

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

NODO INTERMODALE DI BRINDISI

INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE

RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA
NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO

Travata reticolare a via inferiore L=62.5m singolo binario

Relazione di calcolo impalcato.

SCALA:

-

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

I A 7 L 0 0 D 0 9 C L V I 0 1 0 9 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	L.Genca	Maggio 2020	F.Bonifacio	Maggio 2020	T.Paoletti	Maggio 2020	A.Vittozzi Maggio 2020

File: IA7L00D09CLVI0109001A

n. Elab.

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A.20783

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
1.2	MONTAGGIO E VARO	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI IMPIEGATI	7
4	ANALISI DEI CARICHI UNITARI	8
4.1	CARICHI PERMANENTI.....	8
4.1.1	Pesi propri.....	8
4.1.2	Carichi permanenti portati	8
4.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	9
4.2.1	Treni di carico	9
4.2.2	Azioni orizzontali.....	12
4.3	AZIONI CLIMATICHE	14
4.3.1	Variazione termica	14
4.3.2	Azione della neve	15
4.3.3	Azione del vento	15
4.4	EFFETTI AERODINAMICI	17
4.5	AZIONI ECCEZIONALI	17
4.6	AZIONI SISMICHE	18
5	COMBINAZIONI DI CARICO.....	21
6	MODELLO DI CALCOLO.....	23
7	ANALISI MODALE	29
7.1	Verifica della prima frequenza flessionale.....	30
8	VERIFICHE SLU	31
8.1	PIASTRA CON NERVATURE LONGITUDINALI	31
8.1.1	Verifiche di resistenza - SLU	31
8.2	TRAVERSI.....	33
8.2.1	Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico).....	33
8.2.2	Verifiche a fatica	34

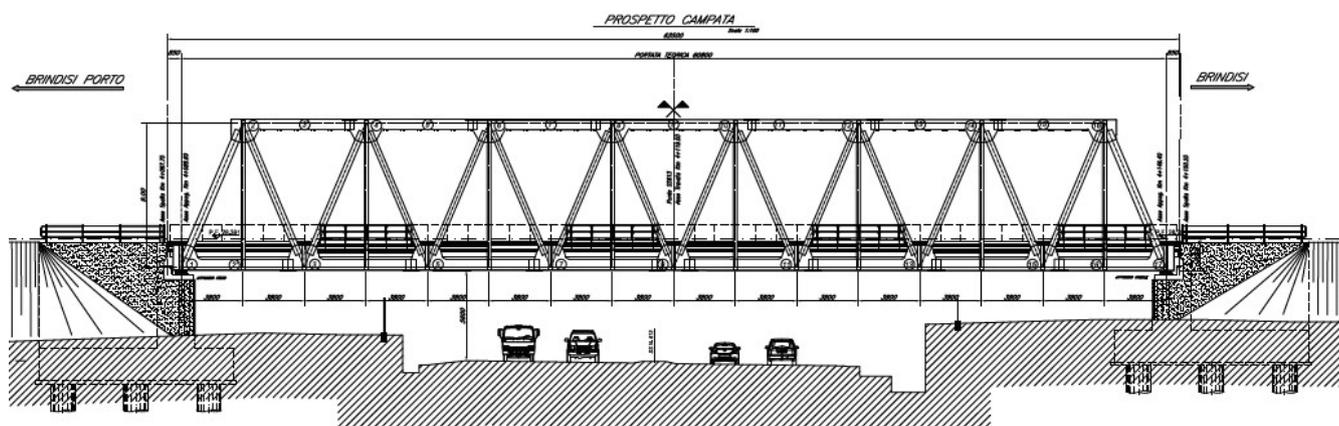
8.3	TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI.....	36
8.3.1	Verifiche di resistenza e di instabilità - SLU	36
8.3.2	Verifiche a fatica	42
9	VERIFICHE SLE.....	43
9.1	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale	43
9.2	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale.....	43
10	REAZIONI VINCOLARI	45

1 PREMESSA

Scopo della presente progettazione è la realizzazione del completamento dell'infrastruttura di collegamento dell'area industriale retro-portuale di Brindisi con l'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale.

Oggetto della presente relazione sono le verifiche principali per la travata in carpenteria metallica a singolo binario semplicemente appoggiata con luce pari a 62.5m e **portata teorica pari a 60.8m**.

L'opera è relativa al viadotto ferroviario VI01 a singolo binario.



1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La travata metallica, di portata teorica 60.8m, con armamento su ballast, è del tipo "a maglia triangolare" a via inferiore chiusa superiormente. La campata è costituita da 16 scomparti lunghi 3.8m, con altezza baricentrica 9m, interasse delle pareti di 5.7 m ed ampiezza della cassetta pari a 600mm. L'impalcato è costituito da una vasca portaballast metallica con nervature saldate a T e da traversi in composizione saldata di altezza pari a 800 mm. Le nervature verranno vincolate all'estradosso dei traversi tramite bullonature. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 2005 mm. I controventi inferiori e superiori sono previsti a T. Tutte le giunzioni in opera fra i vari elementi strutturali sono previste con bulloni A.R. di classe 8.8 a taglio.

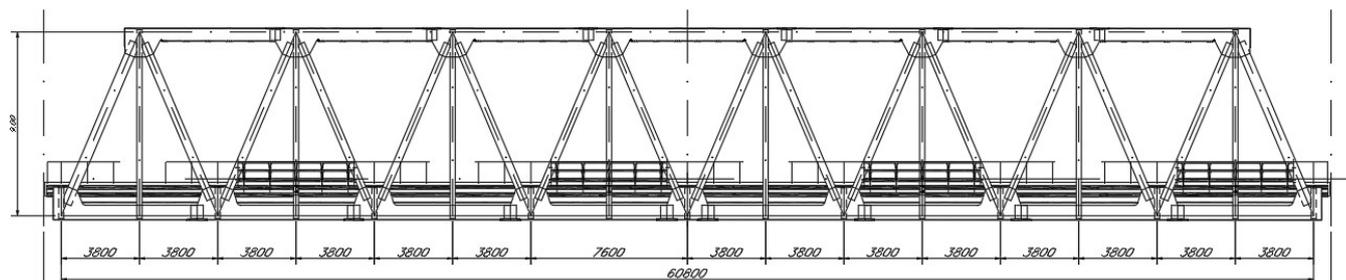


Figura 1_ Prospetto

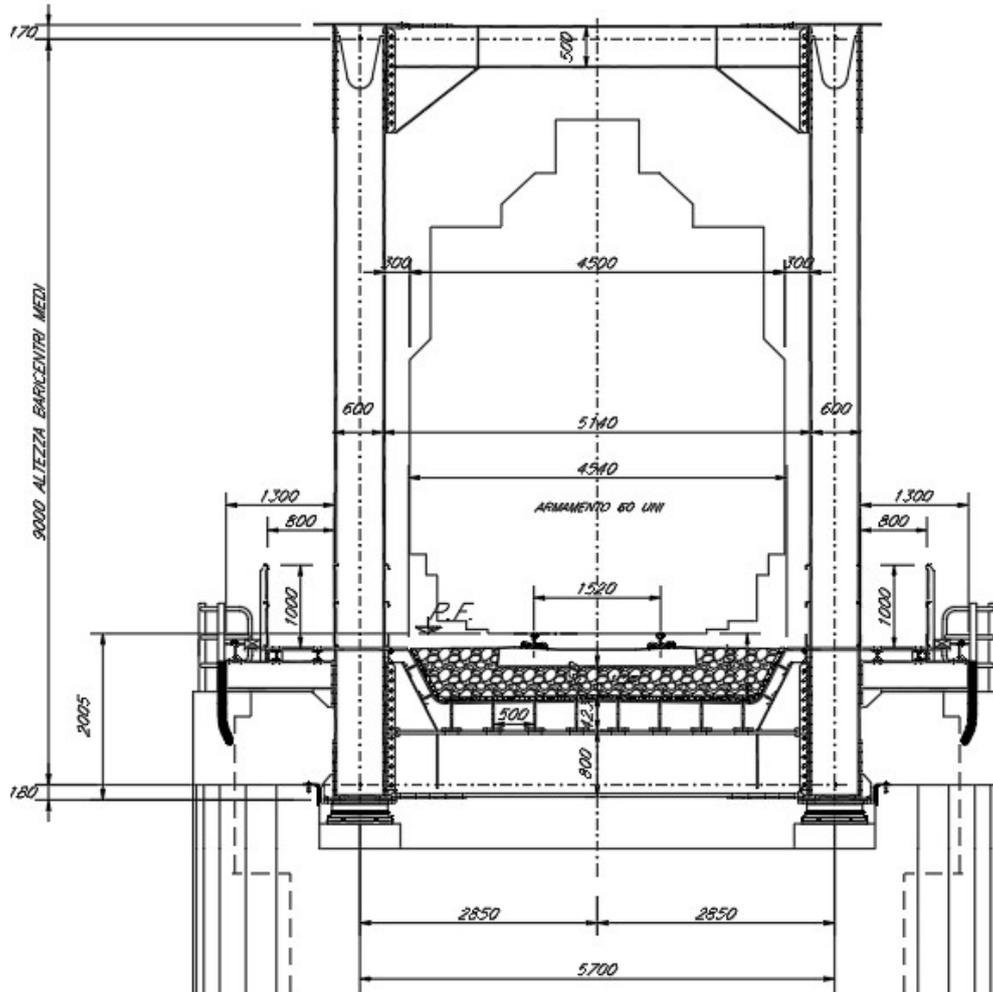


Figura 2_Sezione trasversale

1.2 MONTAGGIO E VARO

Si ipotizza un varo di punta con avambecco.

Successivamente alle fasi di montaggio della travata si procederà con il montaggio dell'avambecco e con la predisposizione di tutti i dispositivi necessari alla movimentazione del sistema travata+avambecco. Si prevedono degli organi di movimentazione ridondanti per far fronte ad ogni tipo di emergenza durante la movimentazione (es. eventuale bloccaggio). Si prevede pertanto un organo di spinta, un organo di trattenuta (che eventualmente può funzionare anche per la spinta del sistema), ed un ulteriore organo di tiro di sicurezza.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- [N1] **Legge 05/01/1971 n°1086:** *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;*
- [N2] **Legge 02/02/1974 n°64:** *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- [N3] **D.M. del 17 Gennaio 2018:** *Nuove norme tecniche per le costruzioni;*
- [N4] **C.M. 21/01/2019 n.7:** *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";*
- [N5] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 D del 20/12/2019:** *Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;*
- [N6] **RFI DTC SI PS SP IFS 001 C del 21/12/2018:** *Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;*

Nella redazione dei progetti e nelle verifiche strutturali si è inoltre fatto riferimento alla normativa Europea di seguito specificata:

- [N7] **UNI EN 1991-1-4:2005:** *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;*
- [N8] **UNI EN 1992-1-1:2005:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N9] **UNI EN 1992-2:2006:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;*
- [N10] **UNI EN 1993-1-1:2005:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N11] **UNI EN 1993-2:2007:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;*
- [N12] **UNI EN 1998-1:2005:** *Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;*
- [N13] **UNI EN 1998-2:2006:** *Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;*
- [N14] **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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;**

Tutti gli elementi lavorati dovranno essere controllati ed accettati in accordo al [N6] ed alla **UNI EN 1090-2** (classe di esecuzione exc3 eccetto camminamenti e grigliati per i quali, come previsto sull'Appendice B, si può utilizzare la classe di esecuzione exc2).

3 MATERIALI IMPIEGATI

ACCIAIO

Acciaio secondo EN 10025, DM 14.1.2008 e Capitolato RFI

- lamiere e profili per elementi saldati S355J2
- lamiere e profili per elementi non saldati S355J0

PIOLI

ACCIAIO S 235 JR+ C450 ST37/3K $f_y \geq 350$ N/mm²
 $f_m \geq 450$ N/mm² EN 13918

BULLONI:

- Viti classe 8.8 UNI EN ISO 898-1, UNI EN 14399-4
- Dadi classe 8 UNI EN 20898-2, UNI EN 14399-4
- Rosette Acciaio C 50 UNI EN 10083-2, temperato e rinvenuto HRC 32÷40, UNI EN 14399-6
- Piastrine Acciaio C 50 UNI EN 10083-2, temperato e rinvenuto HRC 32÷40, UNI EN 14399-6

GIOCO FORO BULLONE – STRUTTURE PRINCIPALI:

- 0.3 mm (compresa tolleranza della vite)

GIOCO FORO BULLONE – GRIGLIATI E STRUTTURE PROVVISORIE

- BULLONE FINO A M20 +1 mm (compresa tolleranza della vite)
- BULLONE OLTRE A M20 +1,5 mm (compresa tolleranza della vite)

SALDATURE:

Secondo: "CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI" di RFI, (PARTE II – SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA).

NOTE:

Approvvigionamento, collaudo e controllo delle lavorazioni di officina dei materiali, nonché controlli da eseguire durante l'accettazione provvisoria e montaggio in opera della struttura, in accordo al capitolato generale tecnico delle opere civili di RFI "parte II sezione 6 e sezione 12";

4 ANALISI DEI CARICHI UNITARI

Le verifiche dell'opera vengono effettuate in base ai seguenti carichi unitari.

