dell'aria per tettoie con $\phi=0$ e $\phi=1$

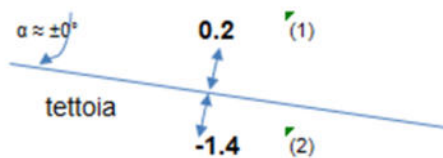
Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in $^\circ$).

Valori positivi	Tutti i valori di ϕ	$c_F = +0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\phi = 0$	$c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$
	$\phi = 1$	$c_F = -1,4$



Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza

Figura C3.3.22



Combinazione più sfavorevole:

(1)	C	p [kN/mq]
	0.2	0.138
(2)	c_p	p [kN/mq]
	-1.4	-0.965

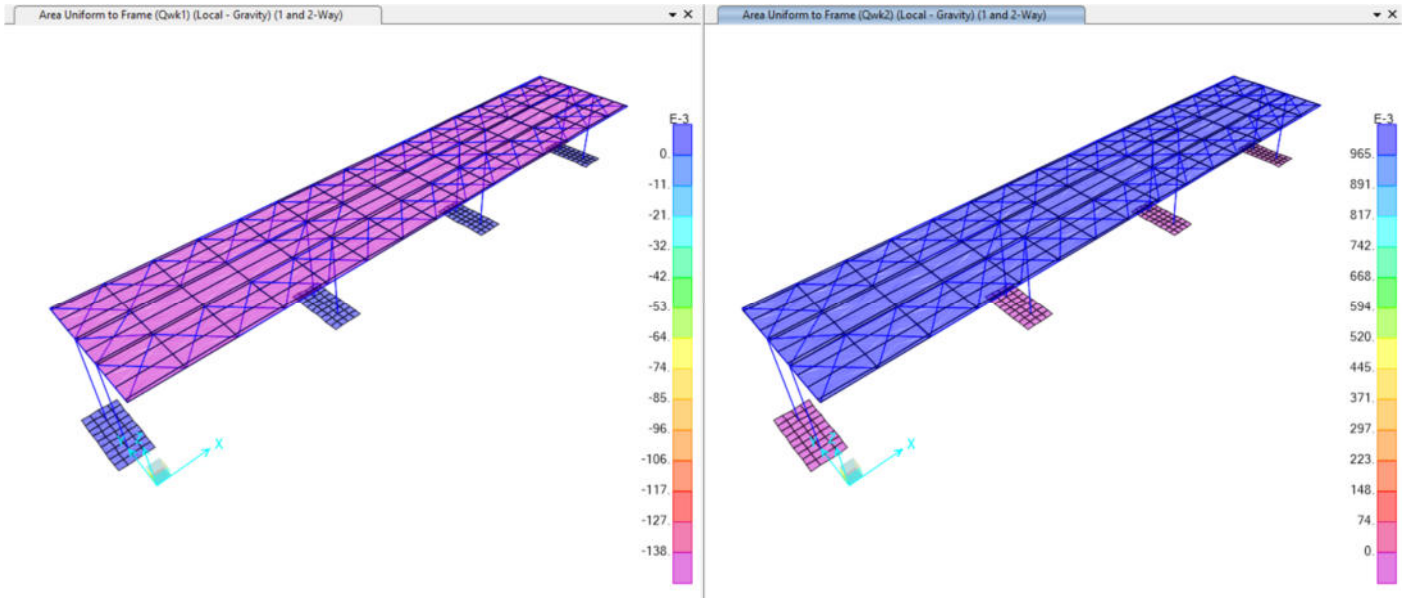


Figure 12 Vista - Azione del vento (Qwk1 e Qwk2)

6.6.1 Azione Del Vento Con Azione Aerodinamica Per Traffico Ferroviario

In accordo al 5.2.2.7 delle NTC 2018 si prevede un carico addizionale dovuto all'effetto aerodinamico causato dal passaggio del treno. In accordo con quanto previsto nella "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario" - RFI DTC-INC-PO SP IFS 001 A del 21.12.2011, si considera l'effetto aerodinamico associato al passaggio dei treni. Tali prescrizioni si riscontrano anche al punto 5.2.2.7 delle NTC 2018 relativo ai ponti ferroviari. Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno.

Nel caso di strutture con superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate (pannelli di copertura), l'azione caratteristica aerodinamica si determina in accordo con il paragrafo 5.2.2.7.4 delle NTC 2018.

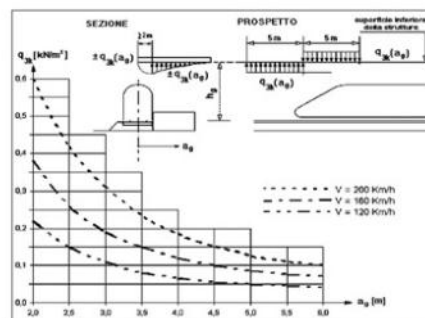


Figura 5.2.10 - Valori caratteristici delle azioni q_k per superfici orizzontali adiacenti al binario

Per tutte le posizioni lungo le superfici da progettare, q_k si determinerà come una funzione della distanza a , dall'asse del binario più vicino. Le azioni saranno sommate, se ci sono binari su entrambi i lati dell'elemento strutturale da calcolare.

Se la distanza h , supera i 3,80 m l'azione q_k , può essere ridotta del fattore k_3 :

$$k_3 = \frac{(7,5 - h_3)}{3,7} \quad \text{per } 3,8 \text{ m} < h_3 < 7,5 \text{ m};$$

$$k_3 = 0 \quad \text{per } h_3 \geq 7,5 \text{ m};$$

dove h_3 rappresenta la distanza dal P.F. alla superficie inferiore della struttura.

$$q_{v, \text{tot}, k} = \pm 0.12 \text{ kN/m}^2$$

Area Uniform (Qwk3) (GLOBAL)

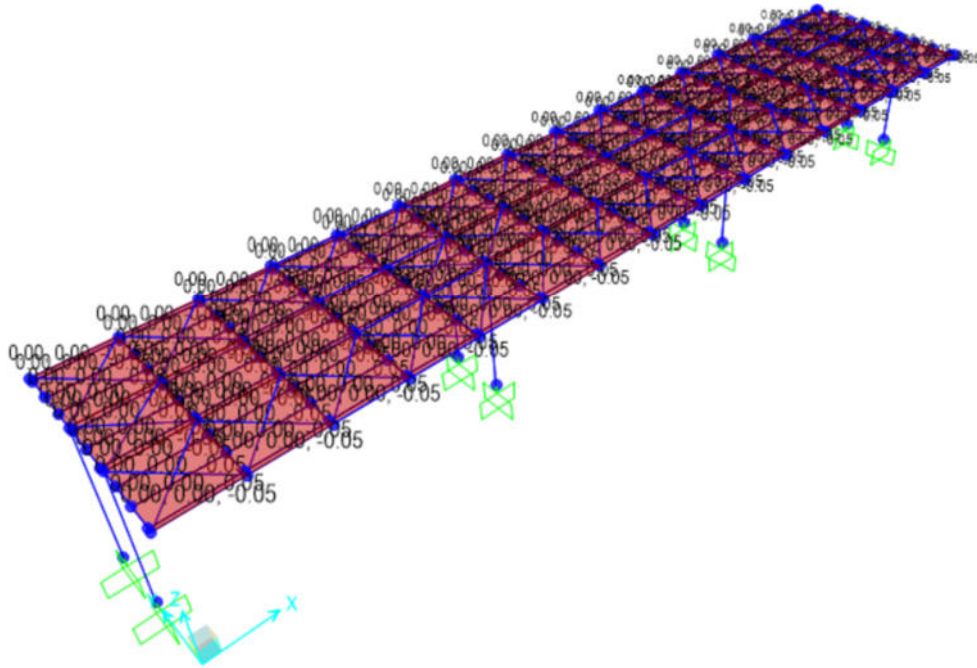


Figure 13 Vista - Azione del aerodinamiche (Qwk3)

Area Uniform (Qwk4) (GLOBAL)

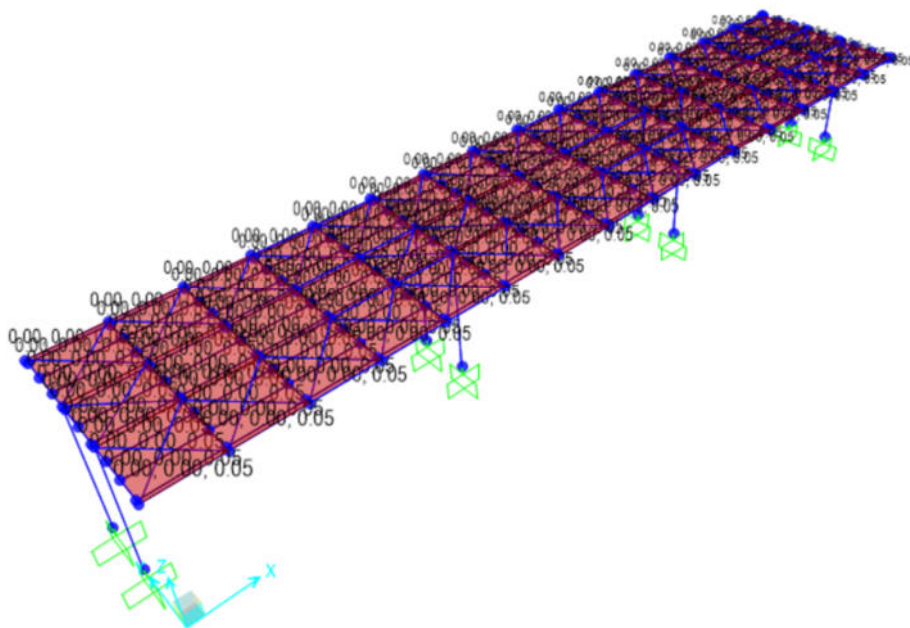


Figure 14 Vista - Azione del aerodinamiche (QTE)

