

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=55m 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 2 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

ITALFERR S.p.A.  
Ufficio Opere Civili e Gestione delle varianti  
Dot. Ing. Angelo Vittozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
N° A20783

File: IA7L00D09CLVI0209001A

n. Elab:

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
1.2	MONTAGGIO E VARO .....	5
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI IMPIEGATI .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI UNITARI .....</b>	<b>8</b>
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 .....	18
4.6	AZIONI SISMICHE .....	18
<b>5</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO.....</b>	<b>23</b>
6.1	SEZIONI .....	24
<b>7</b>	<b>ANALISI MODALE .....</b>	<b>29</b>
7.1	Verifica della prima frequenza flessionale.....	30
<b>8</b>	<b>VERIFICHE SLU .....</b>	<b>31</b>
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

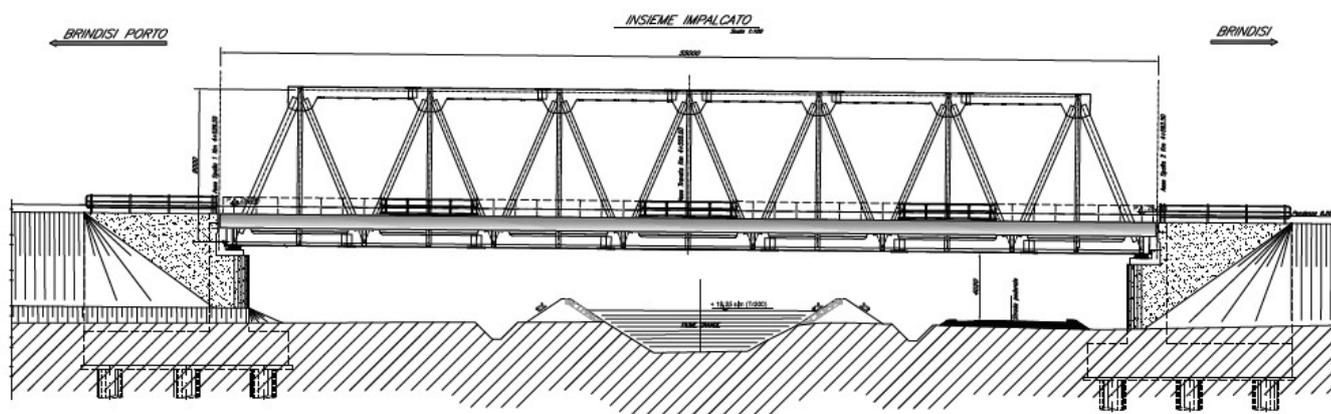
8.2.2	Verifiche a fatica .....	34
<b>8.3</b>	<b>TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI.....</b>	<b>36</b>
8.3.1	Verifiche di resistenza e di instabilità - SLU .....	36
8.3.2	Verifiche a fatica .....	41
<b>9</b>	<b>VERIFICHE SLE.....</b>	<b>42</b>
9.1	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale .....	42
9.2	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale.....	42
<b>10</b>	<b>REAZIONI VINCOLARI .....</b>	<b>44</b>

## 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 55m e **portata teorica pari a 53.2m**.

L'opera è relativa al viadotto ferroviario VI02 a singolo binario.



### 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La travata metallica, di portata teorica 53.2m, con armamento su ballast, è del tipo "a maglia triangolare" a via inferiore chiusa superiormente. La campata è costituita da 14 scomparti lunghi 3.8m, con altezza baricentrica 9m, interasse delle pareti di 6.9 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 1100 mm. Le nervature verranno vincolate all'estradosso dei traversi tramite bullonature. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 2305 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.