4.1 CARICHI PERMANENTI

4.1.1 Pesì propri

Peso proprio carpenteria metallica (inclusi trasversi, irrigidimenti, ecc.) = **98 kN/m** (valore stimato da modello già amplificato del 25%, per tenere in conto piattì, saldature, bullonature...);

4.1.2 Carichi permanenti portati

Valori complessivi per l'intera larghezza di impalcato

Ballast + armamento + impermeabilizzazione = $4.3 \cdot 0.80 \cdot 18 = \mathbf{62 \text{ kN/m}}$

Barriere antirumore o parapetti = $2.4 \text{ m} \cdot 4 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{32 \text{ kN/m}}$ (16 kN/m per ogni lato)

Velette in c.a. = **15 kN/m** (7.5 kN/m per ogni lato)

Totale carichi permanenti portati $\approx \mathbf{110 \text{ kN/m}}$

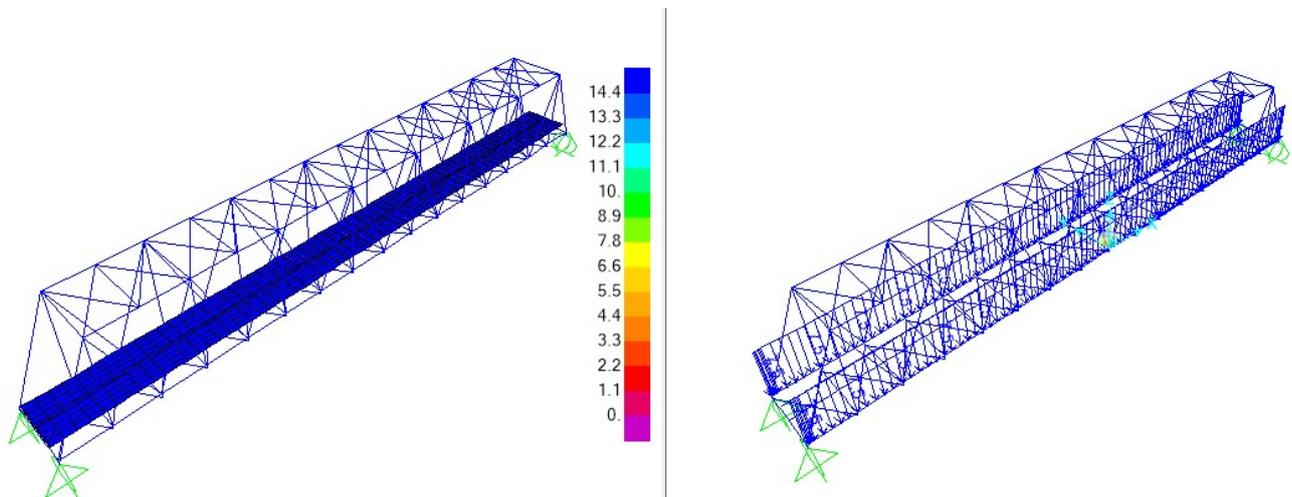


Figura 3_Peso ballast+velette

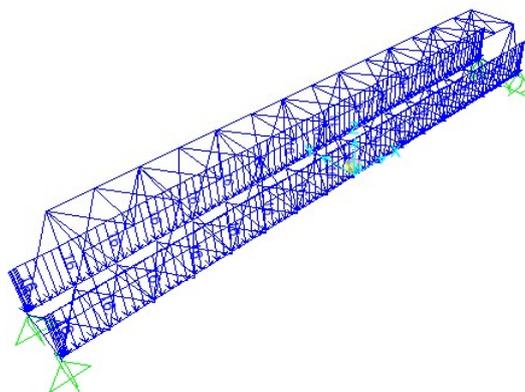


Figura 4_Barriere antirumore

4.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

4.2.1 Treni di carico

I carichi verticali sono definiti attraverso dei modelli di carico; in particolare, sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale (LM 71) ed il secondo di quello pesante (SW2).

Traffico normale: Treno LM71

Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta costituito da:

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.60 m;
- una stesa uniforme di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0.8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

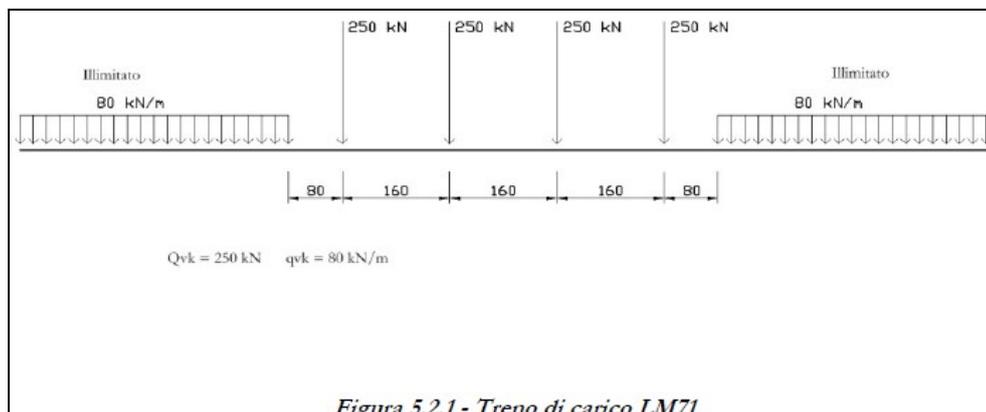
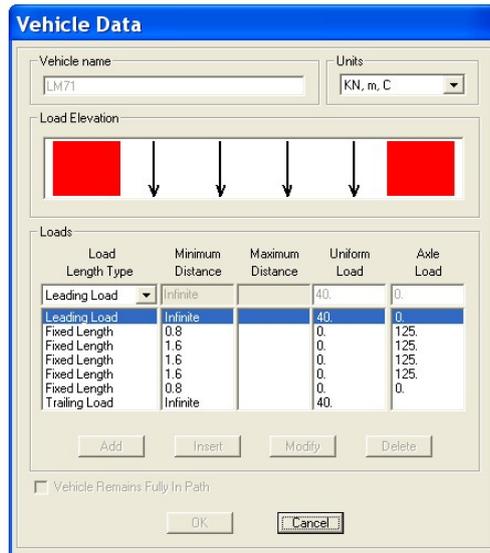


Figura 5.2.1 - Treno di carico LM71

È stata considerata un'eccentricità di carico pari a 1/8 dello scartamento: $e = \frac{g}{8} = \frac{143.5}{8} = 8 \text{ cm}$

Ogni rotaia è stata caricata con la seguente azione verticale:



Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		40.	0.
Leading Load	Infinite		40.	0.
Fixed Length	0.8		0.	125.
Fixed Length	1.6		0.	125.
Fixed Length	1.6		0.	125.
Fixed Length	1.6		0.	125.
Fixed Length	0.8		0.	0.
Trailing Load	Infinite		40.	

I valori caratteristici dei carichi mobili (LM71) attribuiti ai modelli di carico sono stati moltiplicati per un coefficiente di adattamento $\alpha = 1.10$.

Traffico pesante treno SW/2

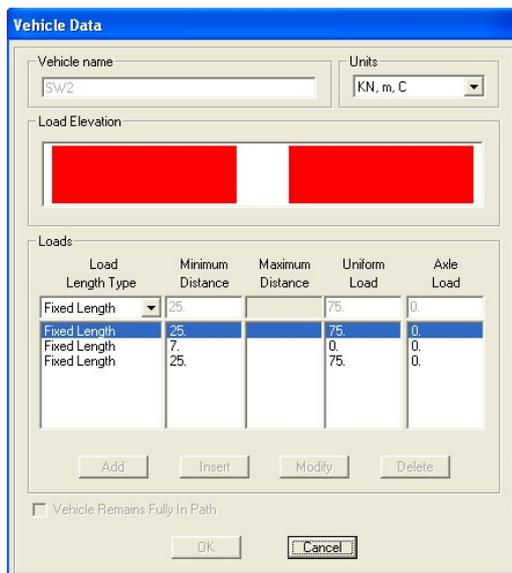
Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Per tale modello di carico è stata considerata la seguente configurazione:

- due stese di carico di intensità 150 kN/m, lunghe 25.00 m distanziate da un lasco di 7.00 m.



Sulla singola rotaia risulta:

$$q_{12} = \frac{150}{2} = 75 \text{ kN/m}$$



Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Fixed Length	25.		75.	0.
Fixed Length	25.		75.	0.
Fixed Length	7.		0.	0.
Fixed Length	25.		75.	0.

Coefficienti dinamici

I coefficienti di incremento dinamico per linee con normale standard manutentivo sono stati determinati con la seguente equazione:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73 \quad \text{con la limitazione} \quad 1 \leq \Phi_3 \leq 2$$

con la lunghezza L_Φ valutata secondo *Manuale di progettazione RFI*

- Travi principali $L_\Phi = L = 60.8\text{m}$;
 $\Phi_3 = 1.014$
- Nervature longitudinali $i = 3.8\text{m}$; $L_\Phi = 3 * i = 3*3.8\text{m} = 11.4\text{m}$
 $\Phi_3 = 1.41$
- Travi trasversali intermedie $L = 5.7 \text{ m}$; $L_\Phi = 2 * L = 11.4\text{m}$
 $\Phi_3 = 1.41$
- Travi trasversali di estremità $L_\Phi = 3.6 \text{ m}$.
 $\Phi_3 = 2$

Per la verifica a fatica invece, il coefficiente di incremento dinamico del sovraccarico teorico è stato valutato mediante la seguente formula, in accordo al *Manuale di progettazione RFI*

$$\Phi_3 = \frac{1.44}{\sqrt{L_{\Phi} - 0.2}} + 0.82 \quad \text{con la limitazione} \quad 1 \leq \Phi_3 \leq 1.67$$

- Travi principali $\Phi_3 = 1.01$
- Nervature longitudinali $\Phi_3 = 1.27$
- Travi trasversali intermedie $\Phi_3 = 1.27$
- Travi trasversali di estremità $\Phi_3 = 1.67$

4.2.2 Azioni orizzontali

4.2.2.1 Serpeggio

Si assume una forza orizzontale di 100 kN applicata alla sommità delle rotaie.

Per il treno di carico LM71 sarà moltiplicata per il coefficiente di adattamento $\alpha = 1.1$.

4.2.2.2 Avviamento e frenatura

Avviamento: $Q_{nk} = 33 * L \leq 1000 \text{ kN}$

Treno LM71

$$Q_{nk} = 33 * 60.8 * 1.1 = 2207 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{nk} = 33 * (60.8 - 7) = 1775.4 \text{ kN}$$

Pertanto si assumerà $Q_{nk} = 1000 \text{ kN}$

Frenatura: Treno LM71 $Q_{bk} = 20 * L \leq 6000 \text{ kN}$

Treno SW2 $Q_{bk} = 35 * L$

Treno LM71

$Q_{bk} = 20 * 60.8 * 1.1 = 1337.6 \text{ kN}$

Treno SW2

$Q_{bk} = 35 * (60.8 - 7) = 1883 \text{ kN}$

Nel modello di calcolo sono state considerate per ciascun treno di carico solamente le azioni (frenatura o avviamento) che determinano le sollecitazioni massime sulla struttura.

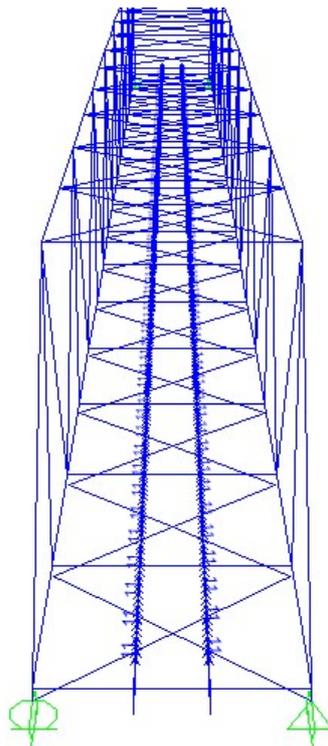


Figura 5_Frenatura lm71

4.2.2.3 Forza centrifuga

Nei ponti ferroviari al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione della curva.

In questo caso è nulla poiché il binario è in rettilineo.

4.3 AZIONI CLIMATICHE

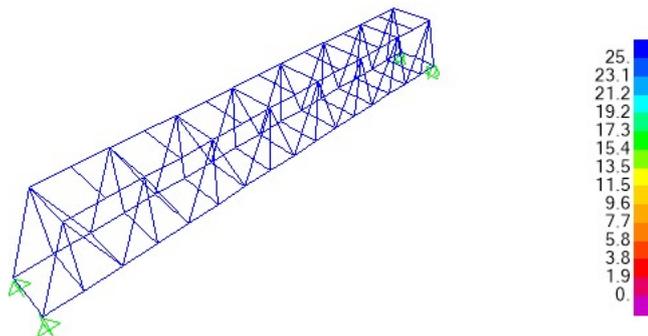
4.3.1 Variazione termica

Nelle verifiche dei singoli elementi è stata considerata una variazione termica uniforme, una variazione volumetrica ed una variazione termica non uniforme secondo quanto indicato sulla "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario".

Variazione termica uniforme

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l'impalcato in acciaio pari a $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

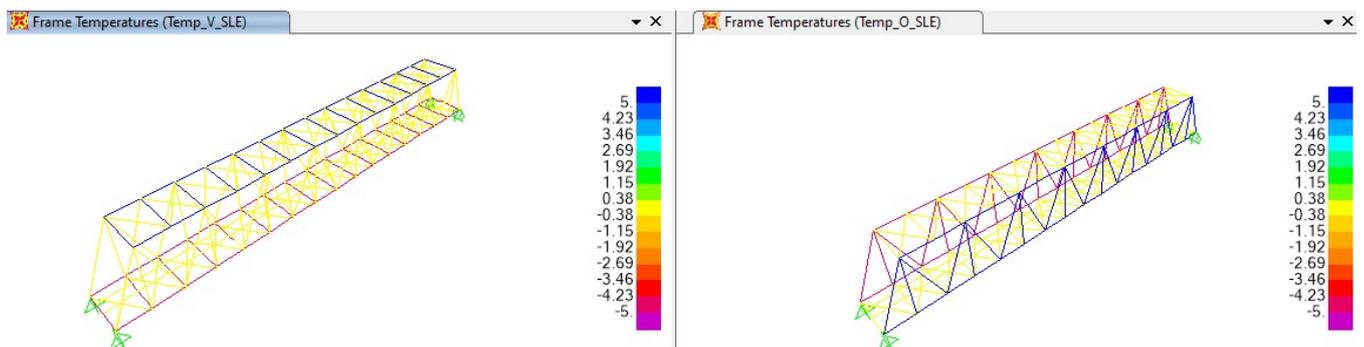
Per la determinazione delle escursioni degli apparecchi di appoggio è stata considerata una variazione termica uniforme di $25^{\circ} * 1.5 = 37.5^{\circ}\text{C}$.