6.1 Azione termica (DT)

In accordo con il paragrafo 3.5.5 delle NTC 2018, relativamente al caso di strutture in acciaio esposte, è stata considerata un'azione termica uniforme pari a:

$$\Delta = \pm 25^{\circ}$$

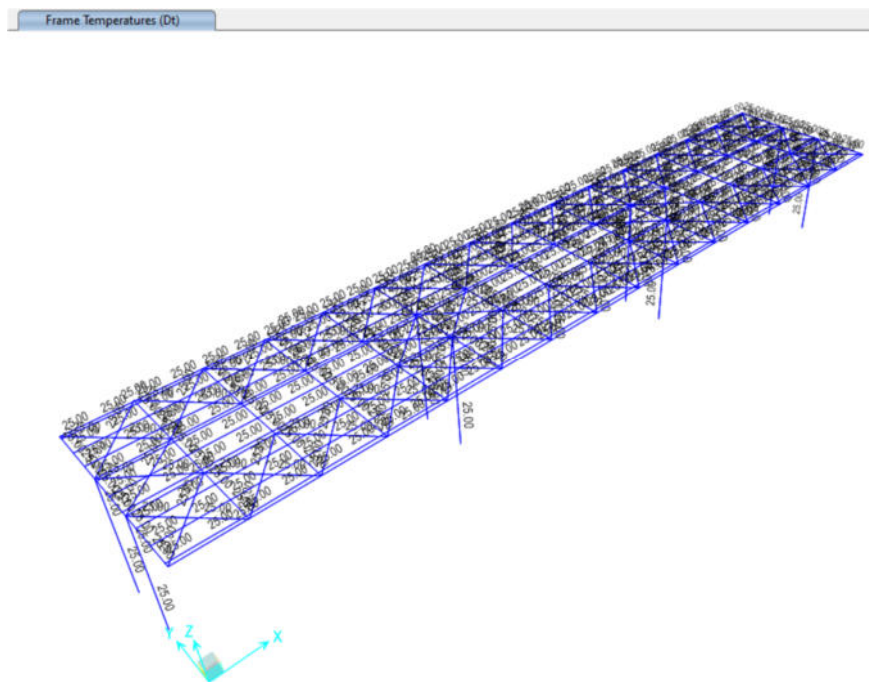


Figure 15 Vista - Azione termica (Dt)

6.2 Azione sismica (Sisma orizzontale e Sisma verticale)

Per la definizione dell'azione sismica sono necessarie delle valutazioni preliminari relative alle seguenti caratteristiche proprie della costruzione (2.4 – NTC2018):

- Vita Nominale (V_N);
- Classe d'uso (C_u);
- Periodo di Riferimento (V_R).

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissata probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (3.2 – NTC2018).

La normativa NTC2018 definisce le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g – Accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* - Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche si definiscono due stati limite di esercizio e due ultimi, che sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso (3.2.1 – NTC2018), ai quali corrispondono i seguenti valori dei parametri precedentemente definiti:

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III – NTC2018).

Il terreno su cui insiste la costruzione è stato assimilato ad un sottosuolo di *categoria B*.

Nel caso in esame si può assumere una categoria topografica T_1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Lo spettro di risposta elastico orizzontale è descritto dalle seguenti espressioni, riportate al punto 3.2.3.2.1 – NTC2018:

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

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

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

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

6.2.1 Parametri sismici

L'opera ricade nel comune di Nodo AV/AC di Verona. I corrispondenti valori delle coordinate geografiche sono i seguenti:

latitudine = 45.428270

longitudine = 10.981733

Il sottosuolo su cui insiste l'opera ricade in categoria sismica "B" e categoria topografica "T1

Si attribuisce alla struttura una vita nominale $V_N = 75$ anni e la classe d'uso II con coefficiente d'uso $C_u=1$, in conformità ai riferimenti normativi di cui al §3.1.

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi $V_R=C_u \times V_N=75$ anni.

Nelle figure seguenti sono riportati gli spettri elastici utilizzati per la definizione dell'azione sismica di progetto. I valori di progetto caratteristici (probabilità di superamento P_{VR} e periodo di ritorno T_R) sono i seguenti:

Stato Limite di salvaguardia della Vita: $P_{VR} = 10\%$ $T_R = 712$ anni;

Stato limite di Danno: $P_{VR} = 63\%$ $T_R = 75$ anni;

Stato limite di Operatività: $P_{VR} = 81\%$ $T_R = 45$ anni.

Si riporta di seguito la definizione degli spettri per i vari stati limite utilizzati **assumendo un fattore di struttura unitario ($q=1$)**.

Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition



Function Name

Function Damping Ratio

Parameters

ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
 ag, F0 and Tc* - by Island
 ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.0625
0.1186	0.1573
0.3559	0.1573
0.4559	0.1228
0.5559	0.1007
0.6559	0.0853
0.7559	0.0741
0.8559	0.0654

Function Graph

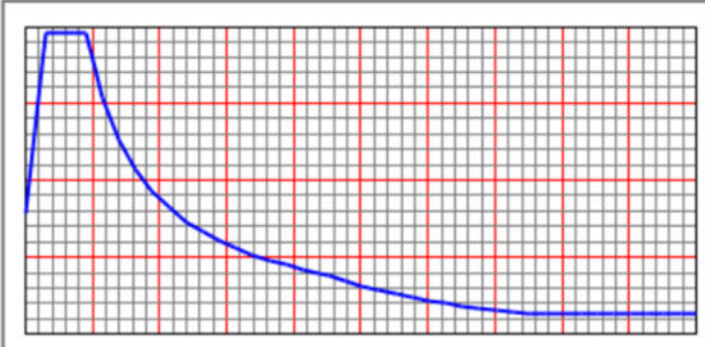


Figure 16 Parametri sismici SLO (horizontale)

Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition



Function Name

Function Damping Ratio

Parameters

ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
 ag, F0 and Tc* - by Island
 ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.0822
0.1227	0.2057
0.3682	0.2057
0.4682	0.1618
0.5682	0.1333
0.6682	0.1134
0.7682	0.0986
0.8682	0.0873

Function Graph

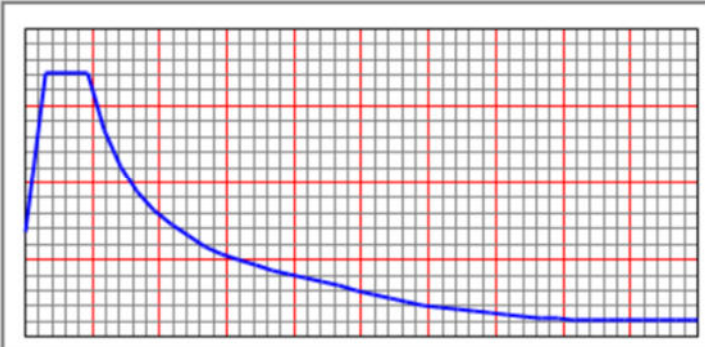


Figure 17 Parametri sismici SLD (horizontale)

Response Spectrum Italian NTC2008 Function Definition



Function Name

Function Damping Ratio

Parameters

ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
 ag, F0 and Tc* - by Island
 ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.2178
0.1318	0.5342
0.3953	0.5342
0.4953	0.4263
0.5953	0.3547
0.6953	0.3037
0.7953	0.2655
0.8953	0.2358

Function Graph

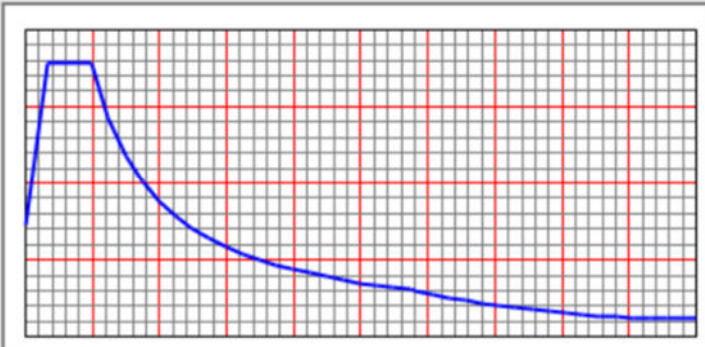


Figure 18 Parametri sismici SLV-H (horizontale)

Response Spectrum Italian NTC2008 Function Definition



Function Name

Function Damping Ratio

Parameters

ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
 ag, F0 and Tc* - by Island
 ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.1044
0.05	0.256
0.15	0.256
0.25	0.1536
0.35	0.1097
0.45	0.0853
0.55	0.0698
0.65	0.0591

Function Graph

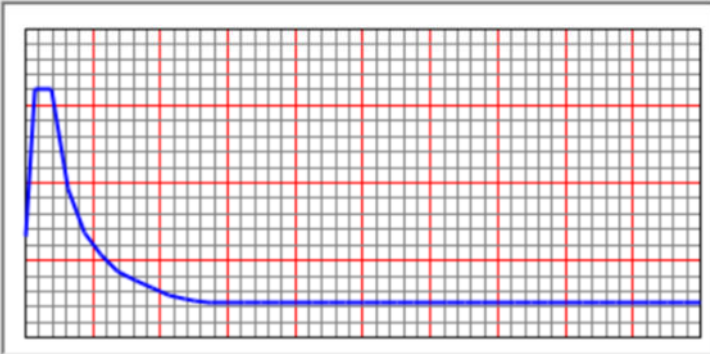


Figure 19 Parametri sismici SLV-V (verticale)

6.3 Combinazioni delle azioni

Le azioni caratteristiche (carichi, distorsioni, variazioni termiche, ecc.), definite nei paragrafi precedenti, dovranno essere combinate tra loro in accordo con quanto indicato nel capitolo 2 delle NTC 2018. Per costruzioni civili o industriali di tipo corrente e per le quali non esistano regolamentazioni specifiche, le azioni di calcolo si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo le seguenti formule di correlazione.

- Combinazione fondamentale, utilizzata 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, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (SLE Rara):

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

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

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi di salvaguardia per la vita (SLV) e di esercizio (SLO) connessi con l'azione sismica E:

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad:

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

Con l'obiettivo di controllare che le forze di reazione sugli appoggi siano sempre di compressione, è stata inserita una combinazione che minimizza i permanenti e massimizza gli accidentali sulla rampa. Tale combinazione è la SLU09.