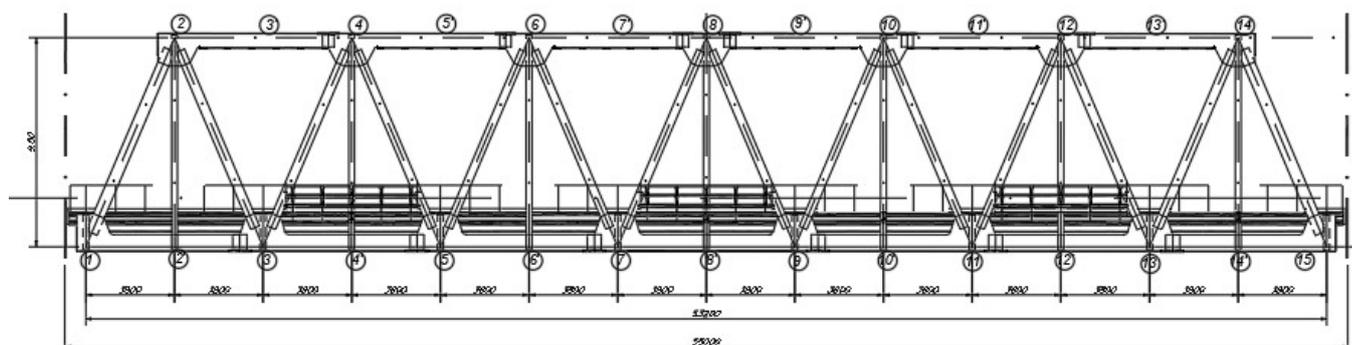


Figura 1\_Prospetto

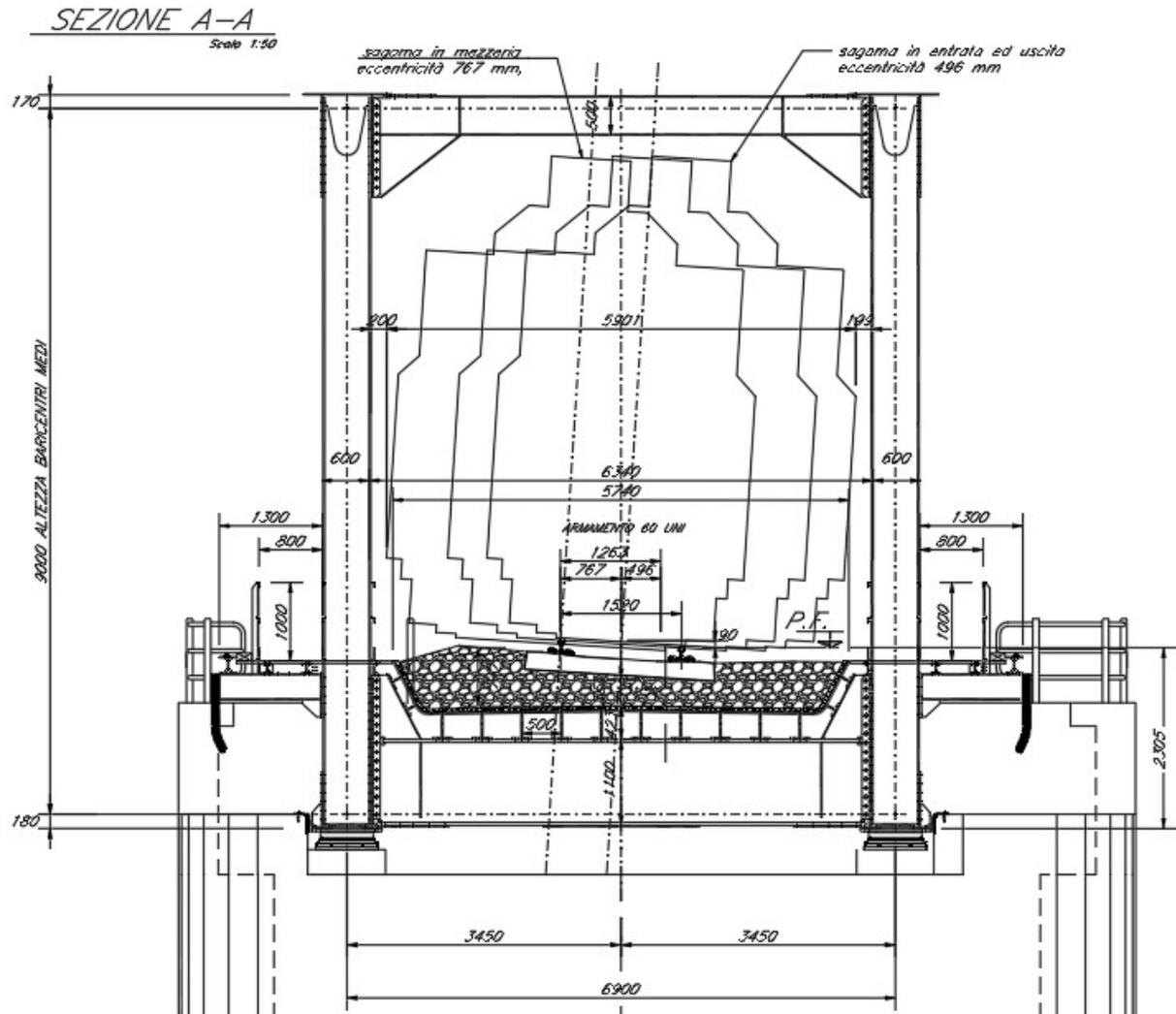


Figura 2\_Sezione trasversale

## 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 argano di spinta, un argano di trattenuta (che eventualmente può funzionare anche per la spinta del sistema), ed un ulteriore argano 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 D, Dic 2019:** *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/mm<sup>2</sup>

$f_m \geq 450$  N/mm<sup>2</sup> 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, nonchè 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.) = **108 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 =  $4.8 \cdot 0.80 \cdot 18 + 0.5 \cdot 20 =$  **79 kN/m**

Barriere antirumore o parapetti =  $2 \cdot 4 \text{ m} \cdot 4 \text{ kN/m}^2 =$  **32 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 = **126 kN/m**