Variazione termica non uniforme

In aggiunta alla variazione termica uniforme è stato considerato un gradiente termico pari a 5°C tra intradosso ed estradosso di impalcato.

Per la verifica delle deformazioni orizzontali e verticali dell'impalcato sono state considerate delle differenze di temperatura tra estradosso ed intradosso e fra le superfici laterali più esterne degli impalcati di 10°C .



4.3.2 Azione della neve

Per l'opera oggetto della presente relazione il carico risulta non dimensionante.

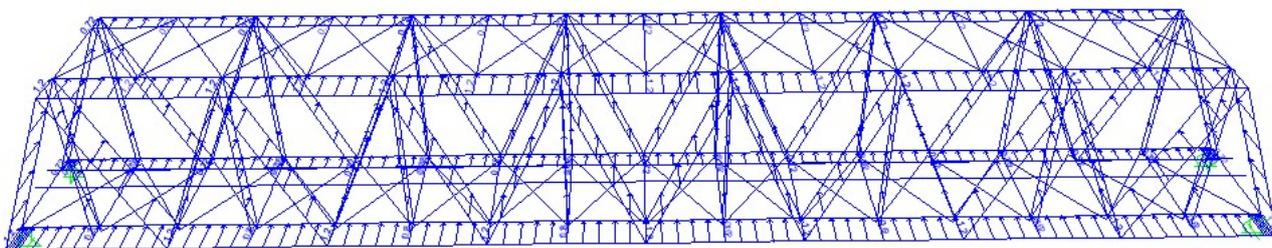
4.3.3 Azione del vento

L'azione del vento è stata distinta in:

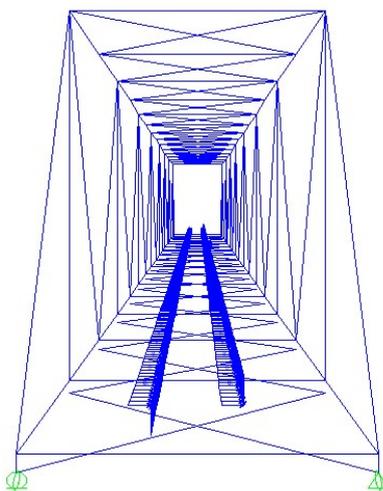
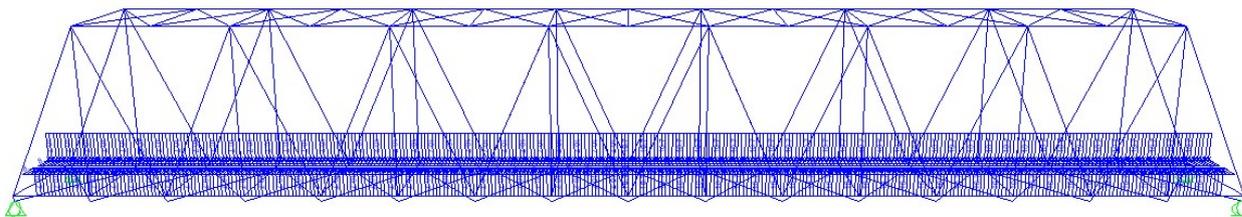
- Vento su struttura scarica, ossia azione del vento sul ponte senza carichi mobili;
- Vento su struttura carica, ossia azione del vento sul ponte durante il transito dei veicoli.

Per l'azione del vento cautelativamente si prevedono 2 kN/mq applicati sulle superfici esposte della travata metallica e dei treni di carico (ripartendo con i coefficienti c_p da norma tra le due superfici).

Azione di vento scarico:



Azione di vento carico su bin:



Calcolo dell'AZIONE DEL VENTO [NTC 18 - par. 3.3]

REGIONE	Zona	$v_{ref,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
Puglia	3	27	500	0.37

T_R [anni]	α_R	a_s [m]	$v_{ref}(T_R=50)$ [m/s]	$v_{ref}(T_R)$ [m/s]	q_{ref} [N/m ²]
50	1.00	20	27.0	27.0	456.29

Classe di rugosità del terreno
Aree prive di ostacoli
D

Categoria di esposizione del sito
entro 10 km dalla costa
II

Coefficiente di topografia	c_t
	1.00

Coefficiente di esposizione			
k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	z [m]
0.19	0.05	4.00	10.00
c_e			2.35

Ulteriori coefficienti	
c_d	1.00
c_f	0.01

Coefficiente di forma o aerodinamico [C3.3.8.6]	
Tipologia di struttura soggetta all'azione del vento:	a travi reticolari

Travi reticolari			
	S_p [m ²]	164	φ
	s [m ²]	495	0.33
Altezza della travata	h [m]	9	
Distanza tra le travate	d [m]	5.7	
	d/h	0.63	
	μ	0.602	
			1 ^a travata
			2 ^a travata
			$c_{p,1}$
			$c_{p,2}$
			1.60
			0.96

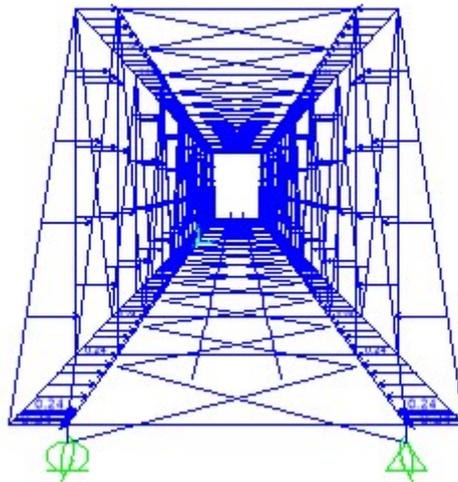
Pressione del vento	$T_R =$	50	anni
pressione del vento travata esposta		$p_{,1}$ [N/m ²]	1717
pressione del vento travata successiva		$p_{,2}$ [N/m ²]	1035

4.4 EFFETTI AERODINAMICI

Superfici verticali parallele al binario

Per una distanza a_g dall'asse del binario pari a 2.3 m, e per una velocità massima di percorrenza pari a 60 km/h, il valore caratteristico dell'azione sul pannello è di $\pm 0.2 \text{ kN/m}^2$.

Nelle combinazioni di carico si è tenuto conto via via del segno sfavorevole di tali pressioni.



4.5 AZIONI ECCEZIONALI

Deragliamento schema 1

Sono state considerate due stese di carico di lunghezza 6.40 m, intensità di 60 kN/m, ad una distanza pari allo scartamento S ed eccentriche fino alla briglia inferiore.

Deragliamento schema 2

È stato considerato un carico lineare di lunghezza 20m, intensità $80 \cdot 1.4 \text{ kN/m}$, eccentrico di circa 1.5s (2.2m) rispetto all'asse binari.

4.6 AZIONI SISMICHE

Lo spettro di progetto è stato ottenuto utilizzando il foglio di calcolo elettronico messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

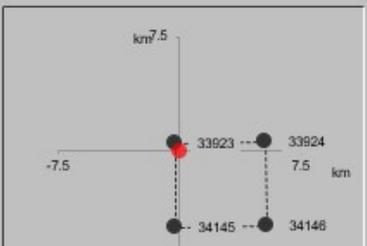
Interpolazione corretta

Interpolazione:



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

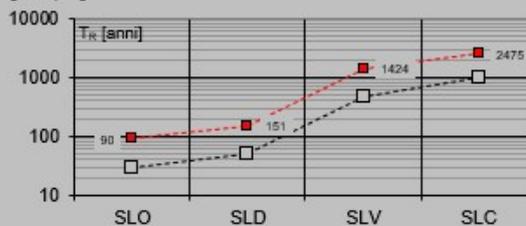
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$
Stati limite ultimi - SLU $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info $S_S = 1.500$ $C_C = 1.297$ info
Categoria topografica info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s Regol. in altezza info

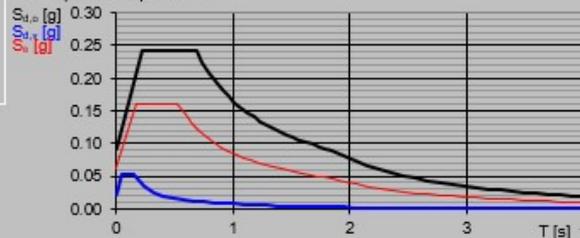
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q_v $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



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

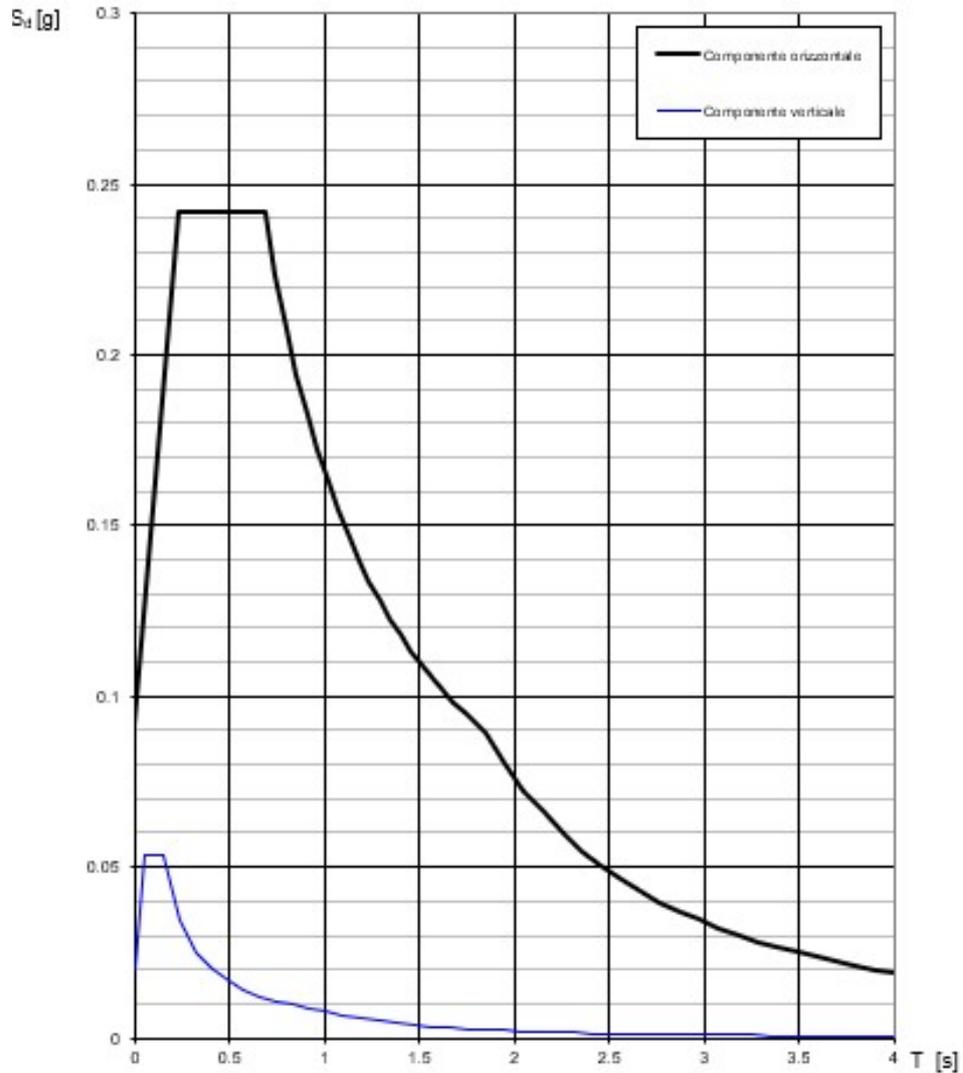
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

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



5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate come previsto sulla Normativa Ferroviaria RFI DTC *INC PO SP IFS 001 A* – “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”;

COEFFICIENTI DI COMB.			A1 STR
Carichi permanenti	<i>sfav</i>	YG1	1.35
	<i>fav</i>		1
Carichi permanenti non strutturali	<i>sfav</i>	YG2	1.5
	<i>fav</i>		0
Traffico	<i>sfav</i>	Yq	1.45
	<i>fav</i>		0
Variabili	<i>sfav</i>	Yqi	1.5
	<i>fav</i>		0

ψ_0	ψ_1	ψ_2
<i>treno scarico</i>		
1	0	0
<i>serpeggio</i>		
1	0.8	0
<i>Eff_aerodinamici</i>		
0.8	0.5	0
<i>vento</i>		
0.6	0.5	0
<i>temperatura</i>		
0.6	0.6	0.5

VALUTAZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO													
Commenti	TIPO DI CARICO	Azioni Verticali			Azioni Orizzontali						yq		
	GRUPPO DI CARICO	Carico verticale		Treno scarico	Frenatura e avviamento		Centrifuga		Serpeggio		1.45		
		<i>sfav</i>	<i>fav</i>		<i>sfav</i>	<i>fav</i>	<i>sfav</i>	<i>fav</i>	<i>sfav</i>	<i>fav</i>	ψ_0	ψ_1	ψ_2
massima azione verticale e laterale	<i>Gruppo1</i>	1	1	0	0.5	0	1	0	1	0	0.8	0.8	0
stabilità laterale	<i>Gruppo2</i>	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0.8	0.8	0
massima azione longitudinale	<i>Gruppo3</i>	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0.5	0	0.8	0.8	0
fessurazione	<i>Gruppo4</i>	0.8	0.6	0	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	0.6	1	1	0