TABLE: Definizioni dei casi di carico

Casi	Tipo	Cond iniziale	Caso modello	
Text	Text	Text	Text	
G1k	LinStatic	Zero	DEAD	Peso proprio strutture
MODAL	LinModal	Zero		MODAL
G2k	LinStatic	Zero	DEAD	Carichi permanenti non strutturali
Qhk	LinStatic	Zero	LIVE	Carico Accidentali
Qnk	LinStatic	Zero	SNOW	Azione della neve
Qwk1	LinStatic	Zero	WIND	Azione del vento
Qwk2	LinStatic	Zero	WIND	Azione del vento
Qwk3	LinStatic	Zero	WIND	Azione del vento
QTE	LinStatic	Zero	WIND	Azione del vento
Dt	LinStatic	Zero		Azione termica
SISMA_SLV_X	LinRespSpec		MODAL	Sisma X
SISMA_SLV_Y	LinRespSpec		MODAL	Sisma Y
SISMA_SLV_Z	LinRespSpec		MODAL	Sisma Z
SISMA_SLD_X	LinRespSpec		MODAL	Sisma X
SISMA_SLD_Y	LinRespSpec		MODAL	Sisma Y
SISMA_SLO_X	LinRespSpec		MODAL	Sisma X
SISMA_SLO_Y	LinRespSpec		MODAL	Sisma Y

TABLE: Combination Definitions

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
SLU_01	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_01		Linear Static	G2k	1.5
SLU_01		Linear Static	Qhk	1.5
SLU_01		Linear Static	Qnk	0.75
SLU_01		Linear Static	Qwk	0.9
SLU_01		Linear Static	Qwk2	0.9
SLU_01		Linear Static	Qwk3	0.9
SLU_01		Linear Static	QTE	0.9
SLU_01		Linear Static	Dt	0.9
SLU_01		Linear Static	Qhk2	1.5
SLU_02	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_02		Linear Static	G2k	1.5
SLU_02		Linear Static	Qhk	0
SLU_02		Linear Static	Qnk	1.5
SLU_02		Linear Static	Qwk	1.5
SLU_02		Linear Static	Qwk2	0
SLU_02		Linear Static	Qwk3	0
SLU_02		Linear Static	QTE	0
SLU_02		Linear Static	Dt	0
SLU_02		Linear Static	Qhk2	0
SLU_03	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_03		Linear Static	G2k	1.5
SLU_03		Linear Static	Qhk	1.05
SLU_03		Linear Static	Qnk	0.75

NUOVO MARCIAPIEDE TRA BINARIO 15 E 16
 RELAZIONE DI CALCOLO PARTE IN ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV01 0C 00 002	A	35 di 53

SLU_03		Linear Static	Qwk	1.5
SLU_03		Linear Static	Qwk2	1.5
SLU_03		Linear Static	Qwk3	1.5
SLU_03		Linear Static	QTE	1.5
SLU_03		Linear Static	Dt	0.9
SLU_03		Linear Static	Qhk2	1.05
SLU_04	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_04		Linear Static	G2k	1.5
SLU_04		Linear Static	Qhk	1.05
SLU_04		Linear Static	Qnk	0.75
SLU_04		Linear Static	Qwk	0.9
SLU_04		Linear Static	Qwk2	0.9
SLU_04		Linear Static	Qwk3	0.9
SLU_04		Linear Static	QTE	0.9
SLU_04		Linear Static	Dt	1.5
SLU_04		Linear Static	Qhk2	1.05
SLU_05	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_05		Linear Static	G2k	1.5
SLU_05		Linear Static	Qhk	1.5
SLU_05		Linear Static	Qnk	0.75
SLU_05		Linear Static	Qwk	0.9
SLU_05		Linear Static	Qwk2	0.9
SLU_05		Linear Static	Qwk3	0.9
SLU_05		Linear Static	QTE	0.9
SLU_05		Linear Static	Dt	-0.9
SLU_05		Linear Static	Qhk2	1.5
SLU_06	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_06		Linear Static	G2k	1.5
SLU_06		Linear Static	Qhk	1.05
SLU_06		Linear Static	Qnk	1.5
SLU_06		Linear Static	Qwk	0.9
SLU_06		Linear Static	Qwk2	0.9
SLU_06		Linear Static	Qwk3	0.9
SLU_06		Linear Static	QTE	0.9
SLU_06		Linear Static	Dt	-0.9
SLU_06		Linear Static	Qhk2	1.05
SLU_07	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_07		Linear Static	G2k	1.5
SLU_07		Linear Static	Qhk	1.05
SLU_07		Linear Static	Qnk	0.75
SLU_07		Linear Static	Qwk	1.5
SLU_07		Linear Static	Qwk2	1.5
SLU_07		Linear Static	Qwk3	1.5
SLU_07		Linear Static	QTE	1.5
SLU_07		Linear Static	Dt	-0.9
SLU_07		Linear Static	Qhk2	1.05
SLU_08	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_08		Linear Static	G2k	1.5
SLU_08		Linear Static	Qhk	1.05
SLU_08		Linear Static	Qnk	0.75
SLU_08		Linear Static	Qwk	0.9
SLU_08		Linear Static	Qwk2	0.9
SLU_08		Linear Static	Qwk3	0.9
SLU_08		Linear Static	QTE	0.9
SLU_08		Linear Static	Dt	-1.5
SLU_08		Linear Static	Qhk2	1.05

NUOVO MARCIAPIEDE TRA BINARIO 15 E 16
 RELAZIONE DI CALCOLO PARTE IN ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV01 0C 00 002	A	36 di 53

SLU_09	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
SLU_09		Linear Static	G2k	0.9
SLU_09		Linear Static	Qhk2	1.5
SLUINV	Envelope	Response Combo	SLU_01	1
SLUINV		Response Combo	SLU_02	1
SLUINV		Response Combo	SLU_03	1
SLUINV		Response Combo	SLU_04	1
SLUINV		Response Combo	SLU_05	1
SLUINV		Response Combo	SLU_06	1
SLUINV		Response Combo	SLU_07	1
SLUINV		Response Combo	SLU_08	1
SLUINV		Response Combo	SLU_09	1
SISMAINV	Envelope	Response Combo	EX	1
SISMAINV		Response Combo	EY	1
SISMAINV		Response Combo	EZ	1
SLE_C	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_C		Linear Static	G2k	1
SLE_C		Linear Static	Qhk	0
SLE_C		Linear Static	Qnk	1
SLE_C		Linear Static	Qwk	0
SLE_C		Linear Static	Qwk2	0
SLE_C		Linear Static	Qwk3	0
SLE_C		Linear Static	QTE	0
SLE_acc	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_acc		Linear Static	G2k	1
SLE_acc		Linear Static	Qhk	1
SLE_var	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_var		Linear Static	G2k	1
SLE_var		Linear Static	Qnk	1
SLE_var		Linear Static	Qwk	1
SLE_var		Linear Static	Qwk2	1
SLE_var		Linear Static	Qwk3	1
SLE_var		Linear Static	QTE	1
SLEC_1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLEC_1		Linear Static	G2k	1
SLEC_1		Linear Static	Qhk	1
SLEC_1		Linear Static	Qnk	1
SLEC_1		Linear Static	Qwk	1
SLEC_1		Linear Static	Qwk2	1
SLEC_1		Linear Static	Qwk3	1
SLEC_1		Linear Static	QTE	1
SLEC_2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLEC_2		Linear Static	G2k	1
SLEC_2		Linear Static	Qhk	1
SLEC_2		Linear Static	Qnk	0
SLEC_2		Linear Static	Qwk	0
SLEC_2		Linear Static	Qwk2	0
SLEC_2		Linear Static	Qwk3	0
SLEC_2		Linear Static	QTE	0
SLV_1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLV_1		Linear Static	G2k	1
SLV_1		Linear Static	Qhk	0.2
SLV_1		Linear Static	Qnk	0.2
SLV_1		Linear Static	Qwk	0.2
SLV_1		Linear Static	Qwk2	0.2
SLV_1		Linear Static	Qwk3	0.2

SLV_1		Linear Static	QTE	0.2
SLV_1		Response Spectrum	SISMA_SLV_X	1
SLV_2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLV_2		Linear Static	G2k	1
SLV_2		Linear Static	Qhk	0.2
SLV_2		Linear Static	Qnk	0.2
SLV_2		Linear Static	Qwk	0.2
SLV_2		Linear Static	Qwk2	0.2
SLV_2		Linear Static	Qwk3	0.2
SLV_2		Linear Static	QTE	0.2
SLV_2		Response Spectrum	SISMA_SLV_Y	1
SLV_3	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLV_3		Linear Static	G2k	1
SLV_3		Linear Static	Qhk	0.2
SLV_3		Linear Static	Qnk	0.2
SLV_3		Linear Static	Qwk	0.2
SLV_3		Linear Static	Qwk2	0.2
SLV_3		Linear Static	Qwk3	0.2
SLV_3		Linear Static	QTE	0.2
SLV_3		Response Spectrum	SISMA_SLV_Z	0.5
SLV_4	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLV_4		Linear Static	G2k	1
SLV_4		Linear Static	Qhk	0.2
SLV_4		Linear Static	Qnk	0.2
SLV_4		Linear Static	Qwk	0.2
SLV_4		Linear Static	Qwk2	0.2
SLV_4		Linear Static	Qwk3	0.2
SLV_4		Linear Static	QTE	0.2
SLV_4		Response Spectrum	SISMA_SLV_X	-1
SLV_5	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLV_5		Linear Static	G2k	1
SLV_5		Linear Static	Qhk	0.2
SLV_5		Linear Static	Qnk	0.2
SLV_5		Linear Static	Qwk	0.2
SLV_5		Linear Static	Qwk2	0.2
SLV_5		Linear Static	Qwk3	0.2
SLV_5		Linear Static	QTE	0.2
SLV_5		Response Spectrum	SISMA_SLV_Y	-1
SLV_6	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLV_6		Linear Static	G2k	1
SLV_6		Linear Static	Qhk	0.2
SLV_6		Linear Static	Qnk	0.2
SLV_6		Linear Static	Qwk	0.2
SLV_6		Linear Static	Qwk2	0.2
SLV_6		Linear Static	Qwk3	0.2
SLV_6		Linear Static	QTE	0.2
SLV_6		Response Spectrum	SISMA_SLV_Z	-0.5

7 RISULTATI DELLE ANALISI

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle seguenti sezioni significative.