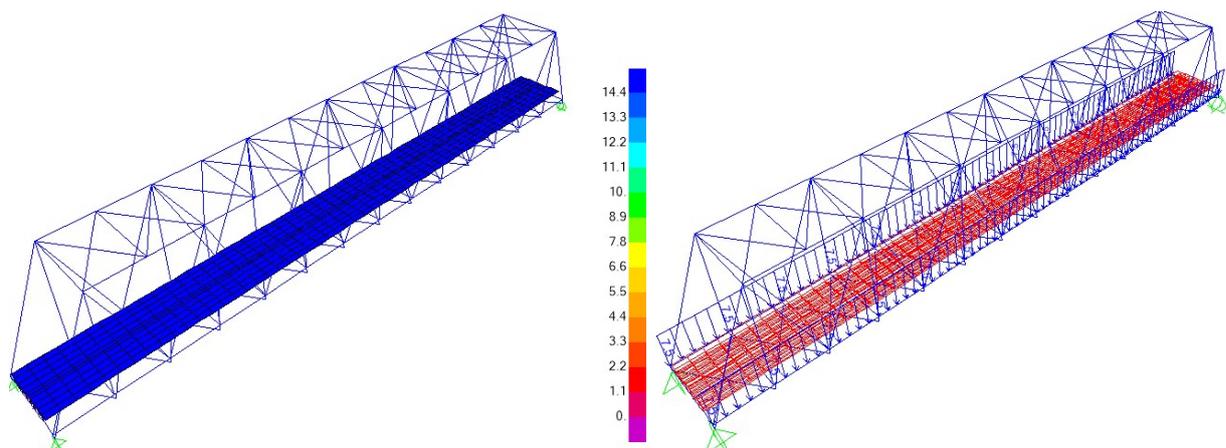


Figura 3\_Peso ballast+velette

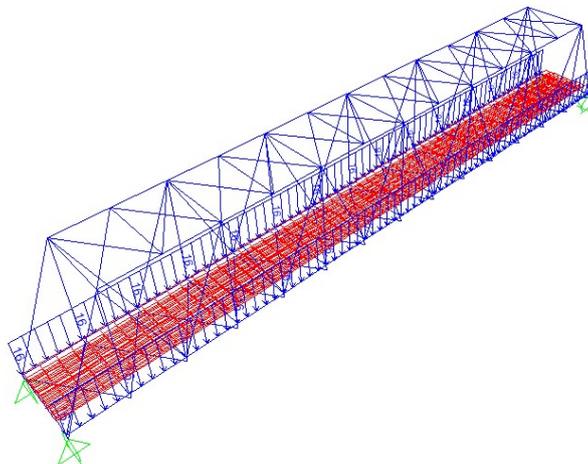


Figura 4\_BARRIERE antirumore

## 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.

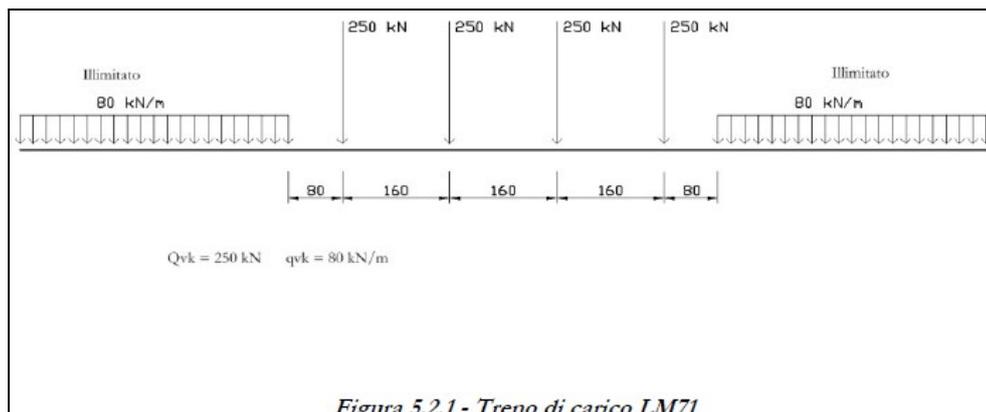
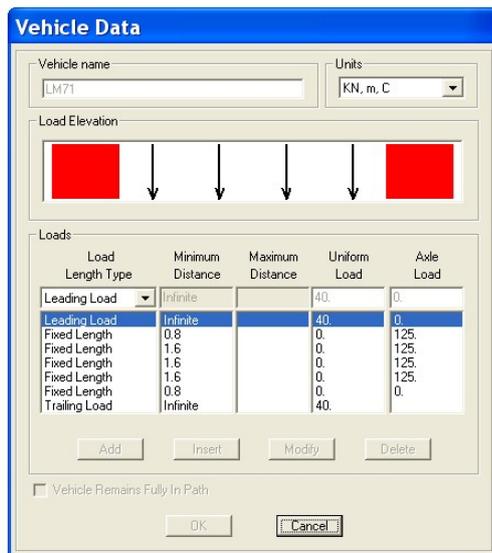


Figura 5.2.1 - Treno di carico LM71

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

da prevedersi oltre all'eccentricità data dal raggio di curvatura e modellata attraverso l'utilizzo di lane curve.

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.	0.	125.
Fixed Length	1.6	0.	0.	125.
Fixed Length	1.6	0.	0.	125.
Fixed Length	1.6	0.	0.	125.
Fixed Length	0.8	0.	0.	0.
Trailing Load	Infinite		40.	0.

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

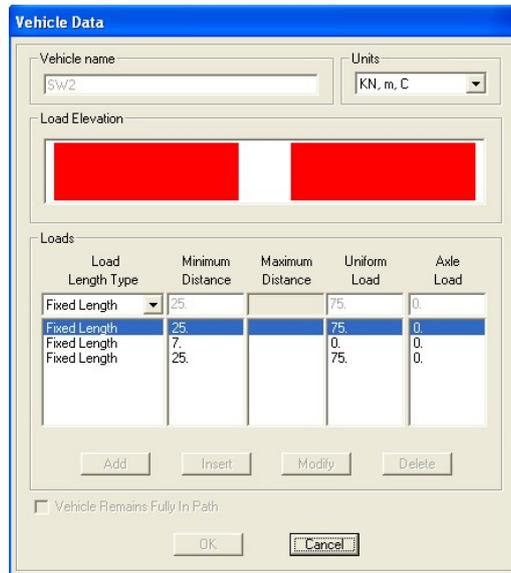
Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Per tale modello di carico è stata considerata la seguente configurazione:

- 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:

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



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  $L_\Phi$  valutata secondo *Manuale di progettazione RFI*

- Travi principali  $L_\Phi = L = 53.2\text{m}$ ;  
 $\Phi_3 = 1.03$
- 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  $L = 6.6\text{m}$  ;  $L_\Phi = 2 * L = 13.2\text{m}$   
 $\Phi_3 = 1.36$
- 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  $\Phi_3 = 1.02$
- Nervature longitudinali  $\Phi_3 = 1.27$
- Travi trasversali intermedie  $\Phi_3 = 1.24$
- 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

$$Q_{nk} = 33 * 53.2 * 1.1 = 1931.16 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{nk} = 33 * (53.2 - 7) = 1525 \text{ kN}$$

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

$$Q_{bk} = 20 * 53.2 * 1.1 = 1170.4 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{bk} = 35 * (53.2 - 7) = 1617 \text{ kN}$$

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.

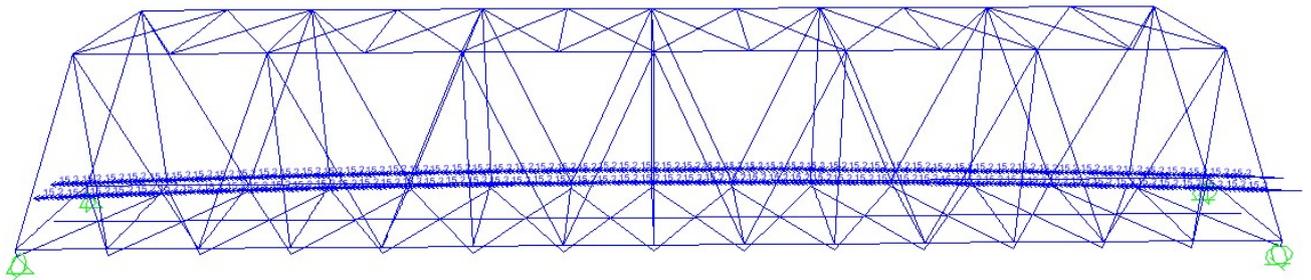


Figura 5\_Frenatura

#### 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.

L'azione centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80 m al di sopra del P.F..

Raggio considerato:  $R = 300 \text{ m}$

- Per il treno di carico tipo SW/2 si considerano i seguenti parametri e valori:

$$V = 60 \text{ km/h ;}$$

$$\alpha = 1$$

$$f = 1$$

$$Q_{tk} = 0 \text{ perché } Q_{vk} = 0$$

$$q_{tk} = V^2 / (127 * r) * f * q_{vk} = 14.2 \text{ kN/m}$$

Il traffico verticale associato è pari a  $\Phi \cdot 1 \cdot SW/2 = 155.2 \text{ KN/m}$

#### Per il treno di carico tipo LM/71

$$V = 60 \text{ km/h}$$

$$\alpha = 1$$

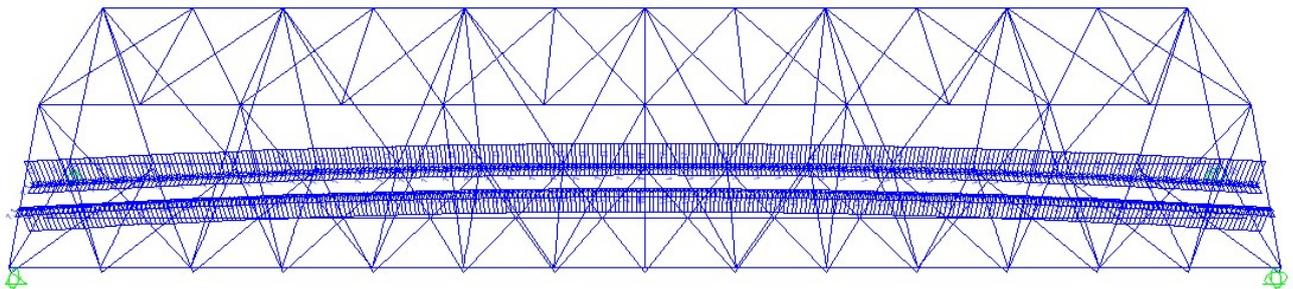
$$f = 1 \text{ (considerando } L_f = 53.2 \text{ m)}$$

$$Q_{tk} = V^2 / (127 \times r) \times f \times Q_{vk} = 26 \text{ kN}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot \alpha \cdot LM/71 = 284.5 \text{ kN}$$

$$q_{tk} = V^2 / (127 \times r) \times f \times q_{vk} = 8.3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot \alpha \cdot LM/71 = 91 \text{ kN/m}$$