S.L.U															
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA				
CARICHI	SW2				LM71				STR.		SW2		LM71		STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	SCARICA	GR1	GR3	GR1	GR3	SCARICA					
<i>combinazioni</i>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Peso Proprio (G1)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Permanenti Portati (G2)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SW2	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	0	0	0	0	1.16	1.16	0	0	0
LM71	0	0	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	0	0	1.16	1.16	0
Serp_SW2	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	0	0	1.16	0.58	0	0	0
Serp_LM71	0	0	0	0	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	1.16	0.58	0
F-A_SW2	0.725	0.73	1.45	1.45	0	0	0	0	0	0	0.58	1.16	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.725	0.73	1.45	1.45	0	0	0	0	0.58	1.16	0
centrifuga_SW2	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	0	0	1.16	0.58	0	0	0
centrifuga_LM71	0	0	0	0	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	1.16	0.58	0
Eff_aerodinamici	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	1.20	1.20	1.20	1.20	0
Vento_scarico	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0	0	0.9
Vento_carico	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0	0.9	0.9	0.9	0.9	0
Temp_SLU	0	0.9	0	0.9	0	0.9	0	0.9	0	0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

S.L.E. rara																	
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA						
CARICHI	SW2				LM71				STR.		SW2			LM71			STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	SCARICA	SCARICA	GR1	GR3	GR4	GR1	GR3	GR4	SCARICA
combinazioni	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Peso Proprio (G1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti Portati (G2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0
LM71	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.6	0
Serp_SW2	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0
Serp_LM71	0	0	0	0	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.6	0
F-A_SW2	0.5	0.5	1	1	0	0	0	0	0	0	0.4	0.8	0.8	0	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.5	0.5	1	1	0	0	0	0	0	0.4	0.8	0.6	0
centrifuga_SW2	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0
centrifuga_LM71	0	0	0	0	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.6	0
Eff_aerodinamici	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.8	0.8	1	0.8	0.8	1	0
Vento_scarico	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.6
Vento_carico	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0
Temp_SLU	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	1	1	1	1	1	1	1

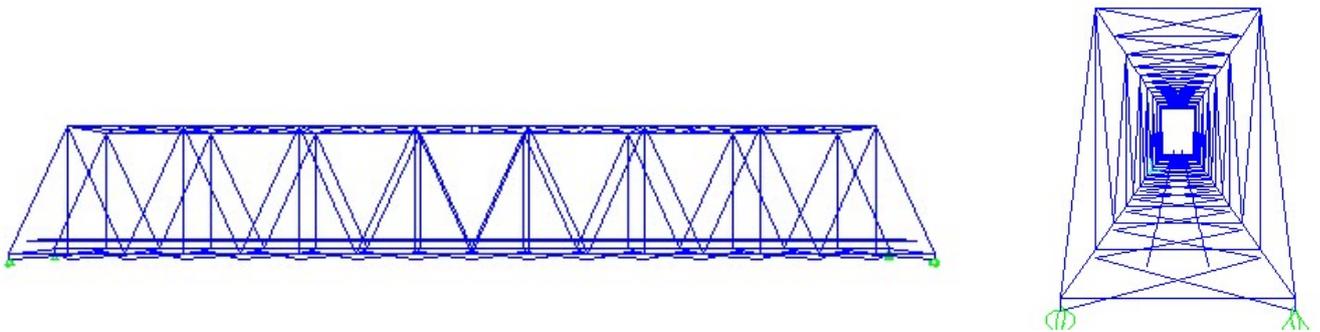
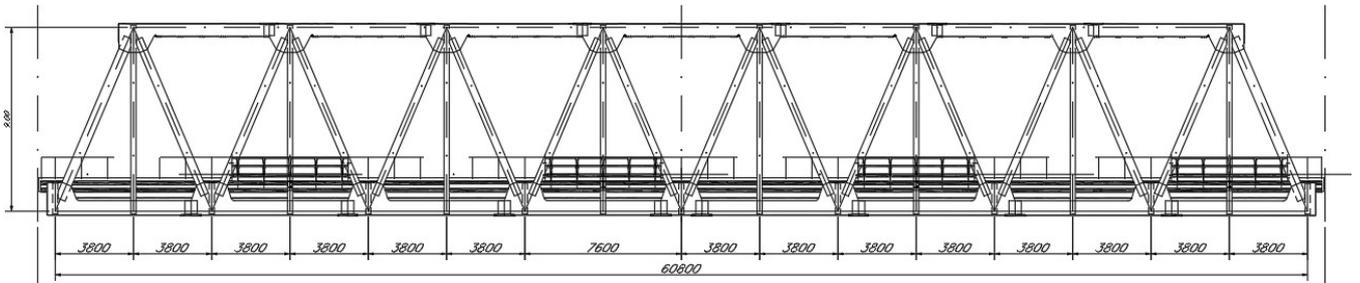
S.L.E. frequente																	
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA						
CARICHI	SW2				LM71				STR.		SW2			LM71			STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	SCARICA	SCARICA	GR1	GR3	GR4	GR1	GR3	GR4	SCARICA
combinazioni	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Peso Proprio (G1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti Portati (G2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LM71	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serp_SW2	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serp_LM71	0	0	0	0	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-A_SW2	0.4	0.4	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.4	0.4	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
centrifuga_SW2	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
centrifuga_LM71	0	0	0	0	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eff_aerodinamici	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0
Vento_scarico	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0
Vento_carico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temp_SLU	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1

6 MODELLO DI CALCOLO

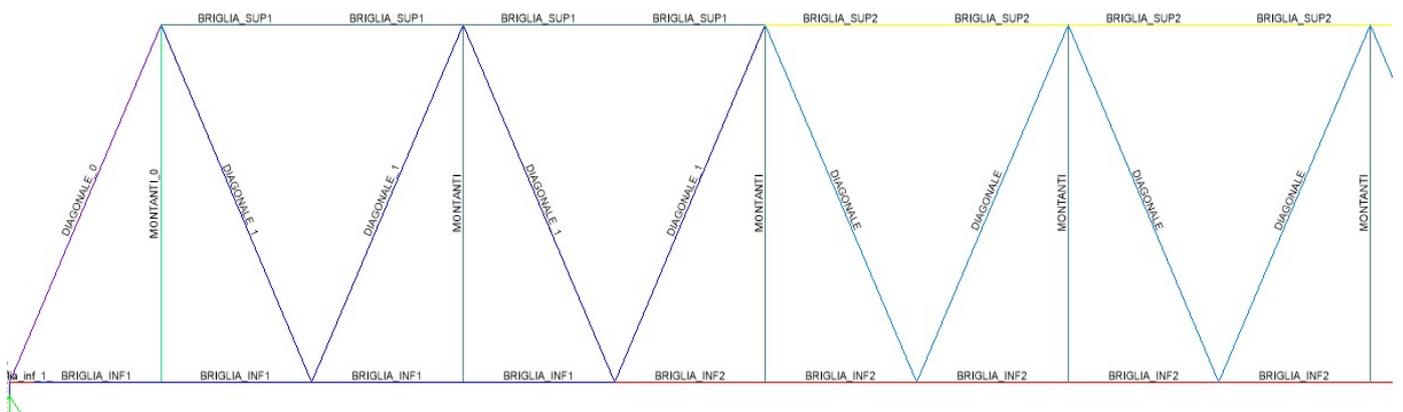
Per il calcolo delle sollecitazioni e per l'analisi strutturale sono stati realizzati dei modelli agli elementi finiti con il programma di calcolo SAP2000. L'analisi statica effettuata è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

Di seguito viene rappresentato il modello tridimensionale con il quale sono stati valutati gli effetti globali in termini di resistenza, di deformazione e di stabilità.

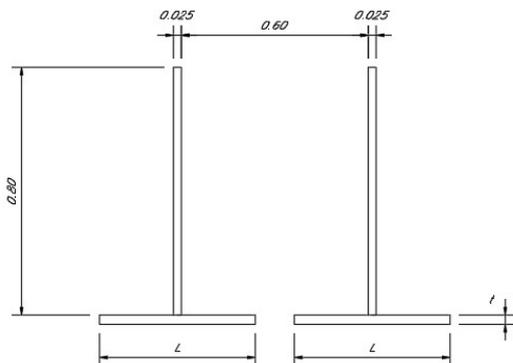
Gli assi baricentrici del modello sono posizionati esattamente come da elaborato grafico:



Lo schema nel modello di calcolo è il seguente:



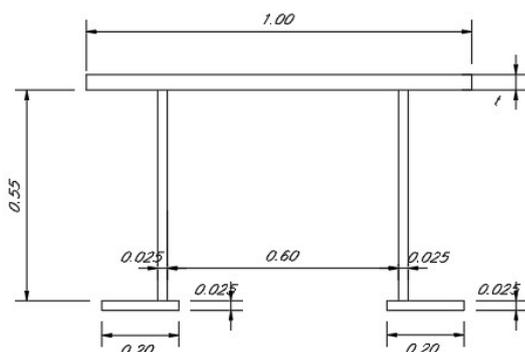
• **BRIGLIE INFERIORI:**



BRIGLIA_INF_1	L = 400 mm; t = 30 mm
BRIGLIA_INF_2	L = 400 mm; t = 35 mm

Section Name: BRIGLIA_INF1				Section Name: BRIGLIA_INF2			
Properties				Properties			
Cross-section (axial) area	0.0625	Section modulus about 3 axis	7.927E-03	Cross-section (axial) area	0.066	Section modulus about 3 axis	7.982E-03
Moment of Inertia about 3 axis	4.269E-03	Section modulus about 2 axis	0.0125	Moment of Inertia about 3 axis	4.379E-03	Section modulus about 2 axis	0.0133
Moment of Inertia about 2 axis	6.426E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0141	Moment of Inertia about 2 axis	6.821E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0144
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0195	Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0206
Shear area in 2 direction	0.0354	Radius of Gyration about 3 axis	0.2614	Shear area in 2 direction	0.0351	Radius of Gyration about 3 axis	0.2576
Shear area in 3 direction	0.0376	Radius of Gyration about 2 axis	0.3206	Shear area in 3 direction	0.0445	Radius of Gyration about 2 axis	0.3215
Torsional constant	1.522E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.	Torsional constant	1.921E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• **BRIGLIE SUPERIORI**



BRIGLIA_sup_1	t = 25 mm
BRIGLIA_sup_2	t = 30 mm

Section Name: BRIGLIA_SUP1				Section Name: BRIGLIA_SUP2			
Properties				Properties			
Cross-section (axial) area	0.0613	Section modulus about 3 axis	8.747E-03	Cross-section (axial) area	0.0662	Section modulus about 3 axis	8.997E-03
Moment of Inertia about 3 axis	3.228E-03	Section modulus about 2 axis	0.012	Moment of Inertia about 3 axis	3.475E-03	Section modulus about 2 axis	0.0128
Moment of Inertia about 2 axis	5.983E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0127	Moment of Inertia about 2 axis	6.392E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0134
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0184	Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0197
Shear area in 2 direction	0.0285	Radius of Gyration about 3 axis	0.2295	Shear area in 2 direction	0.0288	Radius of Gyration about 3 axis	0.2291
Shear area in 3 direction	0.0204	Radius of Gyration about 2 axis	0.3124	Shear area in 3 direction	0.0246	Radius of Gyration about 2 axis	0.3107
Torsional constant	1.322E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.	Torsional constant	1.701E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

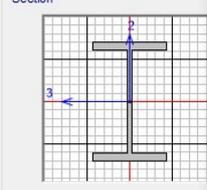
• TRAVERSI inferiori

Section Name: TRAVERSO_TEST Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	0.8
Top flange width (t2)	0.5
Top flange thickness (tf)	0.05
Web thickness (tw)	0.03
Bottom flange width (t2b)	0.5
Bottom flange thickness (tfb)	0.05

Section: 

Section Name: TRAVERSO_TEST

Properties

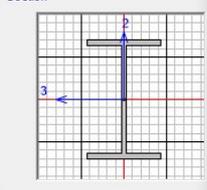
Cross-section (axial) area	0.071	Section modulus about 3 axis	0.0197
Moment of Inertia about 3 axis	7.899E-03	Section modulus about 2 axis	4.173E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.043E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0224
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	6.408E-03
Shear area in 2 direction	0.024	Radius of Gyration about 3 axis	0.3336
Shear area in 3 direction	0.0417	Radius of Gyration about 2 axis	0.1212
Torsional constant	4.517E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: TRAVERSI Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	0.8
Top flange width (t2)	0.5
Top flange thickness (tf)	0.04
Web thickness (tw)	0.03
Bottom flange width (t2b)	0.5
Bottom flange thickness (tfb)	0.04

Section: 

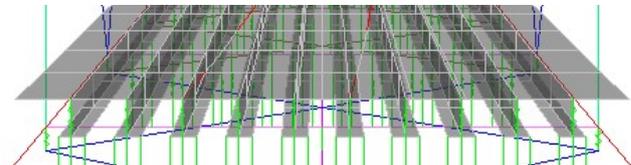
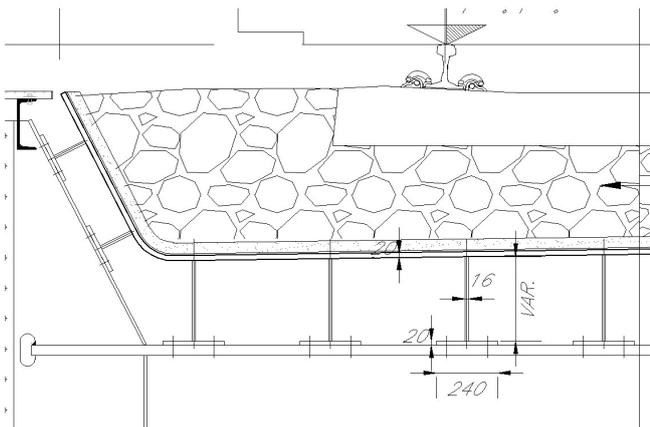
Section Name: TRAVERSI