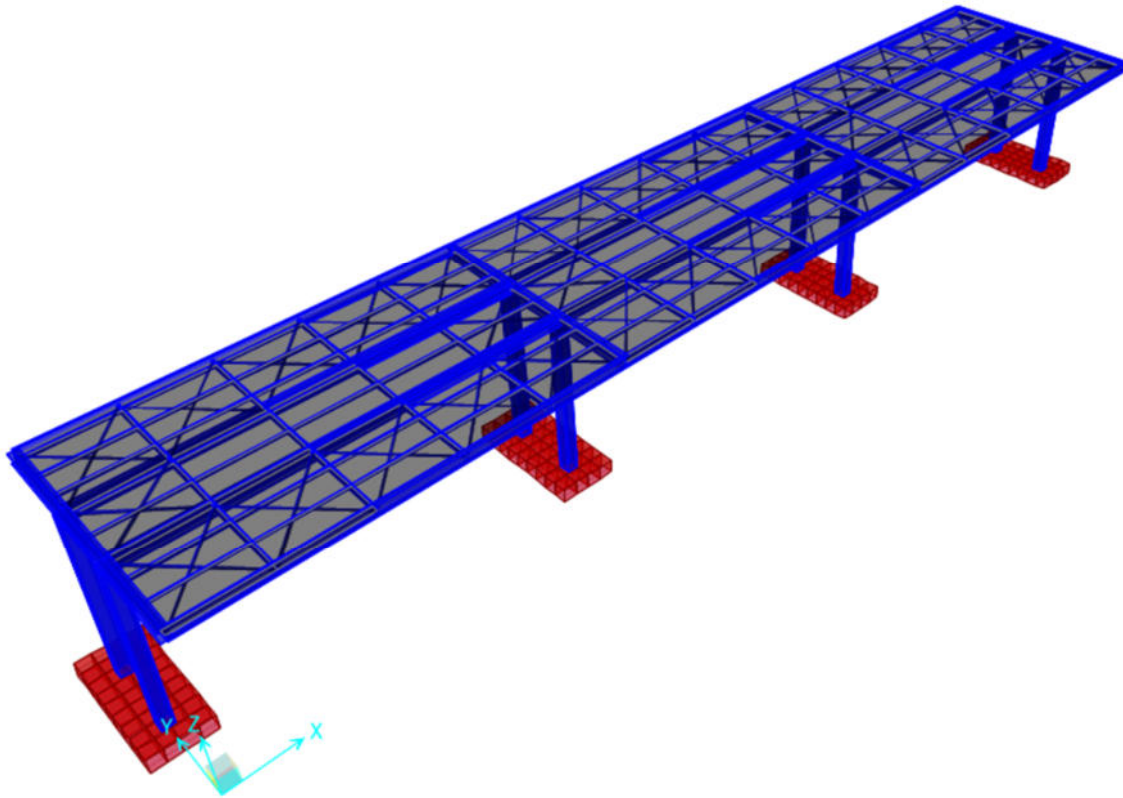


Fig. 44 – Sezioni di verifica

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati delle analisi espressi in forma tabellare delle sollecitazioni lungo gli elementi.

La convenzione adottata per i segni delle sollecitazioni prevede che

$N < 0$ compressione

$M > 0$ fibre tese sul lato interno allo scatolare

Le unità di misura adottate sono

Momenti kNm

Forze kN

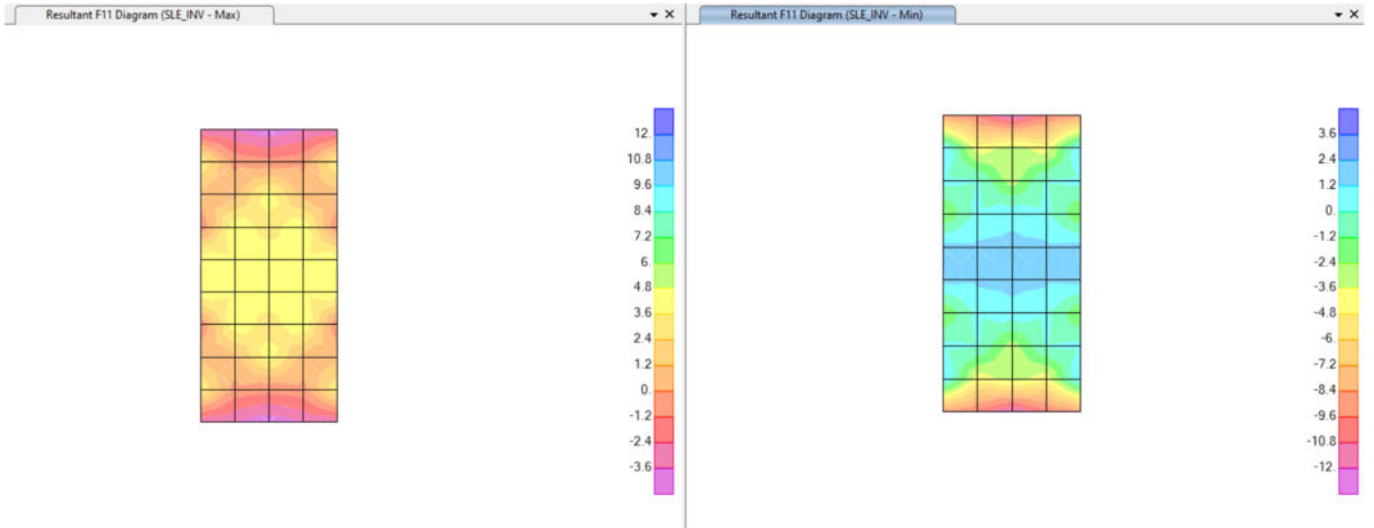


Figura - 1 FONDAZIONE SLE - F11 max./min.

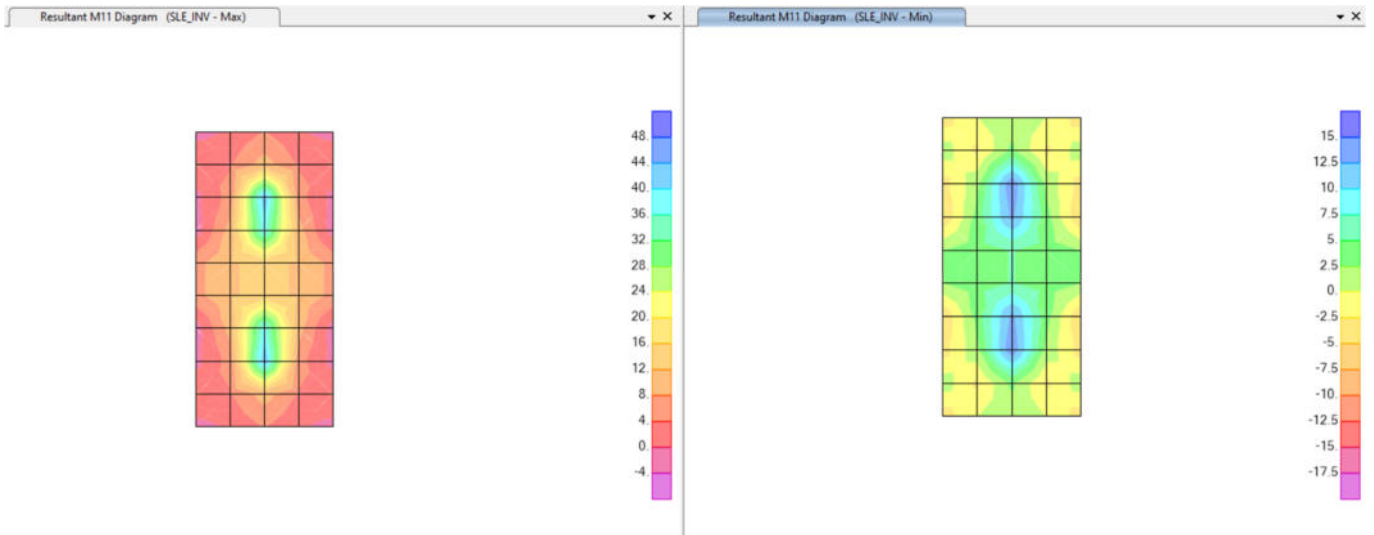


Figura - 2 FONDAZIONE SLE – M11 max./min.

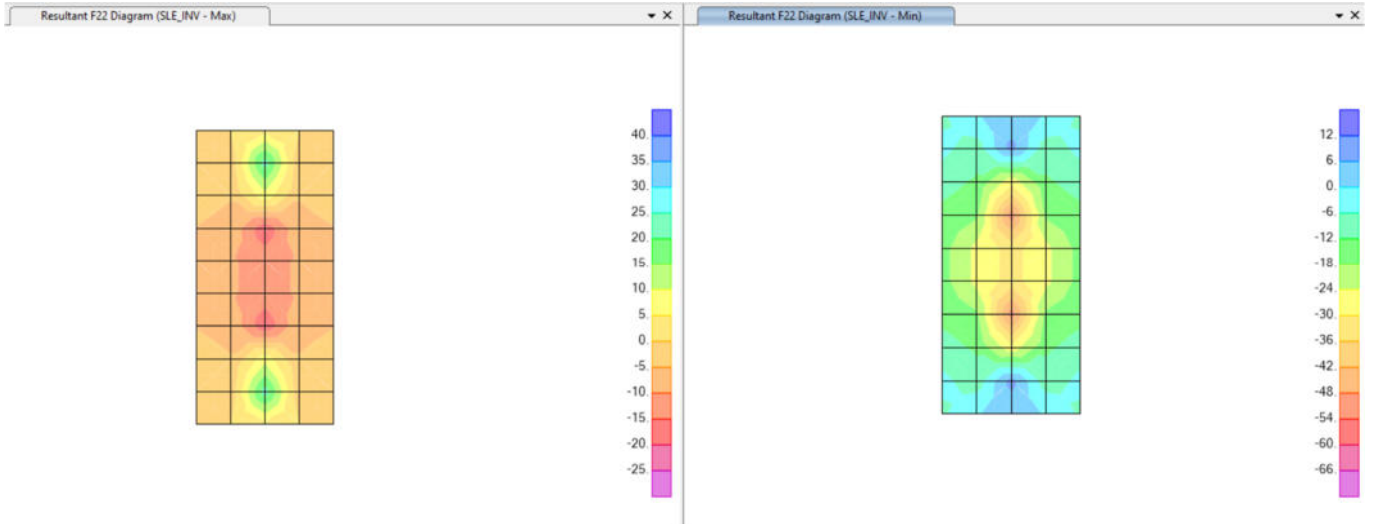


Figura - 3 FONDAZIONE SLE – F22 max./min.