## 4.3 AZIONI CLIMATICHE

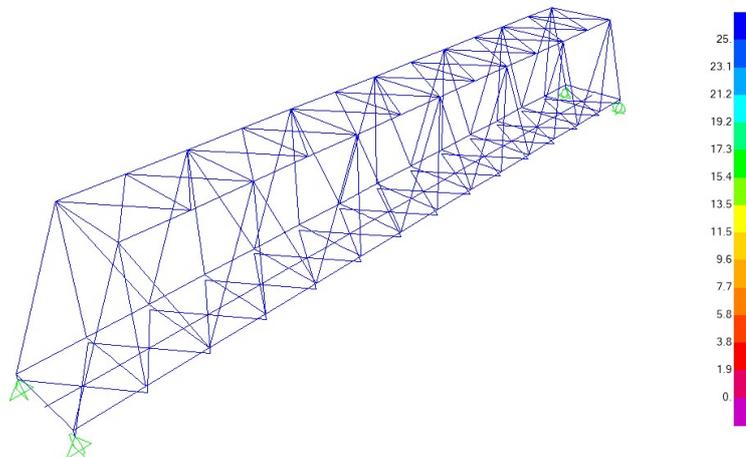
### 4.3.1 Variazione termica

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  $\pm 25^\circ\text{C}$ .

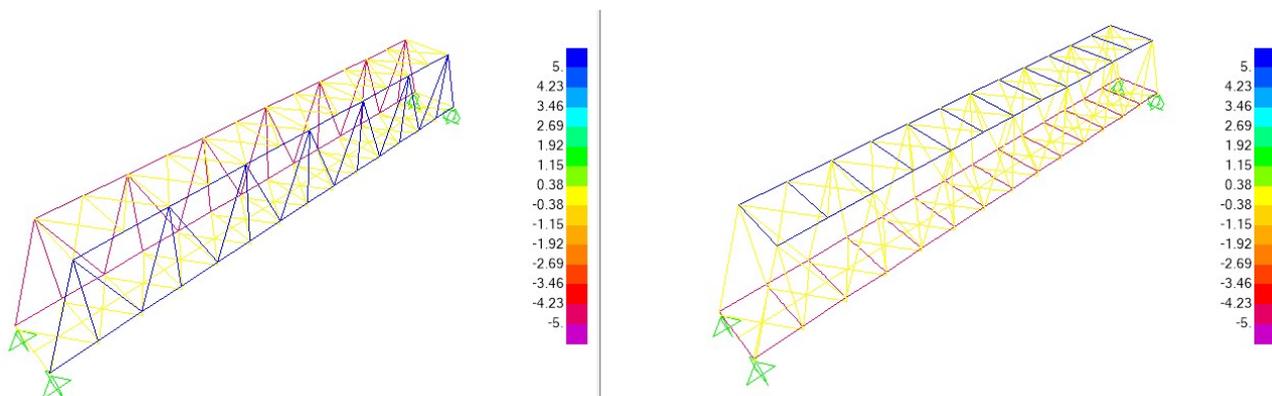
Per la determinazione delle escursioni degli apparecchi di appoggio è stata considerata una variazione termica uniforme di  $25^\circ \times 1.5 = 37.5^\circ\text{C}$ .



### 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.

### 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]	$\alpha_R$	$a_s$ [m]	$v_{ref}(T_R=50)$ [m/s]	$v_{ref}(T_R)$ [m/s]	$q_{ref}$ [N/m <sup>2</sup> ]
50	1.00	20	27.0	27.0	456.29

Classe di rugosità del terreno
Aree prive di ostacoli
<b>D</b>

Categoria di esposizione del sito
entro 10 km dalla costa
<b>II</b>

Coefficiente di topografia	$c_t$
	<b>1.00</b>

Coefficiente di esposizione			
$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]	$z$ [m]
0.19	0.05	4.00	10.00
$c_e$		<b>2.35</b>	

Ulteriori coefficienti	
$c_d$	<b>1.00</b>
$c_f$	<b>0.01</b>

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

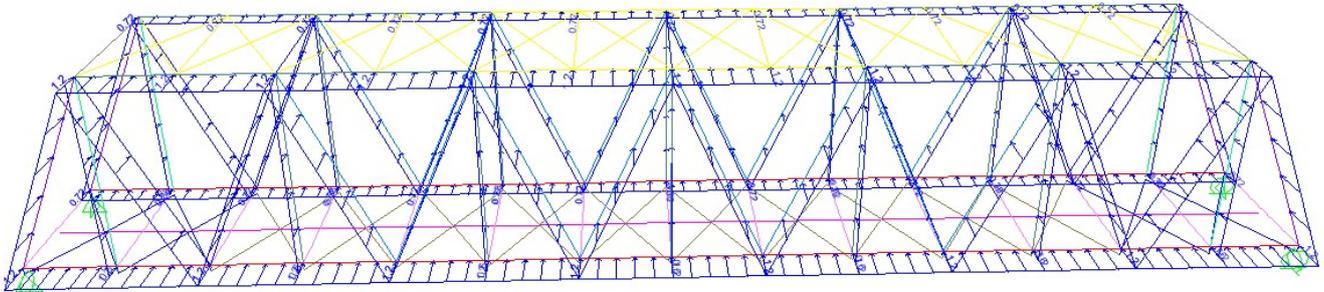
Travi reticolari					
	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	146.6		$\varphi$	0.34
	$S$ [m <sup>2</sup> ]	437			
Altezza della travata	$h$ [m]	9		1 <sup>a</sup> travata	2 <sup>a</sup> travata
Distanza tra le travate	$d$ [m]	6.9		$c_{p,1}$	$c_{p,2}$
	$d/h$	0.77		<b>1.60</b>	<b>0.96</b>
	$\mu$	0.597			

Pressione del vento	$T_R = 50$ anni
pressione del vento travata esposta	$p_{,1}$ [N/m <sup>2</sup> ] <b>1717</b>
pressione del vento travata successiva	$p_{,2}$ [N/m <sup>2</sup> ] <b>1026</b>