Properties

Cross-section (axial) area	0.0616	Section modulus about 3 axis	0.0168
Moment of Inertia about 3 axis	6.714E-03	Section modulus about 2 axis	3.340E-03
Moment of Inertia about 2 axis	8.350E-04	Plastic modulus about 3 axis	0.0191
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	5.162E-03
Shear area in 2 direction	0.024	Radius of Gyration about 3 axis	0.3302
Shear area in 3 direction	0.0333	Radius of Gyration about 2 axis	0.1164
Torsional constant	2.657E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• VASCA PORTABALLAST

La piastra metallica nervata è collegata direttamente ai traversi:



• DIAGONALI

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

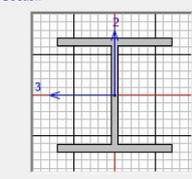
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

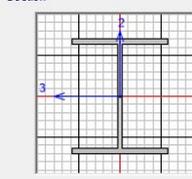
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

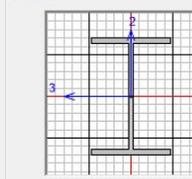
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0636	Section modulus about 3 axis	0.0137
Moment of Inertia about 3 axis	4.121E-03	Section modulus about 2 axis	4.804E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.441E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0155
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	7.317E-03
Shear area in 2 direction	0.018	Radius of Gyration about 3 axis	0.2546
Shear area in 3 direction	0.04	Radius of Gyration about 2 axis	0.1505
Torsional constant	2.903E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0408	Section modulus about 3 axis	9.005E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.701E-03	Section modulus about 2 axis	2.501E-03
Moment of Inertia about 2 axis	6.254E-04	Plastic modulus about 3 axis	0.01
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	3.804E-03
Shear area in 2 direction	0.012	Radius of Gyration about 3 axis	0.2573
Shear area in 3 direction	0.025	Radius of Gyration about 2 axis	0.1238
Torsional constant	1.007E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0348	Section modulus about 3 axis	7.379E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.214E-03	Section modulus about 2 axis	1.602E-03
Moment of Inertia about 2 axis	3.204E-04	Plastic modulus about 3 axis	8.298E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	2.454E-03
Shear area in 2 direction	0.012	Radius of Gyration about 3 axis	0.2522
Shear area in 3 direction	0.02	Radius of Gyration about 2 axis	0.0959
Torsional constant	8.266E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• MONTANTI

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

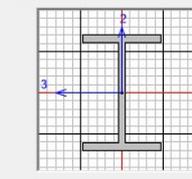
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0476	Section modulus about 3 axis	9.549E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.865E-03	Section modulus about 2 axis	2.139E-03
Moment of Inertia about 2 axis	4.278E-04	Plastic modulus about 3 axis	0.011
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	3.317E-03
Shear area in 2 direction	0.018	Radius of Gyration about 3 axis	0.2453
Shear area in 3 direction	0.0267	Radius of Gyration about 2 axis	0.0948
Torsional constant	2.050E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

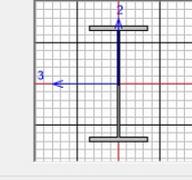
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section

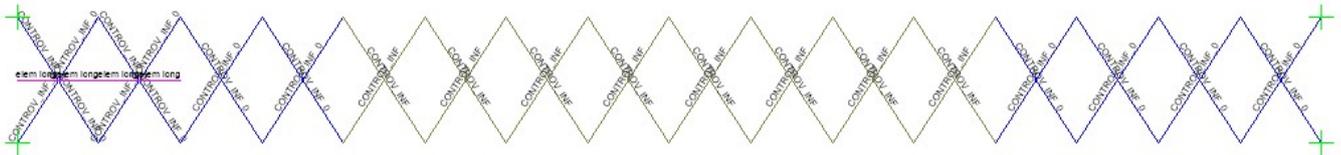


Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.021	Section modulus about 3 axis	4.146E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.244E-03	Section modulus about 2 axis	6.013E-04
Moment of Inertia about 2 axis	9.019E-05	Plastic modulus about 3 axis	4.734E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	9.358E-04
Shear area in 2 direction	9.600E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.2436
Shear area in 3 direction	0.01	Radius of Gyration about 2 axis	0.0656
Torsional constant	2.284E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• CONTROVENTI INFERIORI



Section Name elem long Display Color ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside stem (t3)	0.18
Outside flange (t2)	0.3
Flange thickness (tf)	0.03
Stem thickness (tw)	0.02

Section

Section Name elem long

Properties

Cross-section (axial) area	0.012	Section modulus about 3 axis	1.721E-04
Moment of Inertia about 3 axis	2.453E-05	Section modulus about 2 axis	4.507E-04
Moment of Inertia about 2 axis	6.760E-05	Plastic modulus about 3 axis	3.300E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	6.900E-04
Shear area in 2 direction	3.600E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0452
Shear area in 3 direction	7.500E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0751
Torsional constant	2.994E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name CONTROV_INF_0 Display Color ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside stem (t3)	0.2
Outside flange (t2)	0.4
Flange thickness (tf)	0.04
Stem thickness (tw)	0.03

Section

Section Name CONTROV_INF_0

Properties

Cross-section (axial) area	0.0208	Section modulus about 3 axis	3.141E-04
Moment of Inertia about 3 axis	4.930E-05	Section modulus about 2 axis	1.068E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.137E-04	Plastic modulus about 3 axis	6.256E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.636E-03
Shear area in 2 direction	6.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0487
Shear area in 3 direction	0.0133	Radius of Gyration about 2 axis	0.1014
Torsional constant	9.639E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name CONTROV_INF Display Color ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside stem (t3)	0.12
Outside flange (t2)	0.25
Flange thickness (tf)	0.02
Stem thickness (tw)	0.02

Section

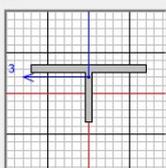
Section Name CONTROV_INF

Properties

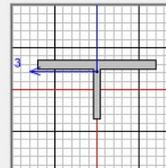
Cross-section (axial) area	7.000E-03	Section modulus about 3 axis	7.513E-05
Moment of Inertia about 3 axis	6.976E-06	Section modulus about 2 axis	2.089E-04
Moment of Inertia about 2 axis	2.611E-05	Plastic modulus about 3 axis	1.410E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	3.225E-04
Shear area in 2 direction	2.400E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0316
Shear area in 3 direction	4.167E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0611
Torsional constant	9.069E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• CONTROVENTI SUPERIORI

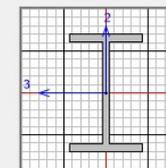


Section Name	cv sup	Display Color	Yellow
Section Notes	Modify/Show Notes...		
Dimensions	Section		
Outside stem (t3)	0.15		
Outside flange (t2)	0.3		
Flange thickness (tf)	0.02		
Stem thickness (tw)	0.02		
Properties			
Cross-section (axial) area	8.600E-03	Section modulus about 3 axis	1.199E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1.407E-05	Section modulus about 2 axis	3.006E-04
Moment of Inertia about 2 axis	4.509E-05	Plastic modulus about 3 axis	2.194E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	4.630E-04
Shear area in 2 direction	3.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0404
Shear area in 3 direction	5.000E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0724
Torsional constant	1.120E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

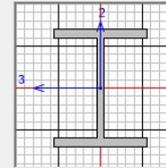
• TRAVERSI SUPERIORI intermedi

Section Name	CONTROV_sup_1	Display Color	Red
Section Notes	Modify/Show Notes...		
Dimensions	Section		
Outside stem (t3)	0.2		
Outside flange (t2)	0.4		
Flange thickness (tf)	0.03		
Stem thickness (tw)	0.02		
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0154	Section modulus about 3 axis	2.184E-04
Moment of Inertia about 3 axis	3.558E-05	Section modulus about 2 axis	8.006E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1.601E-04	Plastic modulus about 3 axis	4.228E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.217E-03
Shear area in 2 direction	4.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0481
Shear area in 3 direction	0.01	Radius of Gyration about 2 axis	0.102
Torsional constant	3.947E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• TRAVERSI SUPERIORI correnti

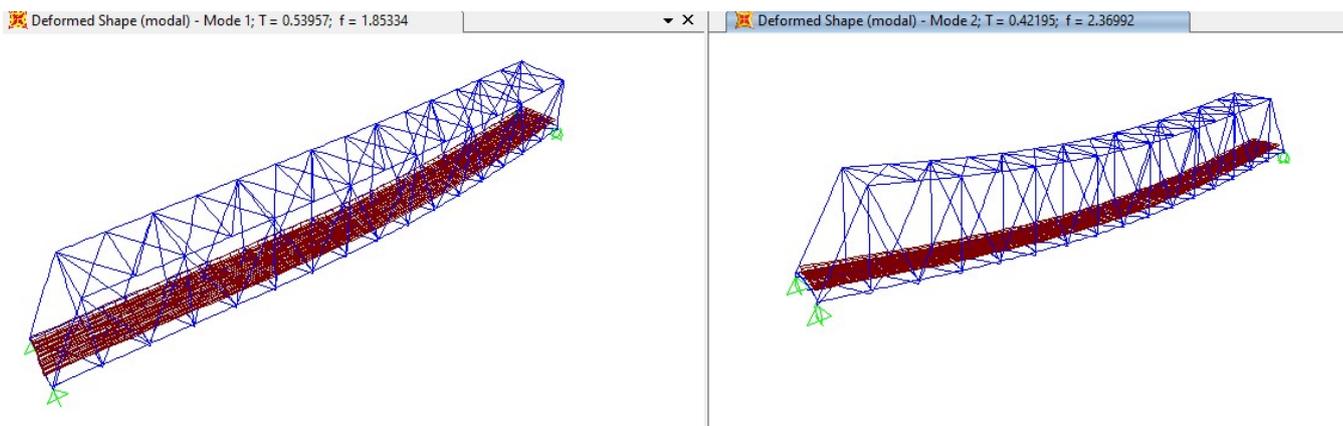
Section Name	TRAVERSONE	Display Color	Blue
Section Notes	Modify/Show Notes...		
Dimensions	Section		
Outside height (t3)	0.4		
Top flange width (t2)	0.25		
Top flange thickness (tf)	0.025		
Web thickness (tw)	0.02		
Bottom flange width (t2b)	0.25		
Bottom flange thickness (tfb)	0.025		
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0195	Section modulus about 3 axis	2.558E-03
Moment of Inertia about 3 axis	5.116E-04	Section modulus about 2 axis	5.227E-04
Moment of Inertia about 2 axis	6.534E-05	Plastic modulus about 3 axis	2.956E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	8.163E-04
Shear area in 2 direction	8.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.162
Shear area in 3 direction	0.0104	Radius of Gyration about 2 axis	0.0579
Torsional constant	3.340E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• TRAVERSI SUPERIORI testata

Section Name	TRAVERSONE_0	Display Color	Grey
Section Notes	Modify/Show Notes...		
Dimensions	Section		
Outside height (t3)	0.5		
Top flange width (t2)	0.4		
Top flange thickness (tf)	0.04		
Web thickness (tw)	0.03		
Bottom flange width (t2b)	0.4		
Bottom flange thickness (tfb)	0.04		
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0446	Section modulus about 3 axis	7.529E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.882E-03	Section modulus about 2 axis	2.138E-03
Moment of Inertia about 2 axis	4.276E-04	Plastic modulus about 3 axis	8.683E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	3.295E-03
Shear area in 2 direction	0.015	Radius of Gyration about 3 axis	0.2054
Shear area in 3 direction	0.0267	Radius of Gyration about 2 axis	0.0979
Torsional constant	1.960E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

7 ANALISI MODALE

L'analisi modale effettuata con programma di calcolo Sap2000, fornisce le frequenze proprie di vibrare dell'impalcato in esame: la seconda è flessionale verticale.