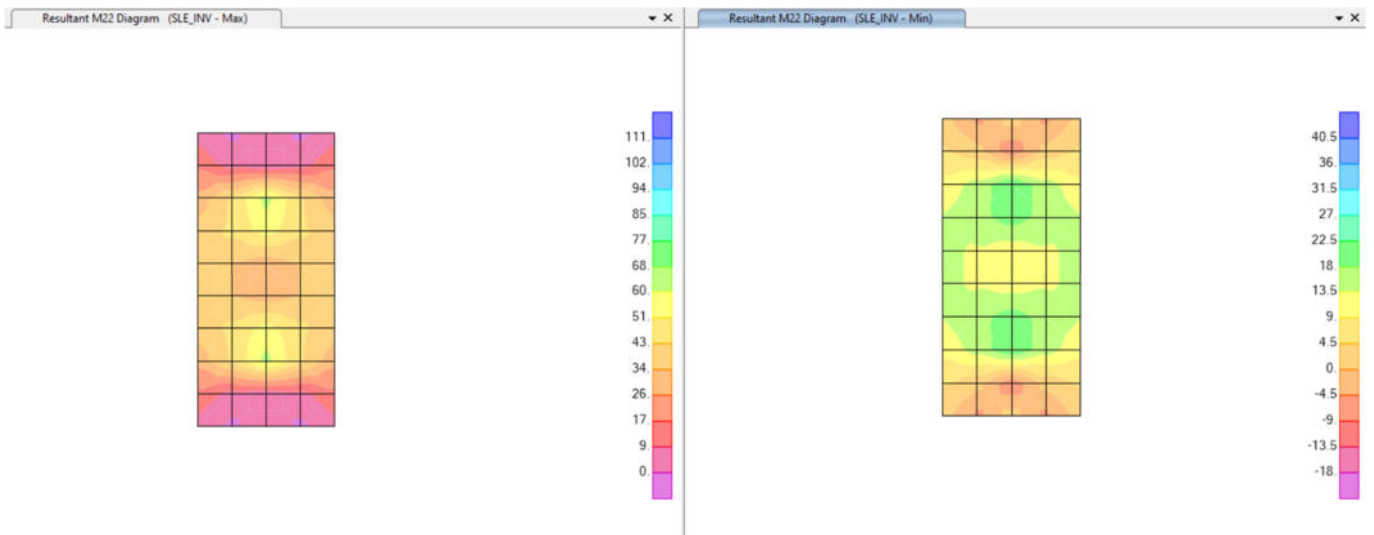


Figura - 4 FONDAZIONE SLE – M22 max./min.

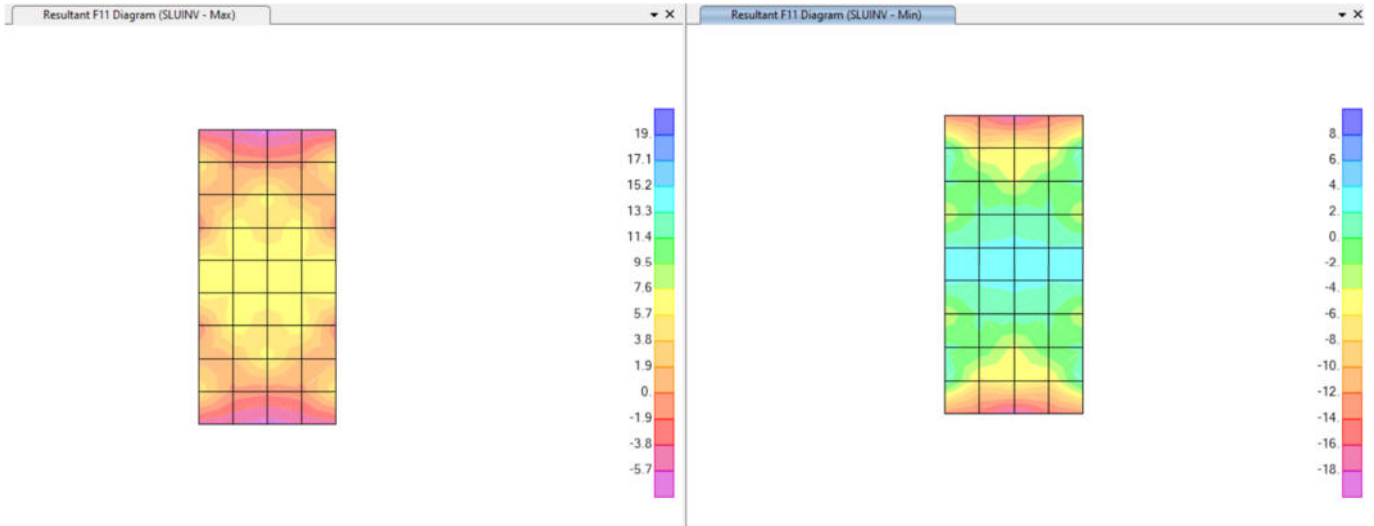


Figura - 5 FONDAZIONE SLU – F11 max./min.

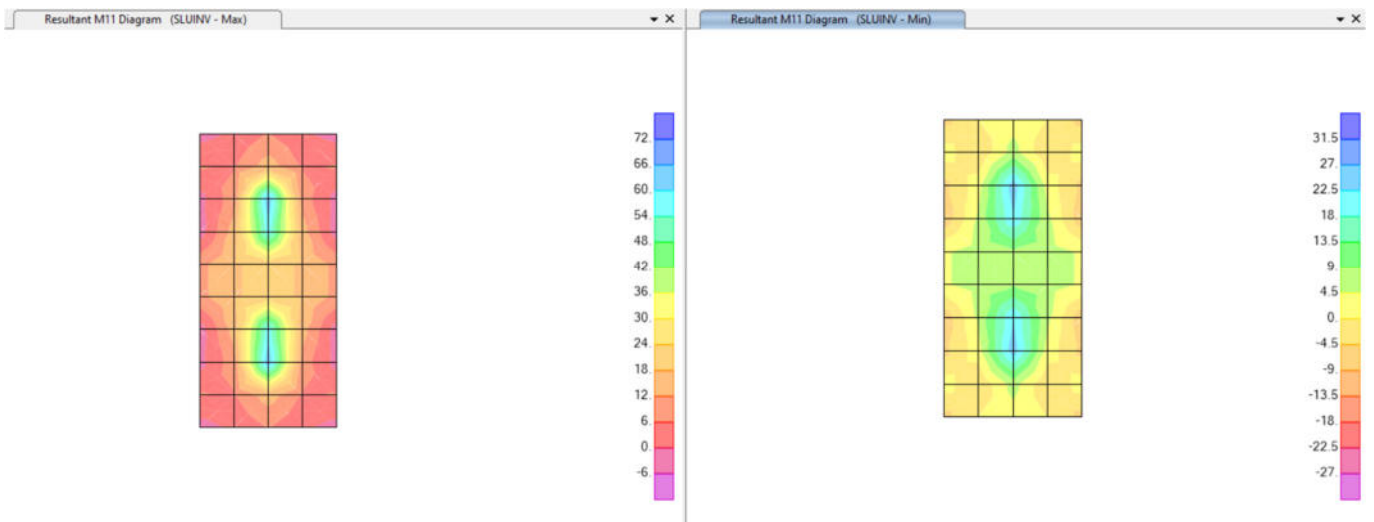


Figura - 6 FONDAZIONE SLU – M11 max./min.

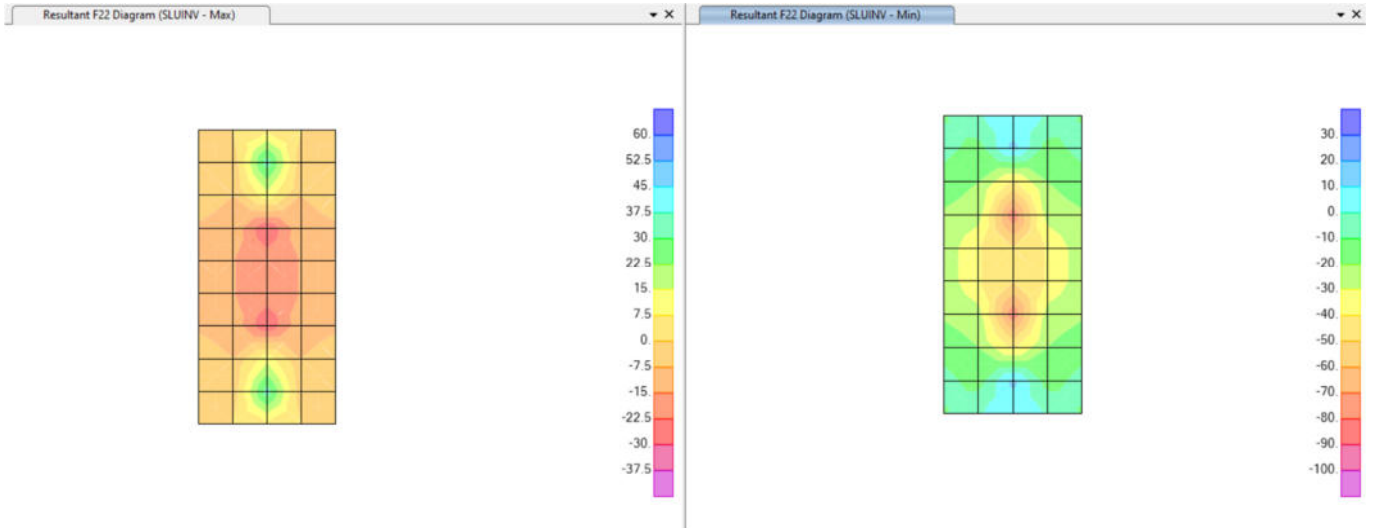


Figura - 7 FONDAZIONE SLU – F22 max./min.

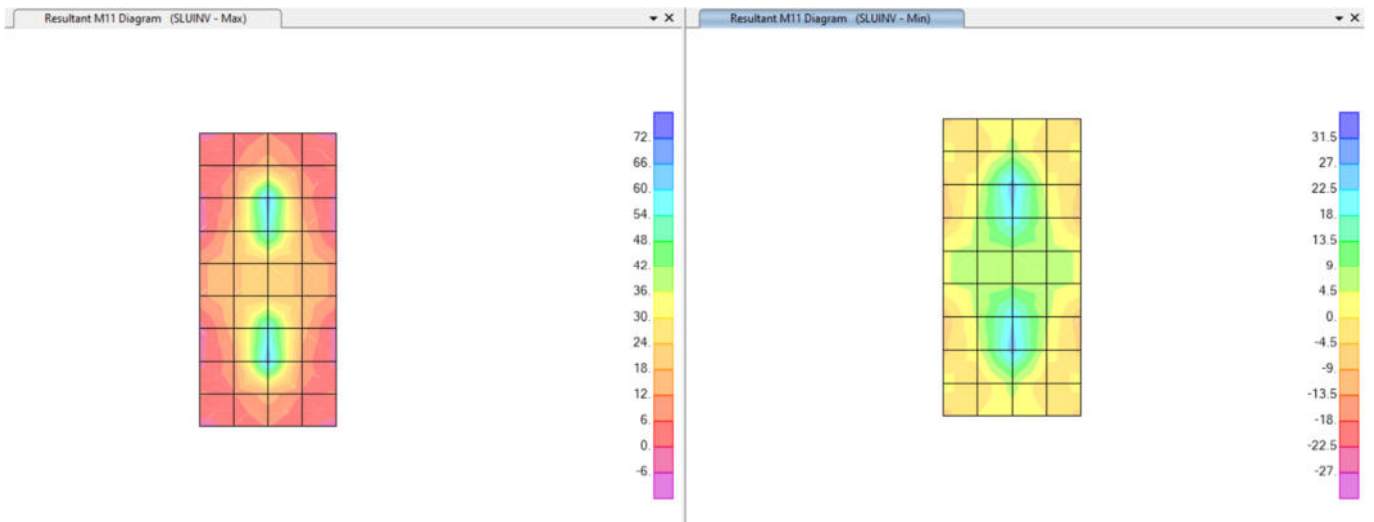


Figura - 8 FONDAZIONE SLU –M11 max./min.