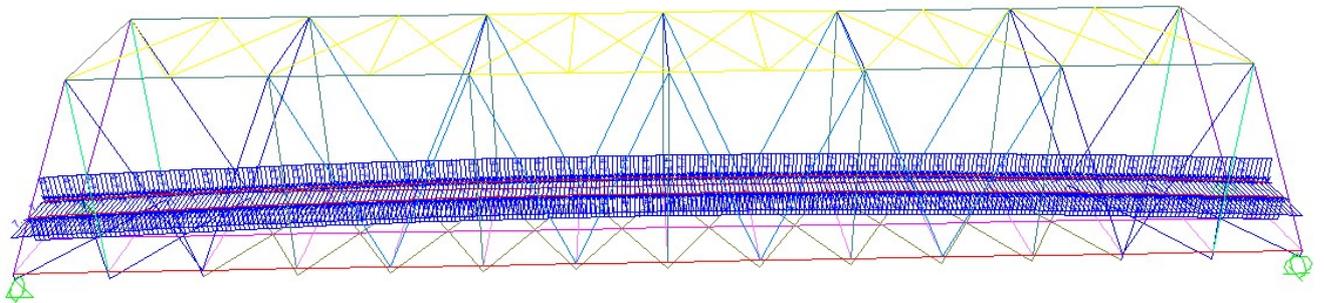
60%

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:**

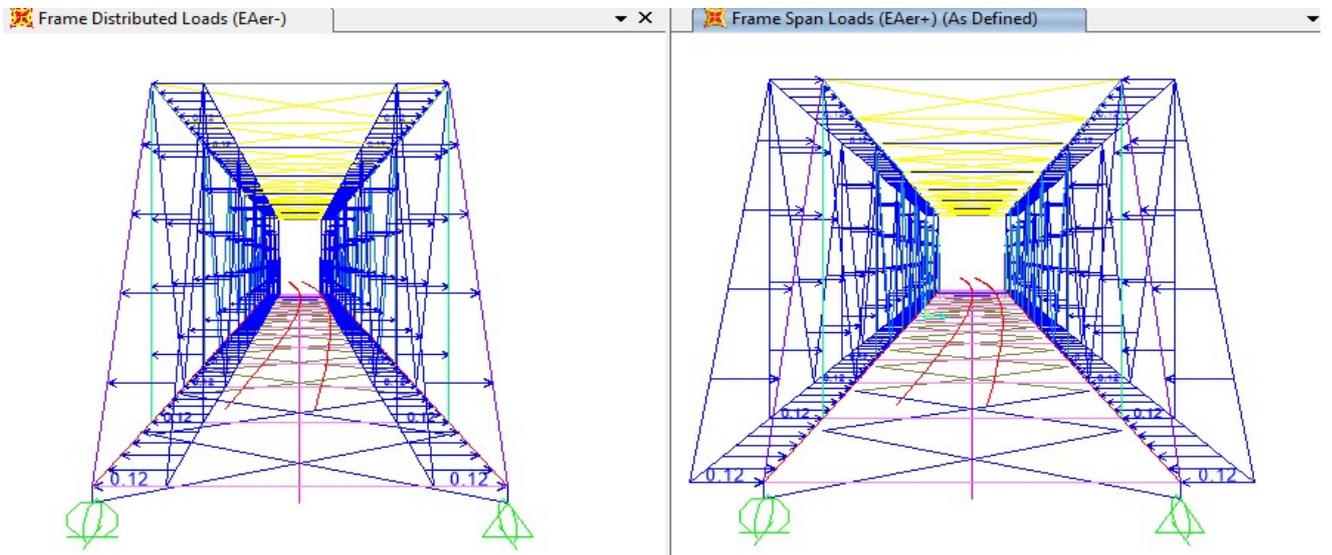


**4.4 EFFETTI AERODINAMICI**

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  $80 \cdot 1.4$  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:     LATTITUDINE:

---

Ricerca per comune

REGIONE:     PROVINCIA:     COMUNE:

---

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

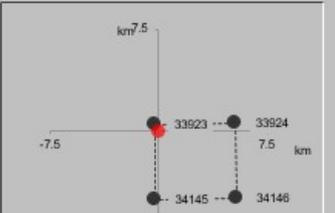
---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

---

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

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

Interpolazione



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".

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

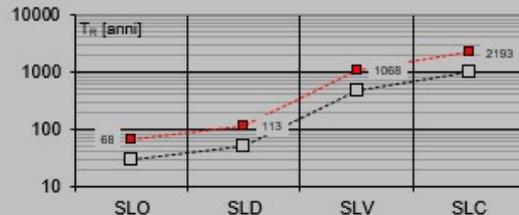
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

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

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

**FASE 2**

FASE 3

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

$S_S =$

$C_0 =$   info

Categoria topografica  info

$h/H =$

$S_T =$   info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)