L'analisi è stata condotta verificando che il numero totale di mdv consentisse l'eccitazione dell'85% della massa in tutte le componenti di spostamento, si riportano, per semplicità, i primi 20mdv.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
modal	Mode	1	0.540	0.0000581	0.78289	0.00002962	0%	78%	0%	0.045	3.912E-08	0.00586	5%	0%	1%
modal	Mode	2	0.422	0.04907	0.00003007	0.7461	5%	78%	75%	0.00009555	0.00003128	0.00001501	5%	0%	1%
modal	Mode	3	0.298	0.000005858	0.01092	0.000002106	5%	79%	75%	0.81572	4.232E-08	0.00059	86%	0%	1%
modal	Mode	4	0.219	0.00341	0.00461	0.00019	5%	80%	75%	0.0000468	0.00018	0.5849	86%	0%	59%
modal	Mode	5	0.188	0.68619	0.00001788	0.02187	74%	80%	77%	0.00001235	0.13226	0.00063	86%	13%	59%
modal	Mode	6	0.179	0.00292	0.00102	0.0000761	74%	80%	77%	1.013E-09	0.00104	0.02689	86%	13%	62%
modal	Mode	7	0.151	0.1793	0.00006649	0.00324	92%	80%	77%	0.00002782	0.37467	0.00001156	86%	51%	62%
modal	Mode	8	0.144	0.000006831	0.00084	5.923E-08	92%	80%	77%	0.01599	0.000005691	0.00034	88%	51%	62%
modal	Mode	9	0.117	0.00071	0.10366	0.000004537	92%	90%	77%	0.02496	0.00001355	0.00108	90%	51%	62%
modal	Mode	10	0.107	0.00582	0.000008668	0.05511	93%	90%	83%	0.000002097	0.00003438	0.00000649	90%	51%	62%
modal	Mode	11	0.106	2.017E-08	0.0004	9.727E-07	93%	90%	83%	0.0001	1.753E-08	0.00135	90%	51%	62%
modal	Mode	12	0.103	0.000006246	0.00068	2.877E-07	93%	91%	83%	4.148E-07	4.034E-07	0.000054	90%	51%	62%
modal	Mode	13	0.101	0.00009137	8.513E-09	0.00052	93%	91%	83%	9.082E-09	0.01538	0.000002081	90%	52%	62%
modal	Mode	14	0.101	0.00015	0.000002011	0.00281	93%	91%	83%	0.000000703	0.00394	0.000001218	90%	53%	62%
modal	Mode	15	0.101	1.333E-08	4.139E-09	1.111E-08	93%	91%	83%	0.00101	8.912E-08	0.000001384	90%	53%	62%
modal	Mode	16	0.101	0.000000185	0.00001487	0.000000382	93%	91%	83%	0.00033	4.302E-07	4.626E-09	90%	53%	62%
modal	Mode	17	0.100	0.00024	2.533E-07	0.00001768	93%	91%	83%	1.952E-08	0.01013	1.481E-07	90%	54%	62%
modal	Mode	18	0.099	0.00005689	1.018E-09	0.00112	93%	91%	83%	1.816E-09	0.000003232	0.00000025	90%	54%	62%
modal	Mode	19	0.099	0.000009316	6.445E-09	0.000001679	93%	91%	83%	1.527E-09	0.00054	1.454E-09	90%	54%	62%
modal	Mode	20	0.099	1.751E-07	1.627E-11	7.284E-07	93%	91%	83%	2.396E-09	9.918E-08	3.929E-09	90%	54%	62%

7.1 Verifica della prima frequenza flessionale

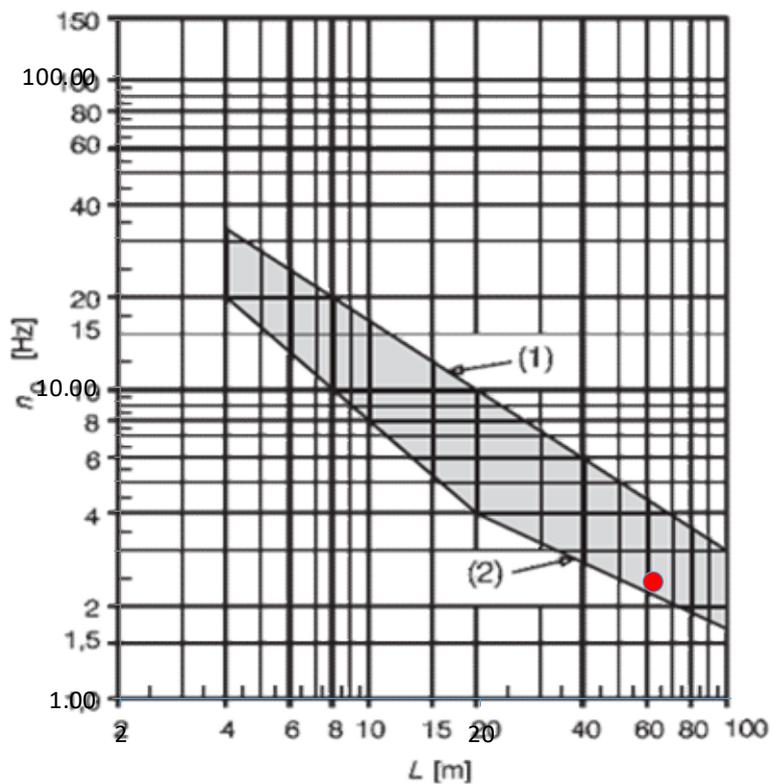
Considerando la prima frequenza propria flessionale dell'impalcato, si valuta la necessità o meno di effettuare analisi dinamiche piuttosto che statiche, in base alle indicazioni del **RFI DTC SI PS MA IFS 001 D** § 2.5.1.4.2.4., verificando che essa ricada nel fuso dei *Limiti della frequenza naturale del ponte n_0 [Hz] in funzione di L [m]*:

L	60.8	m
---	------	---

δ_0	55.1	mm
N_0	2.39	Hz

δ_0 è la freccia in mezzera dovuta alle azioni permanenti
N_0 è la prima frequenza naturale flessionale del ponte

(1)	4.39	Hz
(2)	2.07	Hz



(1) Limite superiore della frequenza naturale

(2) Limite inferiore della frequenza naturale

La frequenza n_0 risulta compresa tra i limiti del fuso. Non risulta pertanto necessaria l'analisi dinamica della struttura in oggetto.

8 VERIFICHE SLU

Si riportano di seguito le verifiche agli SLU dei singoli elementi costituenti l'impalcato.

8.1 PIASTRA CON NERVATURE LONGITUDINALI

8.1.1 Verifiche di resistenza - SLU

Per le verifiche di resistenza e a fatica, è stato implementato un modello tridimensionale con i carichi permanenti e da traffico (LM71 e SW2).

Nelle verifiche che seguono, è stato tenuto in conto per la vasca metallica di un sovrametallo di 2 mm coerentemente con le prescrizioni di Norma;

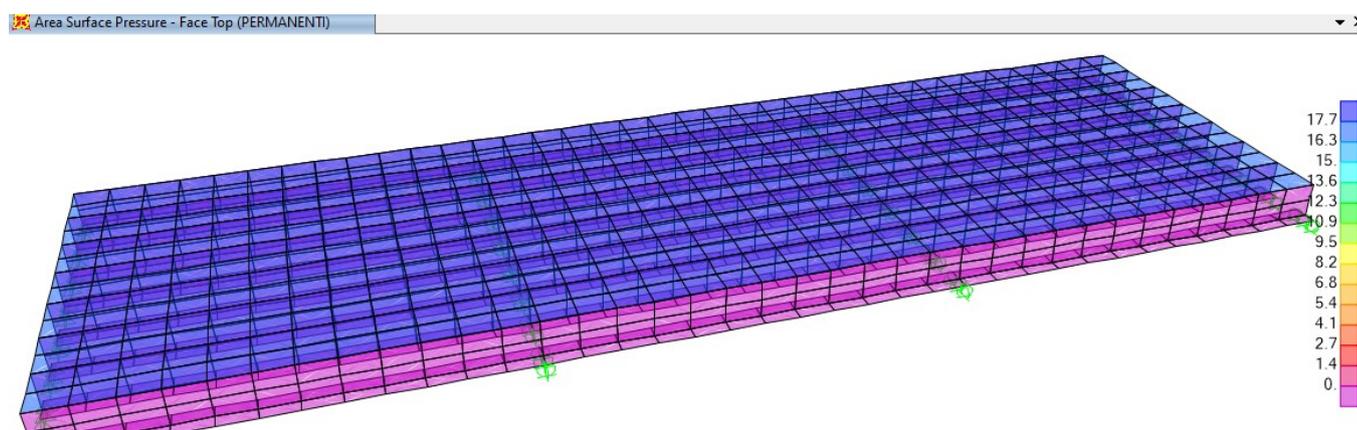


Figura 6_Carichi permanenti

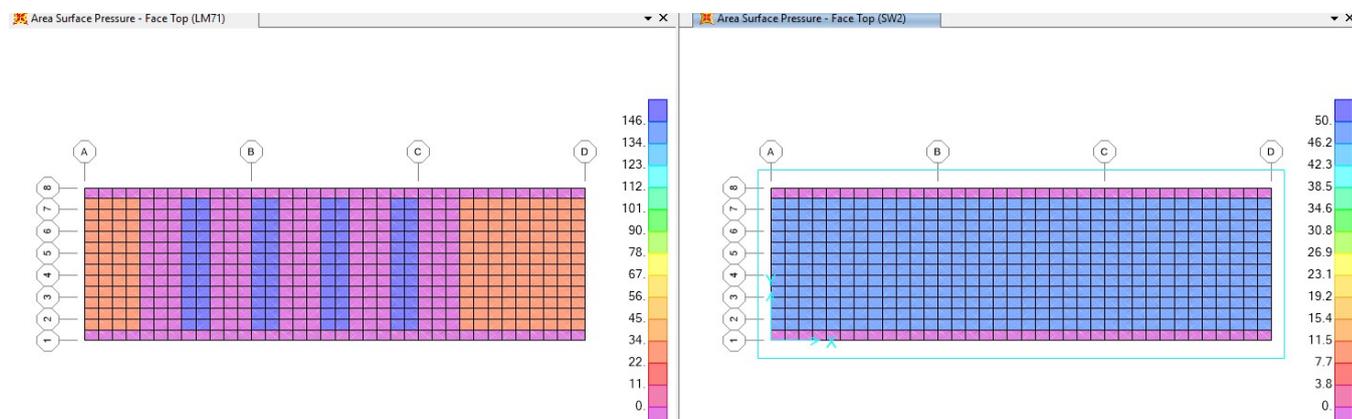


Figura 7_Carichi da traffico di cui si considera l'involuppo (LM71 o SW2)

Sollecitazioni

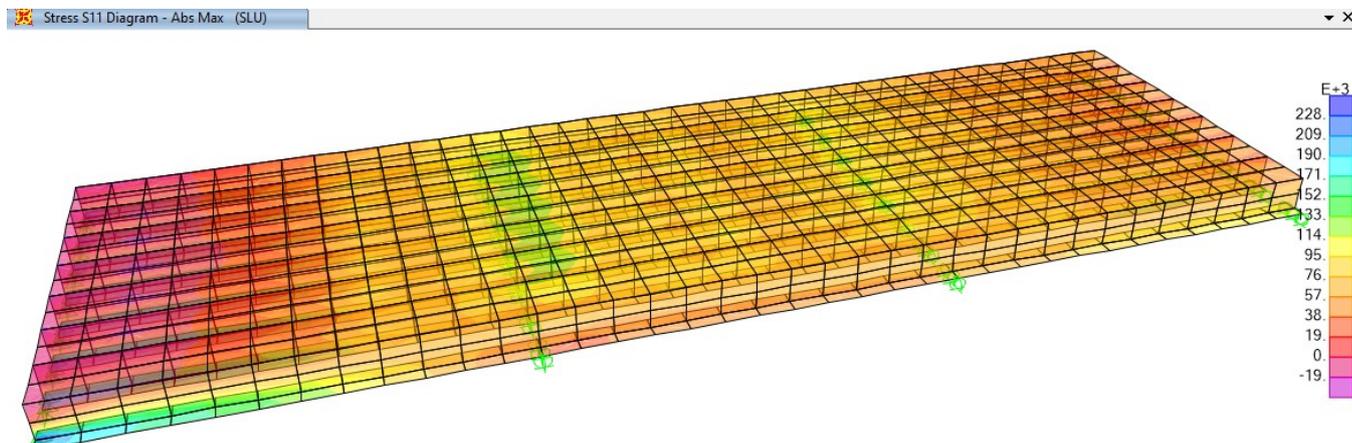


Figura 8_Sollecitazioni SLU su vasca portaballast [kN/mq]

Le verifiche di resistenza risultano pertanto soddisfatte essendo 228 Mpa < 355 Mpa.

Considerando solo lo stato tensionale associato al treno di carico LM71, le tensioni normali massime risultano pari a 35 Mpa.

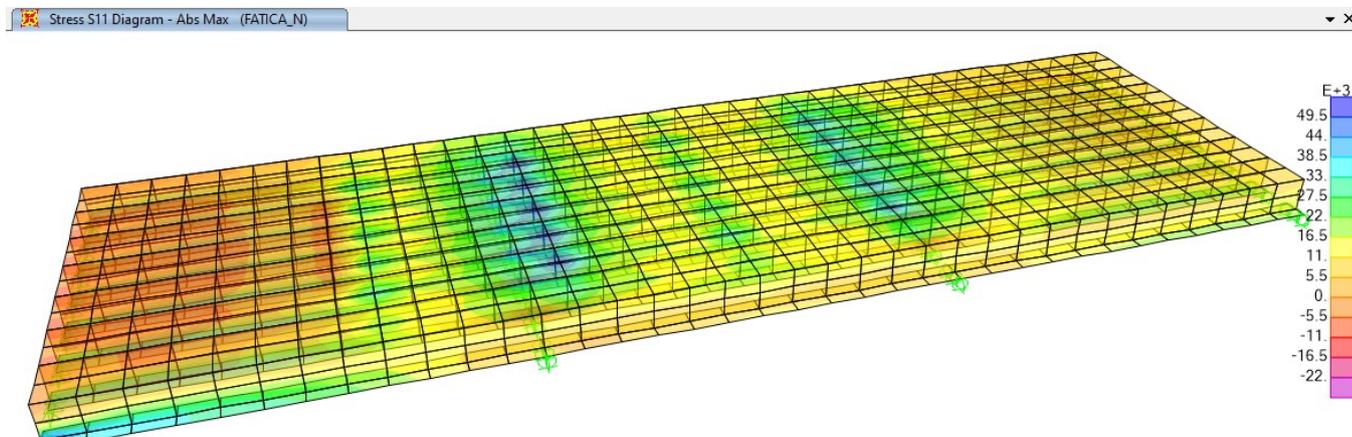


Figura 9_Sollecitazioni FATICA su vasca portaballast [kN/mq]

Considerando come particolare a fatica $\Delta\sigma = 71$ Mpa (saldature molate in direzione degli sforzi)

$L\phi =$	11.4	m	lunghezza caratteristica
$\phi 2 =$	1.27		deve essere compreso tra 1 e 1,67
$\phi 3 =$	1.41		deve essere compreso tra 1 e 2
$\lambda 1 =$	0.84	$K_s = 1$	

$$50 * 0.84 = 42 \text{ Mpa} < 71 / 1.35 = 52.6 \text{ Mpa.}$$

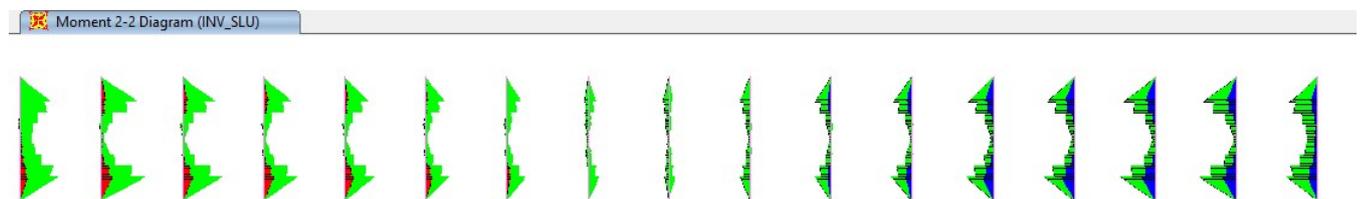
la verifica risulta soddisfatta

Lo sar  automaticamente per il dettaglio $\Delta\sigma = 90$ Mpa delle nervature della vasca bullonate alle piattabande superiori dei trasversi.