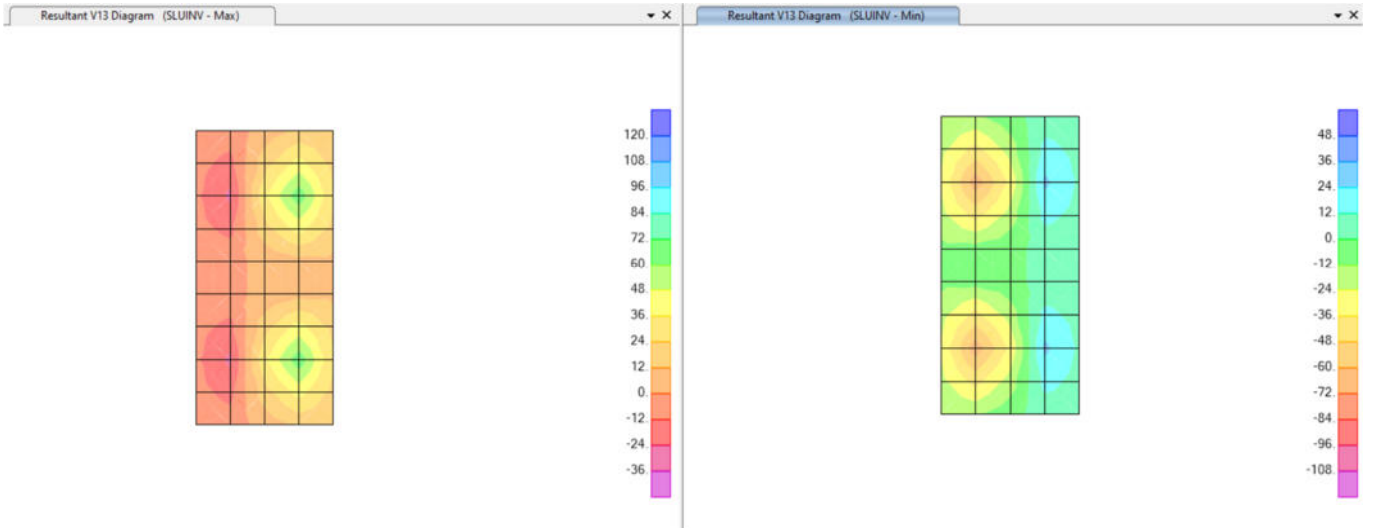


Figura - 9 FONDAZIONE SLU -V13 max./min.

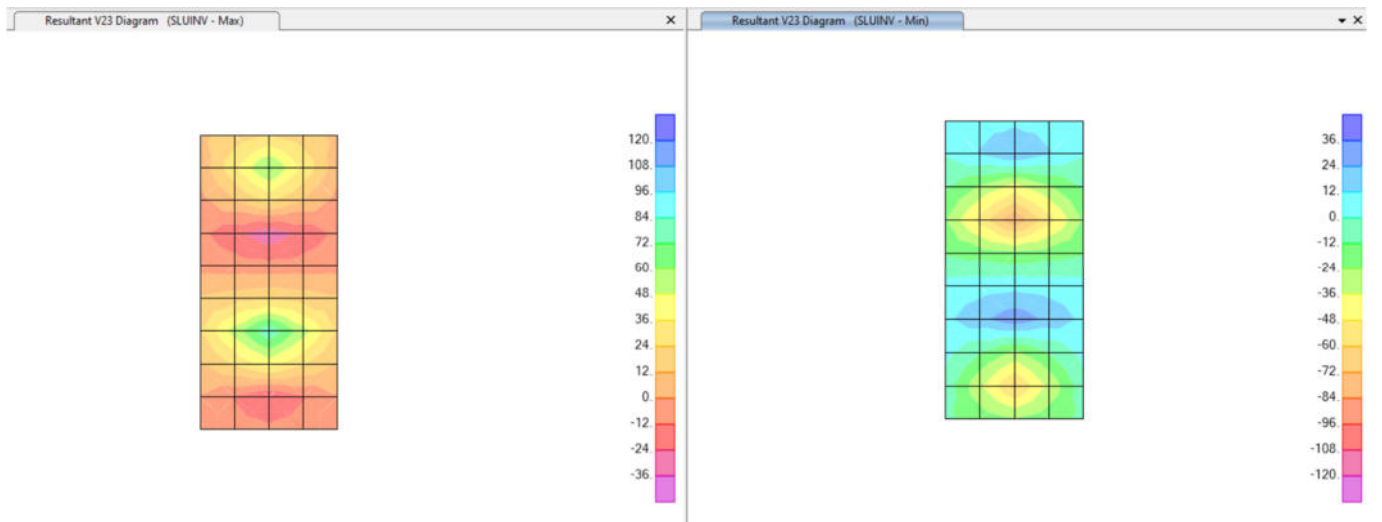


Figura - 10 FONDAZIONE SLU -V23 max./min.

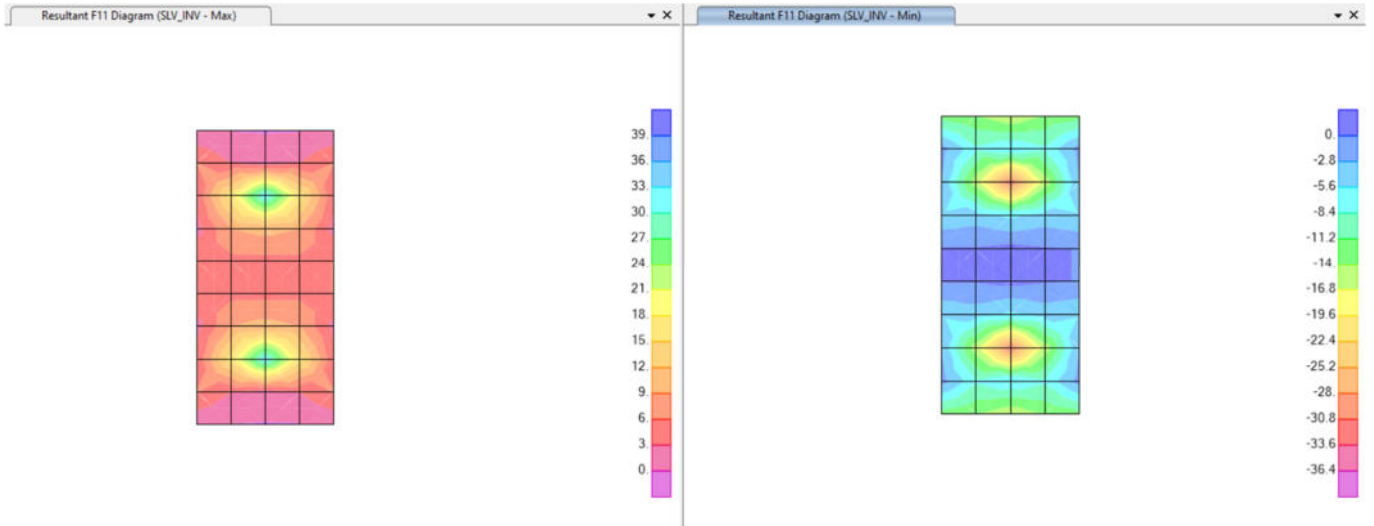


Figura - 11 FONDAZIONE SLV – F11 max./min.

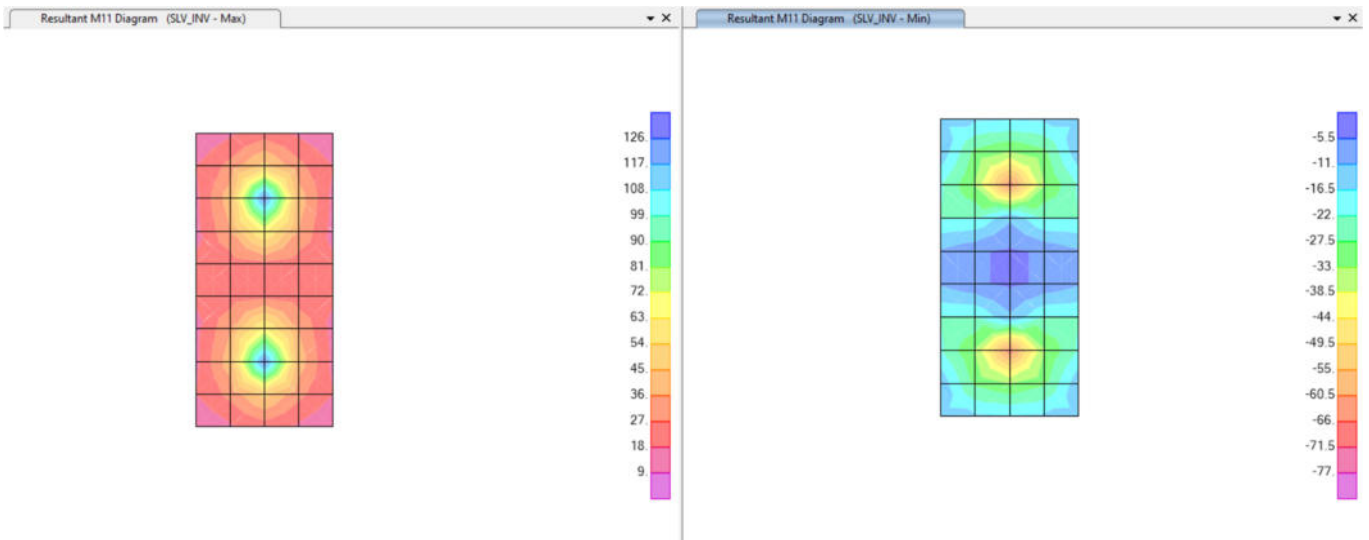


Figura - 12 FONDAZIONE SLV – M11 max./min.