$\eta =$   info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_a$

Regol. in altezza  info

Compon. verticale

Spettro di progetto

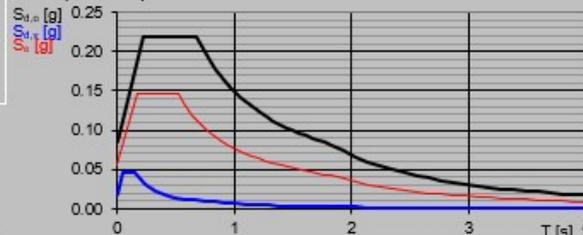
Fattore  $q_v$

$\eta =$   info

Elaborazioni

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

Spettri di risposta



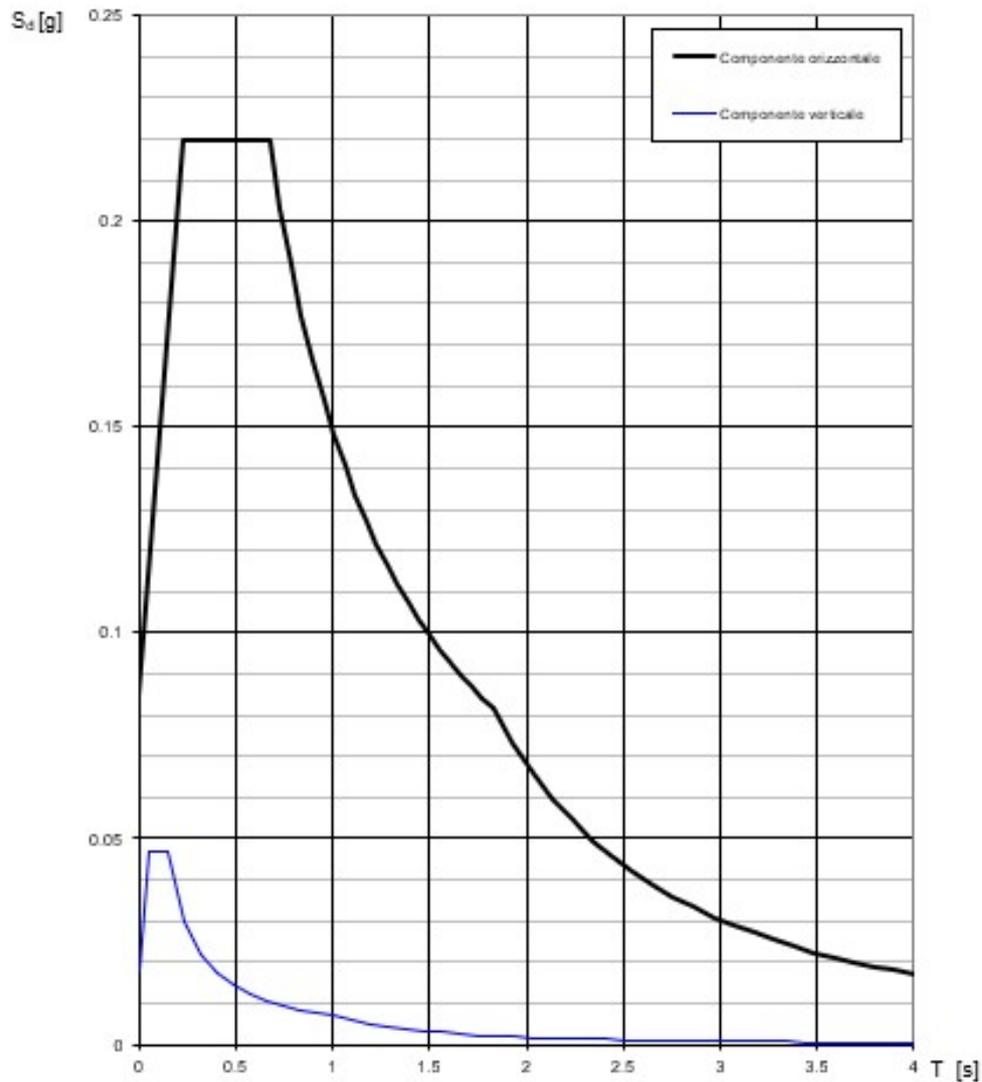
INTRO

FASE 1

FASE 2

**FASE 3**

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim 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.			<b>A1 STR</b>
<b>Carichi permanenti</b>	<i>sfav</i>	<b>Y<sub>G1</sub></b>	1.35
	<i>fav</i>		1
<b>Carichi permanenti non strutturali</b>	<i>sfav</i>	<b>Y<sub>G2</sub></b>	1.5
	<i>fav</i>		0
<b>Traffico</b>	<i>sfav</i>	<b>Y<sub>Q</sub></b>	1.45
	<i>fav</i>		0
<b>Variabili</b>	<i>sfav</i>	<b>Y<sub>Qi</sub></b>	1.5
	<i>fav</i>		0

$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
<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				Y <sub>Q</sub>				
		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>	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
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															
VARIABLE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA				
CARICHI	SW2				LM71				STR. SCARICA	SW2		LM71		STR. SCARICA	
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GR1	GR3	GR1	GR3							
<i>combinazioni</i>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
<b>Peso Proprio (G1)</b>	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
<b>Permanenti Portati (G2)</b>	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
<b>SW2</b>	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	0	0	0	0	1.16	1.16	0	0	0
<b>LM71</b>	0	0	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	0	0	1.16	1.16	0
<b>Serp_SW2</b>	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	0	0	1.16	0.58	0	0	0
<b>Serp_LM71</b>	0	0	0	0	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	1.16	0.58	0
<b>F-A_SW2</b>	0.725	0.73	1.45	1.45	0	0	0	0	0	0	0.58	1.16	0	0	0
<b>F-A_LM71</b>	0	0	0	0	0.725	0.73	1.45	1.45	0	0	0	0	0.58	1.16	0
<b>centrifuga_SW2</b>	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	0	0	1.16	0.58	0	0	0
<b>centrifuga_LM71</b>	0	0	0	0	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	1.16	0.58	0
<b>Eff_aerodinamici</b>	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
<b>Vento_scarico</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0	0	0.9
<b>Vento_carico</b>	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
<b>Temp_SLU</b>	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						
	SW2				LM71				STR.		SW2			LM71			STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	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**

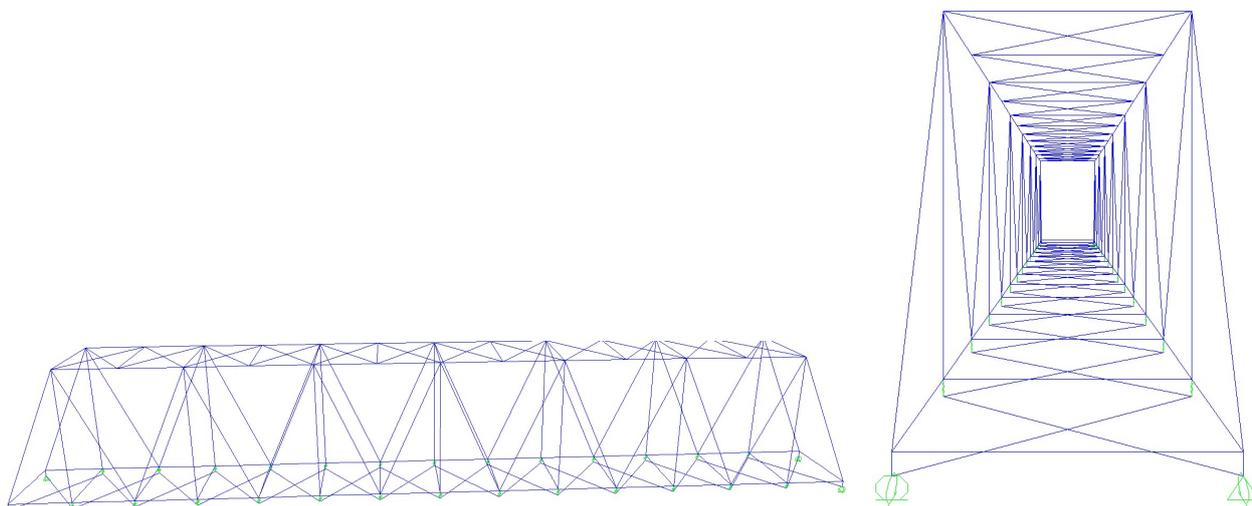
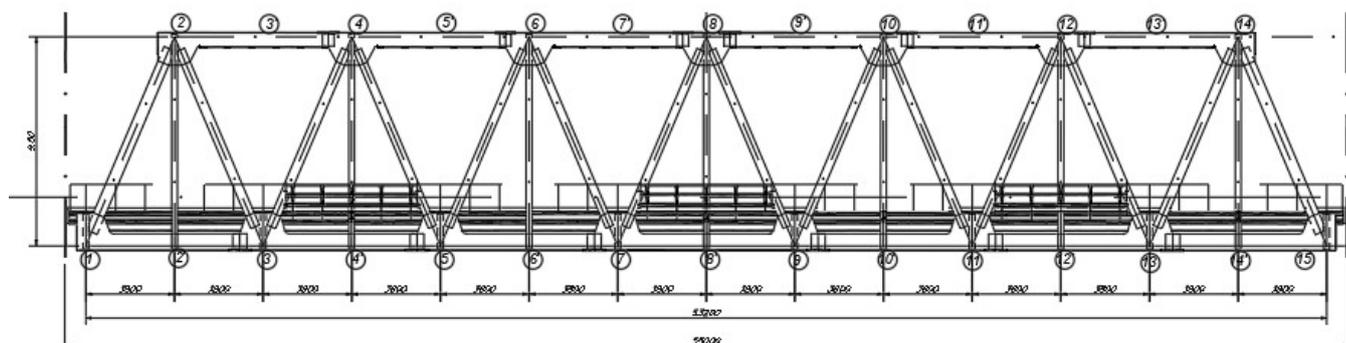
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA						
	SW2				LM71				STR.		SW2			LM71			STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	SCARICA	GR1	GR3	GR4	GR1	GR3	GR4	SCARICA	
combinazioni	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Peso Proprio (G1)	1	1	1	1	1	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.