8.2 TRAVERSI

8.2.1 Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico)

Di seguito le sollecitazioni nel piano ricavate dal modello globale con applicazione di tutti i carichi combinati allo SLU, si evince che i traversti maggiormente sollecitati sono quello di testata e il successivo:



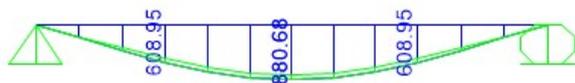
Queste sono dimensionanti rispetto alla combinazione sismica.

A queste sollecitazioni vanno sommate quelle nel piano verticale estrapolate da un modello locale con carichi combinati allo SLU e coefficienti dinamici Φ_3 , definiti al paragrafo 4.2.1, differenti per traverso di testata ed intermedio rispettivamente.

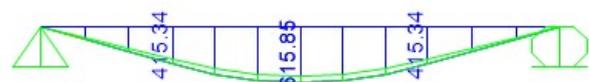
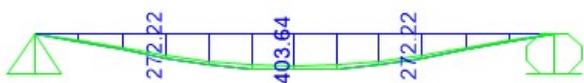
		slu calcolo forza concentrata modello locale				
		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	104.9	1.41	3.8	2.8	200.7
	sw	118.42	1.41	3.8	2.8	226.6
testata	lm71	104.9	2	1.9	2.8	142.5
	sw	118.42	2	1.9	2.8	160.9

		fatica calcolo forza concentrata modello locale				
		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	104.9	1.27	3.8	2.8	181.3
	sw	118.42	1.27	3.8	2.8	204.6
testata	lm71	104.9	1.67	1.9	2.8	118.8
	sw	118.42	1.67	1.9	2.8	134.1

Moment 3-3 Diagram (SLU)



Moment 3-3 Diagram (FATICA)



TRAVERSO DI TESTATA		
<i>Caratteristiche del profilo forato</i>		
A_{NETTA}	m^2	0.067
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.0210
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.0463
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.0167
$W_{y, LORDA}$	m^3	4.170E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	609
T_y	kN	388
σ_{Mx}	N/mm^2	36.37
τ_y	N/mm^2	18.48
$\sigma_{ID_{(anima-piatt.)}}$	N/mm^2	48.44
<i>Globali</i>		
N	KN	1974.5
M_y	KNm	693.0
T_x	kN	597.0
σ_N	N/mm^2	29.36
σ_{My}	N/mm^2	166.19
τ_x	N/mm^2	12.91
σ_{tot}	N/mm^2	231.9
$\sigma_{ID_{(bordo ala)}}$	N/mm^2	233.0
$\gamma_{M2} =$	-	1.25
$f_{yk} =$	N/mm^2	355
$f_{yd} =$	N/mm^2	284
Verifica	soddisfatta	

TRAVERSO INTERMEDIO		
<i>Caratteristiche del profilo</i>		
A_{NETTA}	m^2	0.059
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.0216
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.0370
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.0143
$W_{y, LORDA}$	m^3	3.340E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	911.0
T_y	kN	571.0
σ_{Mx}	N/mm^2	63.80
τ_y	N/mm^2	26.44
$\sigma_{ID_{(anima-piatt.)}}$	N/mm^2	78.53
<i>Globali</i>		
N	KN	2091.7
M_y	KNm	789.0
T_x	kN	706.0
σ_N	N/mm^2	35.69
σ_{My}	N/mm^2	236.23
τ_x	N/mm^2	19.08
σ_{tot}	N/mm^2	335.72
$\sigma_{ID_{(bordo ala)}}$	N/mm^2	337.3
$\gamma_{M0} =$	-	1.05
$f_{yk} =$	N/mm^2	355
$f_{yd} =$	N/mm^2	338
Verifica	soddisfatta	

8.2.2 Verifiche a fatica

Come per la verifica allo SLU, anche per la verifica a fatica si considerano gli effetti globali (modello globale con coefficiente dinamico $\Phi 2$ globale) e gli effetti locali ($\Phi 2$ locale) con i carichi da traffico.

$\phi_2 = 1.27$

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - traverso intermedio					
γ_{Mf}	-				1.35
$\Delta\sigma_C$	N/mm ²				90
t	mm				40
k_s	-				0.89
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$	N/mm ²				59.28
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	0.84	λ_1	-	0.63
λ_2	-	1.00	λ_2	-	1.00
λ_3	-	1.00	λ_3	-	1.00
λ_4	-	1.00	λ_4	-	1.00
λ_{MAX}	-	1.40	λ_{MAX}	-	1.40
λ_{Ed}	-	0.84	λ_{Ed}	-	0.63
λ	-	0.84	λ	-	0.63
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	29.06	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	56.01
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	24.53	$\lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	35.29
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$		N/mm ²		59.8	
Verifica			non soddisfatta		

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	5.86E-02
$W_{x,NETTA}$	m ³	1.43E-02
$W_{y,NETTA}$	m ³	2.67E-03
Tensioni - treno		
N	KN	201
M_x	KNm	415
M_y	KNm	141
σ_N	N/mm ²	3.43
σ_{Mx}	N/mm ²	29.06
σ_{My}	N/mm ²	52.58
σ_{tot}	N/mm ²	85.07

$\phi_2 = 1.67$

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - traverso testata					
γ_{Mf}	-				1.35
$\Delta\sigma_C$	N/mm ²				90
t	mm				50
k_s	-				0.84
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$	N/mm ²				56.06
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	1.15	λ_1	-	0.63
λ_2	-	1.00	λ_2	-	1.00
λ_3	-	1.00	λ_3	-	1.00
λ_4	-	1.00	λ_4	-	1.00
λ_{MAX}	-	1.40	λ_{MAX}	-	1.40
λ_{Ed}	-	1.15	λ_{Ed}	-	0.63
λ	-	1.15	λ	-	0.63
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	16.24	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	37.85
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	18.68	$\lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	23.85
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$		N/mm ²		42.53	
Verifica			soddisfatta		

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	6.73E-02
$W_{x,NETTA}$	m ³	1.67E-02
$W_{y,NETTA}$	m ³	3.34E-03
Tensioni - treno		
N	KN	146.7
M_x	KNm	272
M_y	KNm	119
σ_N	N/mm ²	2.18
σ_{Mx}	N/mm ²	16.24
σ_{My}	N/mm ²	35.67
σ_{tot}	N/mm ²	54.10

8.3 TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI

8.3.1 Verifiche di resistenza e di instabilità - SLU

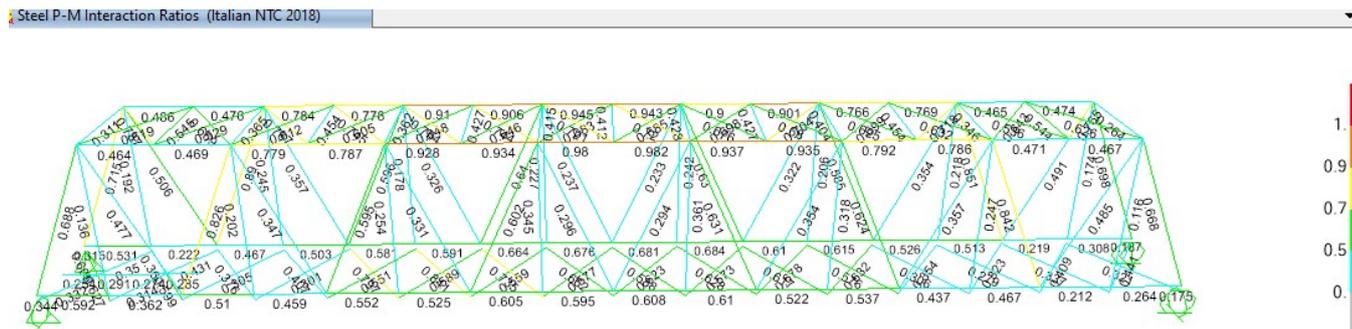


Figura 10_ Verifica di resistenza valida per elementi di parete e controventi (modello globale)

Le verifiche di resistenza degli elementi costituenti le pareti, e dei controventi risultano soddisfatte. Di seguito si riportano i coefficienti relativi ai tassi di lavoro ("Ratio" <1) per tutti gli elementi costituenti le pareti della travata metallica:

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
5	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.69	PMM	INV_SLU
6	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.67	PMM	INV_SLU
7	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.14	PMM	INV_SLU
8	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.12	PMM	INV_SLU
9	MONTANTI	Column	No Messages	0.20	PMM	INV_SLU
10	MONTANTI	Column	No Messages	0.25	PMM	INV_SLU
12	MONTANTI	Column	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
13	MONTANTI	Column	No Messages	0.25	PMM	INV_SLU
14	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.48	PMM	INV_SLU
15	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.83	PMM	INV_SLU
16	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
17	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.59	PMM	INV_SLU
18	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
19	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.60	PMM	INV_SLU
20	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.63	PMM	INV_SLU
21	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
22	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.62	PMM	INV_SLU
23	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
24	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.84	PMM	INV_SLU
25	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.48	PMM	INV_SLU
28	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 62.5m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IA7L 00 D 09 CL VI0109 001 A 37 di 45

29	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.70	PMM	INV_SLU
30	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.19	PMM	INV_SLU
31	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.17	PMM	INV_SLU
32	MONTANTI	Column	No Messages	0.25	PMM	INV_SLU
33	MONTANTI	Column	No Messages	0.18	PMM	INV_SLU
35	MONTANTI	Column	No Messages	0.21	PMM	INV_SLU
36	MONTANTI	Column	No Messages	0.22	PMM	INV_SLU
37	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
38	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.89	PMM	INV_SLU
39	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
40	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.60	PMM	INV_SLU
41	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
42	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.64	PMM	INV_SLU
43	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.63	PMM	INV_SLU
44	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
45	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.58	PMM	INV_SLU
46	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
47	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.85	PMM	INV_SLU
48	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.49	PMM	INV_SLU
66	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.55	PMM	INV_SLU
68	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.54	PMM	INV_SLU
69	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.45	PMM	INV_SLU
70	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.43	PMM	INV_SLU
71	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.41	PMM	INV_SLU
72	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.43	PMM	INV_SLU
73	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.45	PMM	INV_SLU
74	cv sup	Beam	No Messages	0.53	PMM	INV_SLU
75	cv sup	Beam	No Messages	0.77	PMM	INV_SLU
76	cv sup	Beam	No Messages	0.61	PMM	INV_SLU
77	cv sup	Beam	No Messages	0.75	PMM	INV_SLU
78	cv sup	Beam	No Messages	0.65	PMM	INV_SLU
79	cv sup	Beam	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
80	cv sup	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU
81	cv sup	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU
82	cv sup	Beam	No Messages	0.70	PMM	INV_SLU
83	cv sup	Beam	No Messages	0.62	PMM	INV_SLU
84	cv sup	Beam	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
85	cv sup	Beam	No Messages	0.54	PMM	INV_SLU
86	cv sup	Beam	No Messages	0.67	PMM	INV_SLU
87	cv sup	Beam	No Messages	0.61	PMM	INV_SLU
88	cv sup	Beam	No Messages	0.74	PMM	INV_SLU
89	cv sup	Beam	No Messages	0.65	PMM	INV_SLU

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 62.5m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IA7L 00 D 09 CL VI0109 001 A 38 di 45

90	cv sup	Beam	No Messages	0.74	PMM	INV_SLU
91	cv sup	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU
92	cv sup	Beam	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
93	cv sup	Beam	No Messages	0.70	PMM	INV_SLU
94	cv sup	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU
95	cv sup	Beam	No Messages	0.70	PMM	INV_SLU
96	cv sup	Beam	No Messages	0.63	PMM	INV_SLU
97	cv sup	Beam	No Messages	0.64	PMM	INV_SLU
98	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
99	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
100	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.41	PMM	INV_SLU
101	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.43	PMM	INV_SLU
102	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
103	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
105	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
106	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
107	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.55	PMM	INV_SLU
108	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.52	PMM	INV_SLU
109	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.61	PMM	INV_SLU
110	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.59	PMM	INV_SLU
111	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.61	PMM	INV_SLU
112	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.61	PMM	INV_SLU
113	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.52	PMM	INV_SLU
114	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.54	PMM	INV_SLU
115	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.44	PMM	INV_SLU
116	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.47	PMM	INV_SLU
119	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.47	PMM	INV_SLU
120	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.50	PMM	INV_SLU
121	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.58	PMM	INV_SLU
122	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.59	PMM	INV_SLU
123	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.66	PMM	INV_SLU
124	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU
125	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU
126	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU
127	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.61	PMM	INV_SLU
128	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.62	PMM	INV_SLU
129	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.53	PMM	INV_SLU
130	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
1	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.47	PMM	INV_SLU
2	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.78	PMM	INV_SLU
3	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.79	PMM	INV_SLU
26	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.93	PMM	INV_SLU