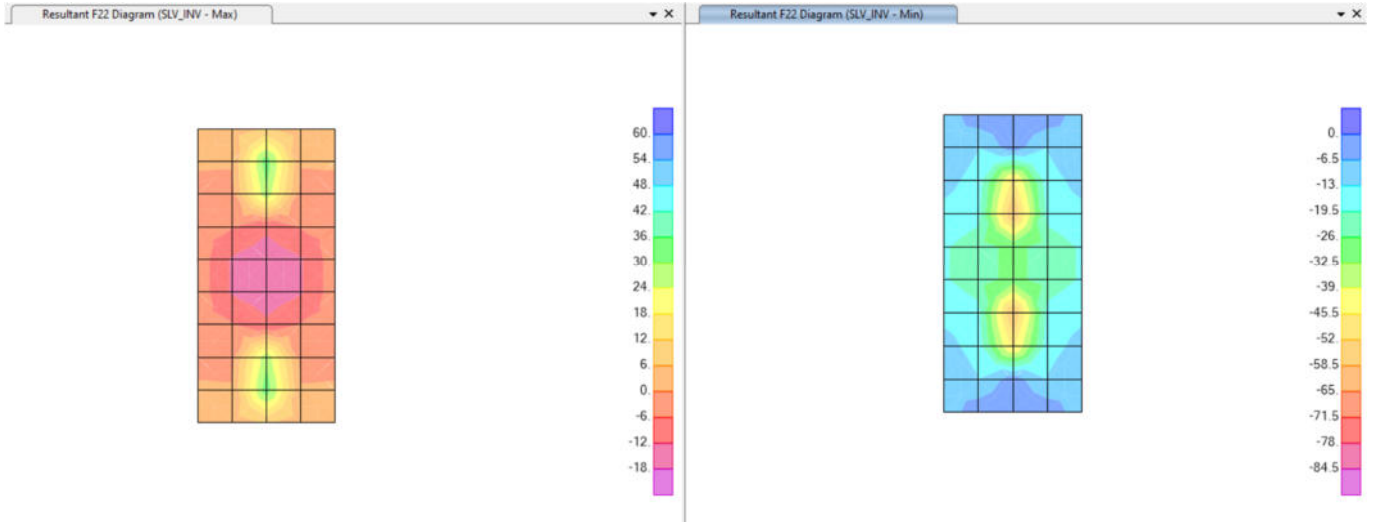


Figura - 13 FONDAZIONE SLV – F22 max./min.

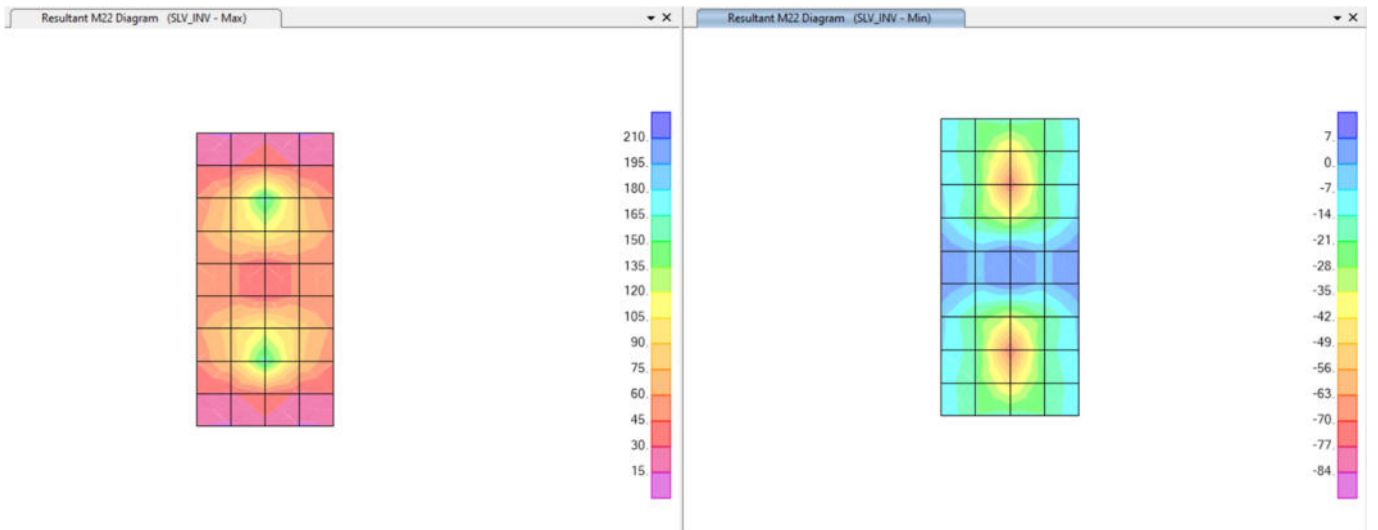


Figura - 14 FONDAZIONE SLV – M22 max./min.

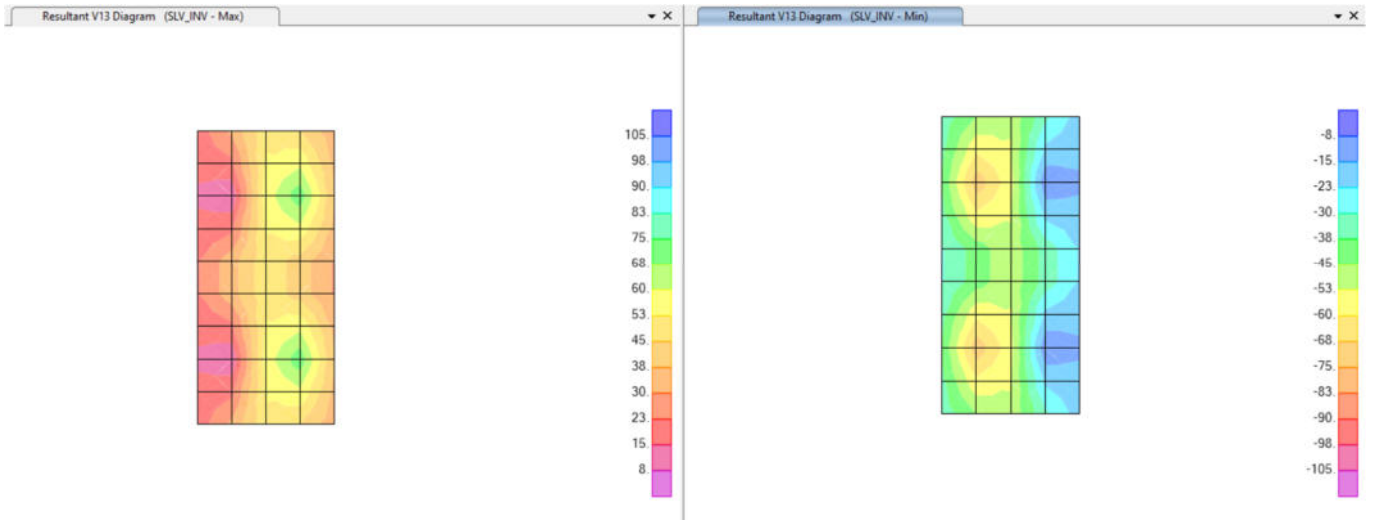


Figura - 15 FONDAZIONE SLV –V13 max./min.

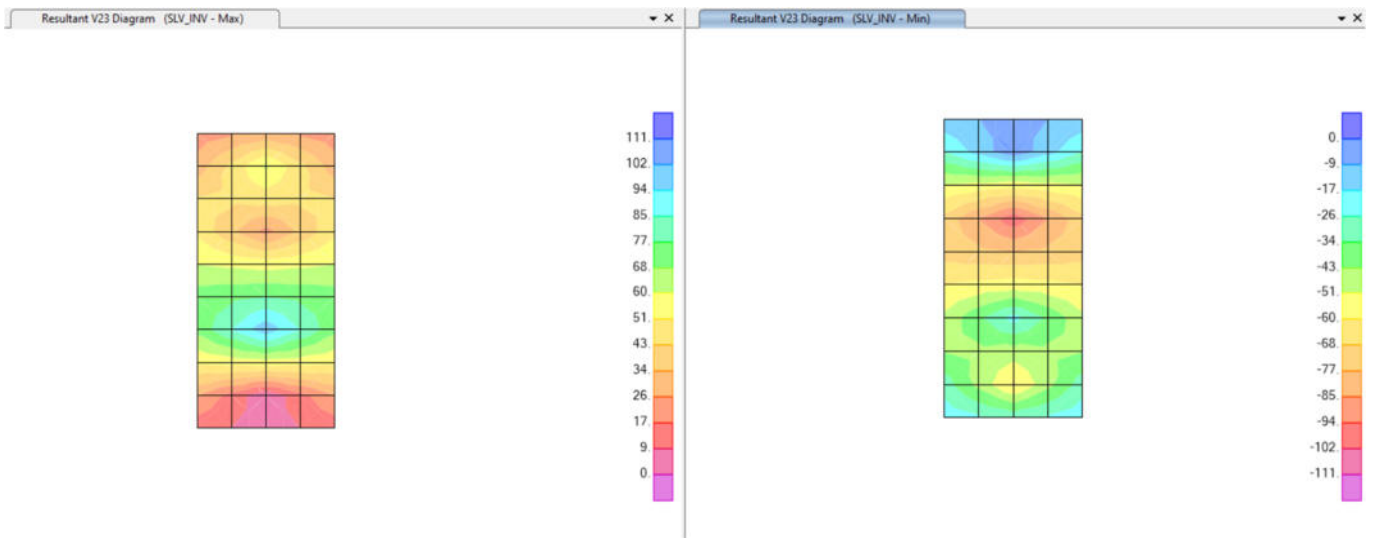


Figura - 16 FONDAZIONE SLV –V23 max./min.