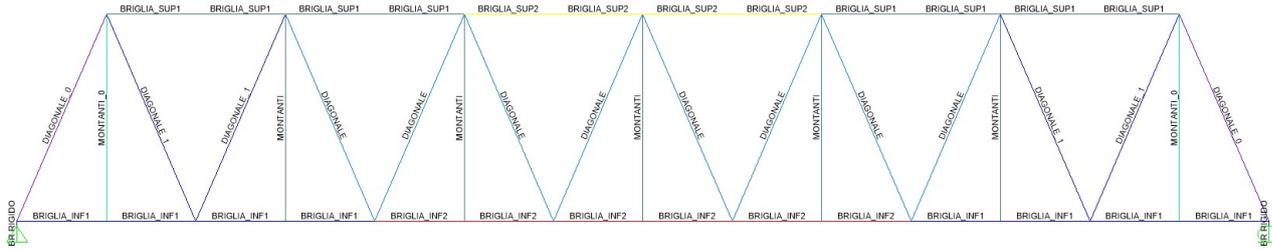
Di seguito viene rappresentato il modello tridimensionale con il quale sono stati valutati gli effetti globali in termini di resistenza, di deformazione e di stabilità.

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

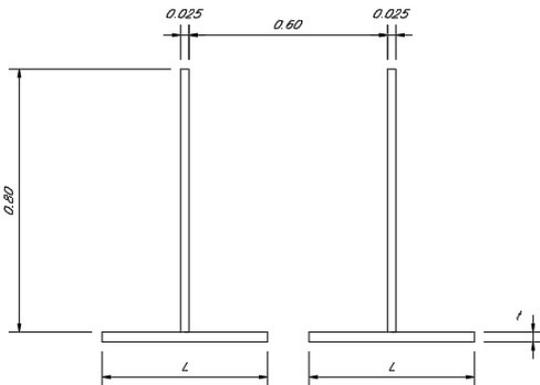


## 6.1 SEZIONI

Lo schema nel modello di calcolo è il seguente:

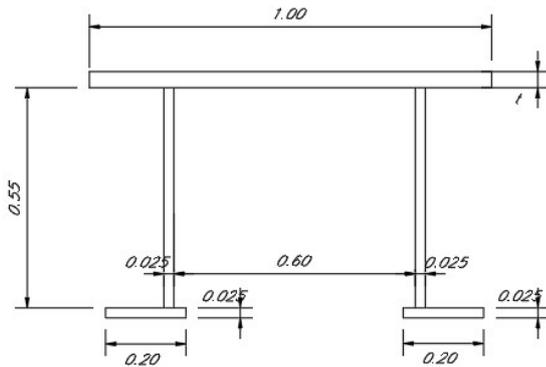


- BRIGLIE INFERIORI:**



Section Name: BRIGLIA_INF1				Section Name: BRIGLIA_INF2			
<b>Properties</b>				<b>Properties</b>			
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. 2-4-6 10-12-14	Briglia sup. 6-8-10
t	25	30

Section Name: BRIGLIA_SUP1				Section Name: BRIGLIA_SUP2			
<b>Properties</b>							
Cross-section (axial) area	0.0625	Section modulus about 3 axis	8.917E-03	Cross-section (axial) area	0.0675	Section modulus about 3 axis	9.171E-03
Moment of Inertia about 3 axis	3.290E-03	Section modulus about 2 axis	0.0122	Moment of Inertia about 3 axis	3.543E-03	Section modulus about 2 axis	0.013
Moment of Inertia about 2 axis	6.100E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0127	Moment of Inertia about 2 axis	6.516E-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	0.0291	Radius of Gyration about 3 axis	0.2295	Shear area in 2 direction	0.0293	Radius of Gyration about 3 axis	0.2291
Shear area in 3 direction	0.0208	Radius of Gyration about 2 axis	0.3124	Shear area in 3 direction	0.0251	Radius of Gyration about 2 axis	0.3107
Torsional constant	1.335E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.	Torsional constant	1.718E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• **TRAVERSI inferiori**

Section Name: TRAVERSO\_TEST 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 (t2b)

**Section**

Section Name: TRAVERSO\_TEST

**Properties**

Cross-section (axial) area	0.08	Section modulus about 3 axis	0.0296
Moment of Inertia about 3 axis	0.0163	Section modulus about 2 axis	4.176E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.044E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0338
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	6.475E-03
Shear area in 2 direction	0.033	Radius of Gyration about 3 axis	0.4513
Shear area in 3 direction	0.0417	Radius of Gyration about 2 axis	0.1142
Torsional constant	4.787E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: TRAVERSI 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 (t2b)

**Section**

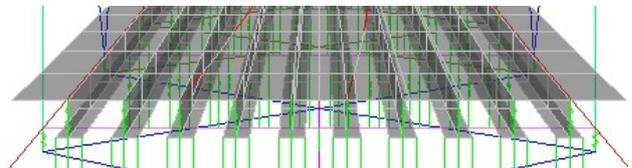
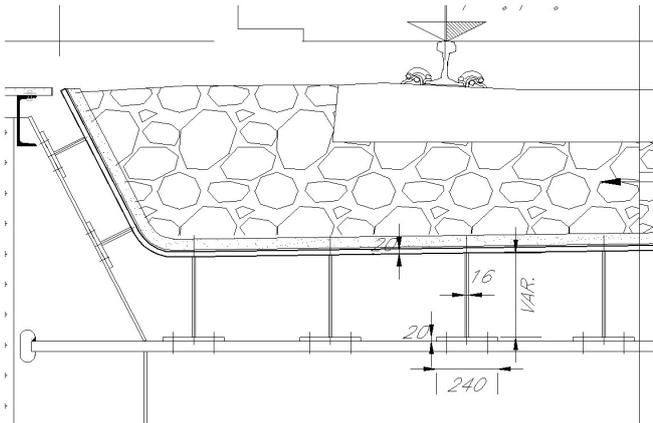
Section Name: TRAVERSI