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 62.5m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IA7L 00 D 09 CL VI0109 001 A 39 di 45

49	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.93	PMM	INV_SLU
50	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.98	PMM	INV_SLU
51	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.98	PMM	INV_SLU
52	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.94	PMM	INV_SLU
53	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.94	PMM	INV_SLU
54	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.79	PMM	INV_SLU
55	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.79	PMM	INV_SLU
56	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.47	PMM	INV_SLU
57	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.48	PMM	INV_SLU
58	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.78	PMM	INV_SLU
59	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.78	PMM	INV_SLU
60	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.91	PMM	INV_SLU
61	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.91	PMM	INV_SLU
62	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.95	PMM	INV_SLU
63	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.94	PMM	INV_SLU
64	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.90	PMM	INV_SLU
65	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.90	PMM	INV_SLU
67	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.77	PMM	INV_SLU
132	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.77	PMM	INV_SLU
133	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.47	PMM	INV_SLU
136	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
138	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
140	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.80	PMM	INV_SLU
142	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.59	PMM	INV_SLU
144	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.74	PMM	INV_SLU
146	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.58	PMM	INV_SLU
148	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.59	PMM	INV_SLU
150	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.57	PMM	INV_SLU
152	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.62	PMM	INV_SLU
154	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.63	PMM	INV_SLU
156	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
158	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
160	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
164	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
166	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.41	PMM	INV_SLU
168	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.55	PMM	INV_SLU
170	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.84	PMM	INV_SLU
172	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.56	PMM	INV_SLU
174	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.66	PMM	INV_SLU
176	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.62	PMM	INV_SLU
178	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.63	PMM	INV_SLU
180	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.68	PMM	INV_SLU

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 62.5m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IA7L 00 D 09 CL VI0109 001 A 40 di 45

182	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.58	PMM	INV_SLU
184	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
186	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.28	PMM	INV_SLU
188	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.41	PMM	INV_SLU
104	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
118	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.22	PMM	INV_SLU
131	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.21	PMM	INV_SLU
192	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.22	PMM	INV_SLU
196	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
197	cv sup	Beam	No Messages	0.62	PMM	INV_SLU
198	cv sup	Beam	No Messages	0.79	PMM	INV_SLU
217	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
218	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.49	PMM	INV_SLU
223	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
224	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.59	PMM	INV_SLU
225	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
226	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.53	PMM	INV_SLU
229	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0.26	PMM	INV_SLU
230	cv sup	Beam	No Messages	0.63	PMM	INV_SLU
231	cv sup	Beam	No Messages	0.76	PMM	INV_SLU
263	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.47	PMM	INV_SLU
264	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.47	PMM	INV_SLU
266	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
270	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.44	PMM	INV_SLU
277	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.26	PMM	INV_SLU
278	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.17	PMM	INV_SLU
280	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
281	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.19	PMM	INV_SLU
287	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
288	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.24	PMM	INV_SLU
291	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
292	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.23	PMM	INV_SLU
L129	MONTANTI	Column	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
L130	MONTANTI	Column	No Messages	0.23	PMM	INV_SLU
L131	MONTANTI	Column	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
L132	MONTANTI	Column	No Messages	0.24	PMM	INV_SLU
145	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
147	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.43	PMM	INV_SLU
149	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
151	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.60	PMM	INV_SLU
153	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
155	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 62.5m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IA7L 00 D 09 CL VI0109 001 A 41 di 45

157	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.60	PMM	INV_SLU
159	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.63	PMM	INV_SLU
161	elem long	Beam	No Messages	0.25	PMM	INV_SLU
162	elem long	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
163	elem long	Beam	No Messages	0.27	PMM	INV_SLU
165	elem long	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU

8.3.2 Verifiche a fatica

Di seguito gli andamenti delle sollecitazioni (flettenti e sforzo assiale) massime e minime, per gli elementi di parete, considerando i carichi accidentali amplificati con coefficiente dinamico:

BRIGLIE - CONTROVENTI

$L\phi = 60.8$ m lunghezza caratteristica
 $\phi 2 = 1.01$ deve essere compreso tra 1 e 1,67

DIAGONALI interm. e montanti

$L\phi = 60.8$ m lunghezza caratteristica
 $\phi 2 = 1.01$ deve essere compreso tra 1 e 1,67

DIAGONALI estremità

$L\phi = 24.3$ m lunghezza caratteristica
 $\phi 2 = 1.12$ deve essere compreso tra 1 e 1,67

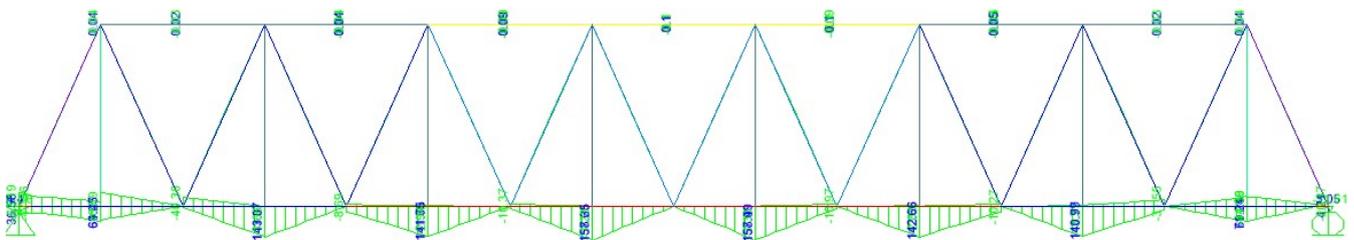


Figura 11_Sollecitazioni flettenti FATICA

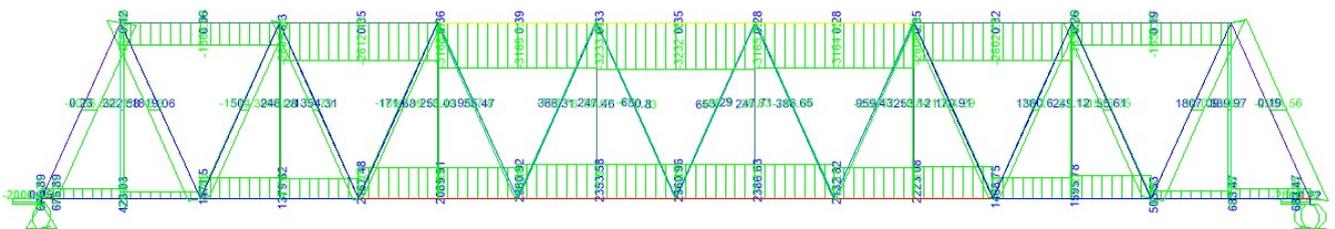


Figura 12_Sforzo assiale FATICA

Si riportano le verifiche per le tensioni massime di ciascun elemento:

spess min	ks	λ	γ_{mf}	area	sez giunto bullonato							sez mezzeria									
					area netta	P	σ_N	$\Delta\sigma_c$	σ_{ed}	σ_{lim}	test	W	P	M3	σ_N	σ_M	$\Delta\sigma_c$	σ_{ed}	σ_{lim}	test	
					m2	KN	MPa	MPa	MPa	MPa	$\sigma_{ed} < \sigma_{lim}$	m3	KN	KN-m	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	$\sigma_{ed} < \sigma_{lim}$	
diag. Interm.	30	0.96	0.63	1.35	0.0348	0.028	959.4	34.5	90	21.7	63.7	ok	0.0074	959	63.5	27.6	8.6	125	22.8	88.5	ok
diag. Interm.1	30	0.96	0.63	1.35	0.0408	0.033	1819.1	55.7	90	35.1	63.7	ok	0.009	1819.1	-59.9	44.6	-6.7	125	32.3	88.5	ok
diag. estrem.	40	0.89	0.67	1.35	0.0636	0.051	-2363.8	-46.5	90	31.1	59.3	ok	0.0137	-2364	131.8	-37.2	9.6	125	31.3	82.3	ok
briglia inf	35	0.92	0.63	1.35	0.0625	0.050	2387.3	47.7	90	30.1	61.3	ok	0.0079	2362	158.9	37.8	20.0	125	36.4	85.1	ok
briglia sup	30	0.96	0.63	1.35	0.0613	0.049	-3233.6	-65.9	90	41.5	63.7	ok	0.0087	-3233.6	0.1	-52.8	0.0	125	33.2	88.5	ok
controventi	40	0.89	0.63	1.35	0.0070	0.006	253.6	45.3	90	28.5	59.3	ok	8E-05	254	-0.4	36.2	-5.7	125	26.4	82.3	ok
montanti	40	0.89	0.63	1.35	0.0210	0.017	340.0	20.2	90	12.7	59.3	ok	0.0042	340	-94.9	16.2	-22.9	125	24.6	82.3	ok
elem. long.	30	0.96	0.84	1.35	0.0120	0.010	243.5	25.4	90	21.4	63.7	ok	0.0002	243.5	0.0	20.3	0.0	125	17.1	88.5	ok

Le verifiche risultano soddisfatte

9 VERIFICHE SLE

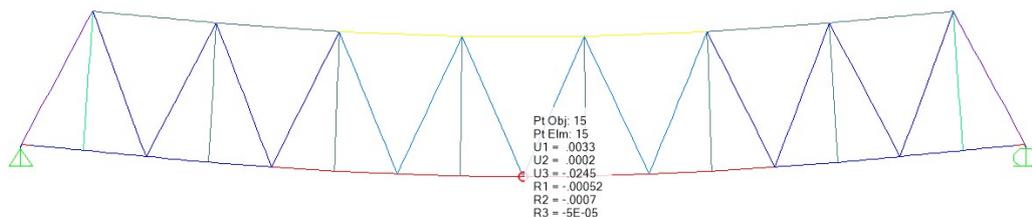
9.1 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale

È stata verificata l'inflessione nel piano verticale dell'impalcato.

È stato considerato agente il treno di carico LM71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

LM71

Abbassamento $24.5 < L/1000 = 60$ mm



Stati limite per il comfort dei passeggeri

$$\delta_v = 24.5 \text{ mm}$$

$$L / \delta_v = 60800 / 24.5 = 2481.6 > 1000$$

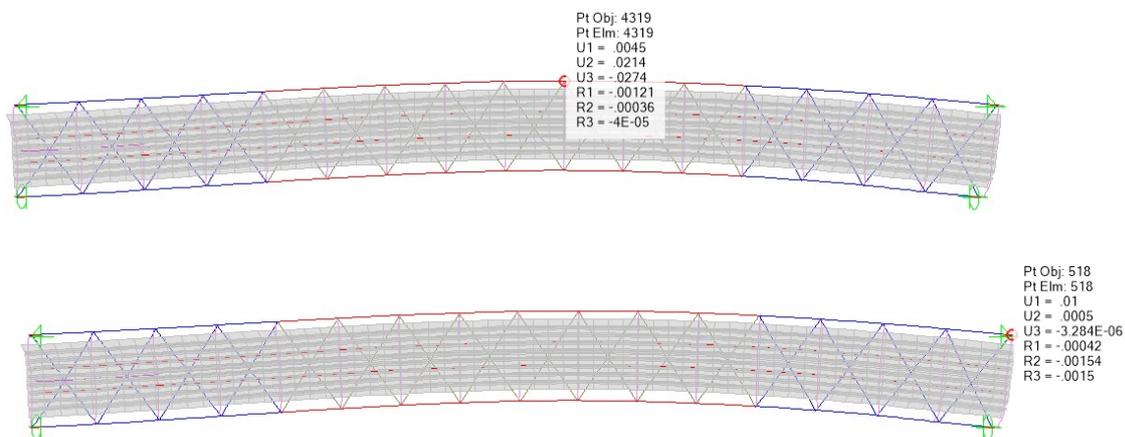
9.2 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale

Considerando la presenza del treno di carico LM71, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , l'azione del vento, la forza laterale (serpeggio), la forza centrifuga e gli effetti della variazione di temperatura lineare fra i due lati dell'impalcato stabilita, l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

- una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tab. 5.2.VIII;
- un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

Tabella 5.2.VIII - Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
V ≤ 120	0,0035 rd	1700 m	3500 m
120 < V ≤ 200	0,0020 rd	6000 m	9500 m
200 < V	0,0015 rd	14000 m	17500 m



Ipotizzando una massima velocità di percorrenza del ponte risulta pari a 60 Km/h, è stato verificato che:

Raggio di curvatura: $R = \frac{L^2}{8 \cdot \delta_n}$

$\delta_n = 21.4\text{mm}$

RAGGIO MINIMO DI CURVATURA: R = 21592m > 1700m

VARIAZIONE ANGOLARE MASSIMA: 0.00154 < 0.0035 rad

10 REAZIONI VINCOLARI

Lo schema dei vincoli della travata metallica è il seguente:



Figura 13. SCHEMA APPOGGI

Riepilogo dei risultati:

FISSO		UNIDIREZIONALE TRASVERSALE		UNIDIREZIONALE LONGITUDINALE		MULTIDIREZ
Nmax	Hmax	Nmax	HLmax	Nmax	HTmax	Nmax
kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
SLU	SLU	SLU	SLU	SLU	SLU	SLU
8100	3300	8100	3300	8100	3300	8100

L'azione sismica non è dimensionante come massima azione orizzontale, pertanto si riportano solo le azioni allo SLU. Queste sono da ritenersi valide per la progettazione dei dispositivi di vincolo in quanto si è considerata un rigidità infinita degli stessi nel modello di calcolo, in favore di sicurezza.