FONDAZIONE (F1-M1)

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]
SLE Quasi Permanente	14.0	51.0	81
SLE Frequente	14.0	51.0	81
SLE Rara	14.0	51.0	81
SLU	44.0	77.0	125.0
SLV	40.0	130.0	115.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione			
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100	
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	60	
Altezza utile della sezione	d [cm]	53	
Area di cakestruzzo	A_c [cm ²]	6000	

Armatura longitudinale tesa				
	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.67	0.00	0
Diametro	ϕ [mm]	18	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.6	11.3	0.0
Area strato	A_s [cm ²]	16.97	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.318%		

Armatura longitudinale compressa				
	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.7	0	0
Diametro	ϕ [mm]	18	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.6	11.3	0.0
Area strato	A_s' [cm ²]	16.97	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.318%		

Armatura trasversale				
	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	
Diametro	ϕ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n	0	0	0
Passo	s_w [cm]	10	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A_{sw}/s_w [cm ²]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f_{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f_{td} [Mpa]	8.98

Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f_{td} [Mpa]	382.61

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Cakestruzzo SLE Quasi Permanente	σ_c [Mpa] = 1.32	13.500
Cakestruzzo SLE Rara	σ_c [Mpa] = 1.32	18.000
Acciaio SLE Rara	σ_s [Mpa] = 65.78	352.000
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w_s [mm] = 0.000	0.200
Combinazione SLE Frequente	w_s [mm] = 0.000	0.300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio (SLU, SLV)	V_{Ed} [kN]	125.0	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N_{Ed} [kN]	0.0	

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V_{Rd1} [kN]	662.96	
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd1}/V_{Ed}	5.30	

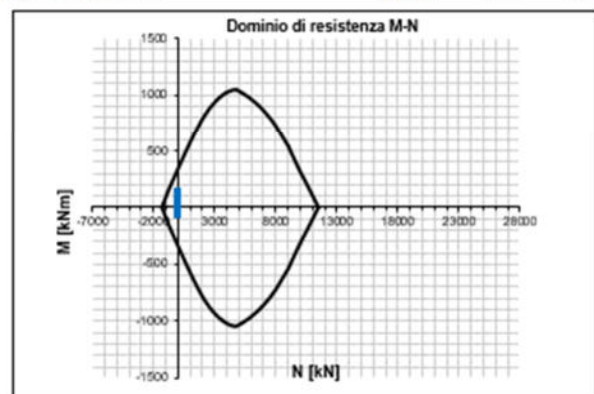
Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
CoTan(θ) di progetto	coTan(θ)	2.5	
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	-	
Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	-	
Resistenza a taglio di progetto	V_{Ed} [kN]	-	
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd}/V_{Ed}	-	

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto			
Momento sollecitante	M_{Ed} [kNm]	77.0	130.0
Sforzo Normale concomitante	N_{Ed} [kN]	20.0	40.0

Verifica di resistenza in termini di momento			
Momento resistente	M_{Rd} [kNm]	332.5	327.7
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{Ed}	4.32	2.52

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale			
Sforzo normale resistente	N_{Rd} [kN]	911.4	776.6
Coefficiente di sicurezza	N_{Rd}/N_{Ed}	45.57	19.41



FONDAZIONE (F2-M2)

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	V_{sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	43.0	115.0	81
SLE Frequente	43.0	115.0	81
SLE Rara	43.0	115.0	81
SLU	44.0	175.0	122.0
SLV	65.0	220.0	115.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione	
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm] 100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm] 60
Altezza utile della sezione	d [cm] 53
Area di calcestruzzo	A_c [cm ²] 6000

Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n 6.67	0.00	0
Diametro	ϕ [mm] 18	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm] 6.6	11.3	0.0
Area strato	A_s [cm ²] 16.97	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.318%	

Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n 6.7	0	0
Diametro	ϕ [mm] 18	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm] 6.6	11.3	0.0
Area strato	A_s' [cm ²] 16.97	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.318%	

Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	ϕ [mm] 0	0	0
Numero bracci	n 0	0	0
Passo	s_w [cm] 10	0	0
Inclinazione	α [deg] 90	90	90
Area armatura a metro	A_{sw}/s_w [cm ²] 0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f_{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f_{td} [Mpa]	8.98

Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f_{sd} [Mpa]	382.61

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale	σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ_c [Mpa] = 2.97 13.500
Calcestruzzo SLE Rara	σ_c [Mpa] = 2.97 18.000
Acciaio SLE Rara	σ_s [Mpa] = 151.64 352.000

Verifica di fessurazione	w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w_s [mm] = 0.000 0.200
Combinazione SLE Frequente	w_s [mm] = 0.000 0.300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto	
Taglio sollecitante = max Taglio (SLU, SLV)	V_{sd} [kN] 122.0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N_{sd} [kN] 0.0

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica	
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V_{Rd1} [kN] 662.96
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd1}/V_{sd} 5.43

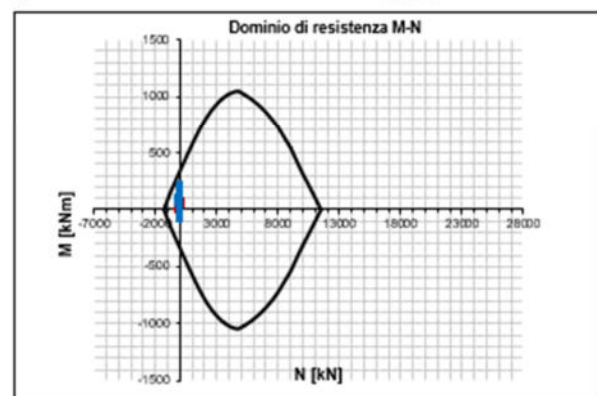
Verifica di resistenza dell'armatura specifica	
CoTan(θ) di progetto	$\cotan(\theta)$ 2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in ch	$V_{Rd1}(\theta)$ [kN] -
Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN] -
Resistenza a taglio di progetto	V_{sd} [kN] -
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd1}/V_{sd} -

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto	SLU	SLV
Momento sollecitante	M_{sd} [kNm] 175.0	220.0
Sforzo Normale concomitante	N_{sd} [kN] 65.0	65.0

Verifica di resistenza in termini di momento	
Momento resistente	M_{Rd} [kNm] 321.7 321.7
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{sd} 1.84 1.46

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale	
Sforzo normale resistente	N_{Rd} [kN] 672.7 486.3
Coefficiente di sicurezza	N_{Rd}/N_{sd} 10.35 7.48



Fondazioni Dirette

Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^*Nc^* sc^*dc^*ic^*bc^*gc + q^*Nq^*sq^*dq^*iq^*bq^*gq + 0,5^*\gamma^*B^*N\gamma^*s\gamma^*d\gamma^*i\gamma^*b\gamma^*g\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)




e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = Ml/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

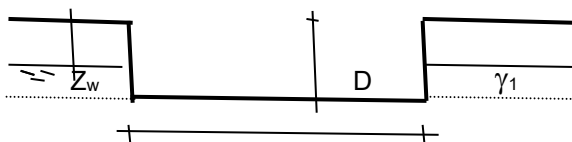
L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

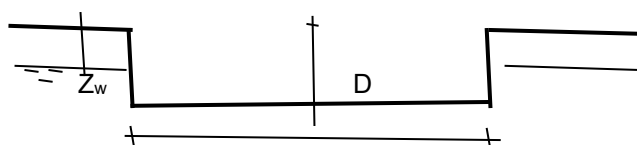
Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'
Stato limite ultimo 	1.00	1.30	1.25	1.60
Tensioni ammissibili 	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente 	1.00	1.00	1.00	1.00

valori suggeriti dall'EC7

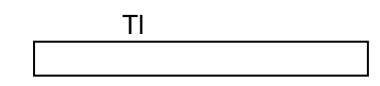
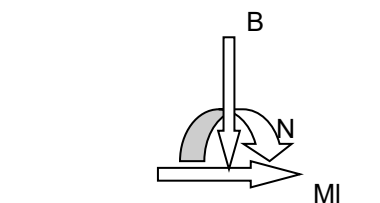
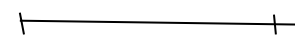
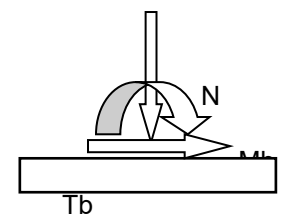


B

γ, c', φ'



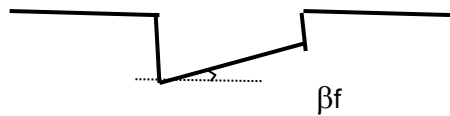
L



L

(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 2.00 (m)
L = 4.40 (m)
D = 0.60 (m) 15.5



$\beta_f = 0.00$ (°)



$\beta_p = 0.00$ (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	659.00	0.00	659.00
Mb [kNm]	406.00	0.00	406.00
Ml [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	20.00	0.00	20.00
Tl [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	20.00	0.00	20.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 19.00$ (kN/mc)
 $\gamma = 19.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 36.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 36.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 2.10$ (m)

$e_B = 0.62$ (m)
 $e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 0.77$ (m)
 $L^* = 4.40$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 11.40$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 16.50$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

NUOVO MARCIAPIEDE TRA BINARIO 15 E 16
RELAZIONE DI CALCOLO PARTE IN ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV01 0C 00 002	A	51 di 53

$$N_q = 37.75$$

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

$$N_c = 50.59$$

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

$$N_\gamma = 56.31$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B * N_q / (L * N_c)$$

$$s_c = 1.13$$

$$s_q = 1 + B * \tan(\varphi') / L^*$$

$$s_q = 1.13$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 * B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.93$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.85 \quad \theta = \arctg(T_b / T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.15 \quad m = 1.85 \quad (-)$$

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

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

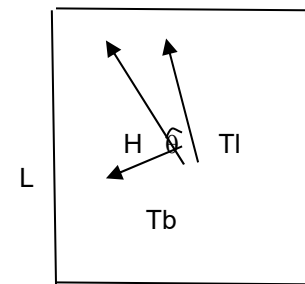
$$i_q = 0.94$$

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

$$i_c = 0.94$$

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

$$i_\gamma = 0.92$$



B

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

NUOVO MARCIAPIEDE TRA BINARIO 15 E 16
RELAZIONE DI CALCOLO PARTE IN ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV01 0C 00 002	A	52 di 53

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

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

$$d_q = 1.19$$

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

$$d_c = 1.20$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 850.32 \quad (\text{kN/m}^2)$$

R3

2.30

qrd

370 (kN/m²)

Pressione massima agente

NUOVO MARCIAPIEDE TRA BINARIO 15 E 16
RELAZIONE DI CALCOLO PARTE IN ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV01 0C 00 002	A	53 di 53

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

$$q = 195.06 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 4.36 \quad \text{OK}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 20.00 \quad (\text{kN})$$

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

$$S_d = 478.79 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{scorr} = 23.94 \quad \text{OK}$$