**Properties**

Cross-section (axial) area	0.0706	Section modulus about 3 axis	0.0253
Moment of Inertia about 3 axis	0.0139	Section modulus about 2 axis	3.343E-03
Moment of Inertia about 2 axis	8.356E-04	Plastic modulus about 3 axis	0.029
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	5.230E-03
Shear area in 2 direction	0.033	Radius of Gyration about 3 axis	0.4436
Shear area in 3 direction	0.0333	Radius of Gyration about 2 axis	0.1088
Torsional constant	2.927E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• VASCA PORTABALLAST

La piastra metallica nervata è collegata direttamente ai traversi:



• DIAGONALI

Section Name		DIAGONALE_0	Display Color	<span style="color: purple;">■</span>
Section Notes		Modify/Show Notes...		
<b>Dimensions</b>				
Outside height (t3)	<input type="text"/>	0.6		
Top flange width (t2)	<input type="text"/>	0.6		
Top flange thickness (tf)	<input type="text"/>	0.04		
Web thickness (tw)	<input type="text"/>	0.03		
Bottom flange width (t2b)	<input type="text"/>	0.6		
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text"/>	0.04		
Section Name		DIAGONALE_1	Display Color	<span style="color: blue;">■</span>
Section Notes		Modify/Show Notes...		
<b>Dimensions</b>				
Outside height (t3)	<input type="text"/>	0.6		
Top flange width (t2)	<input type="text"/>	0.5		
Top flange thickness (tf)	<input type="text"/>	0.03		
Web thickness (tw)	<input type="text"/>	0.02		
Bottom flange width (t2b)	<input type="text"/>	0.5		
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text"/>	0.03		
Section Name		DIAGONALE	Display Color	<span style="color: blue;">■</span>
Section Notes		Modify/Show Notes...		
<b>Dimensions</b>				
Outside height (t3)	<input type="text"/>	0.6		
Top flange width (t2)	<input type="text"/>	0.4		
Top flange thickness (tf)	<input type="text"/>	0.03		
Web thickness (tw)	<input type="text"/>	0.02		
Bottom flange width (t2b)	<input type="text"/>	0.4		
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text"/>	0.03		

Section Name		DIAGONALE_0	
<b>Properties</b>			
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		DIAGONALE_1	
<b>Properties</b>			
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		DIAGONALE	
<b>Properties</b>			
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

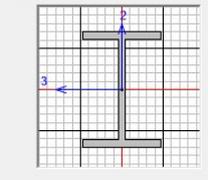
Section Name: MONTANTI\_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height ( t3 )	0.6
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

Section



Section Name: MONTANTI\_0

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

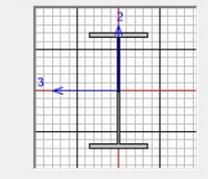
Section Name: MONTANTI Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height ( t3 )	0.6
Top flange width ( t2 )	0.3
Top flange thickness ( tf )	0.02
Web thickness ( tw )	0.016
Bottom flange width ( t2b )	0.3
Bottom flange thickness ( tfb )	0.02

Section

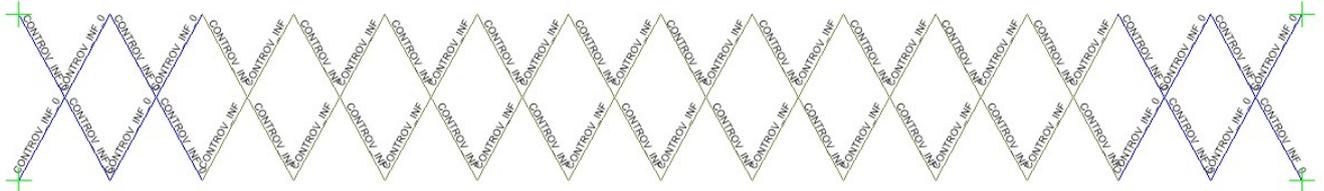


Section Name: MONTANTI

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



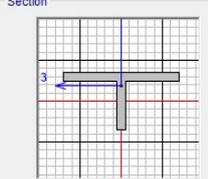
Section Name: CONTROV\_INF\_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

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

Section



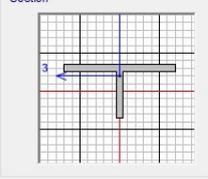
Section Name: CONTROV\_INF Display Color: ■

Section Notes:

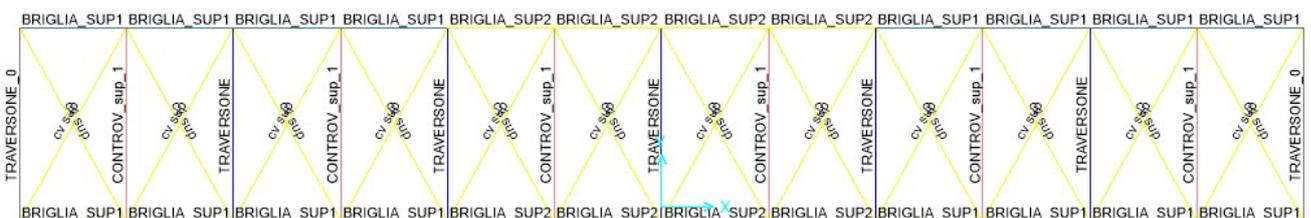
Dimensions

Outside stem ( t3 )	0.15
Outside flange ( t2 )	0.3
Flange thickness ( tf )	0.02
Stem thickness ( tw )	0.02

Section



• CONTROVENTI SUPERIORI



Section Name: cv sup      Display Color:  

Section Notes:

**Dimensions**

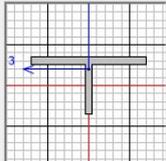
Outside stem ( t3 ) :

Outside flange ( t2 ) :

Flange thickness ( tf ) :

Stem thickness ( tw ) :

**Section**



Section Name: cv sup

**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:  

Section Notes:

**Dimensions**

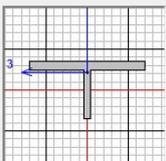
Outside stem ( t3 ) :

Outside flange ( t2 ) :

Flange thickness ( tf ) :

Stem thickness ( tw ) :

**Section**



Section Name: CONTROV\_sup\_1

**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:  

Section Notes:

**Dimensions**

Outside height ( t3 ) :

Top flange width ( t2 ) :

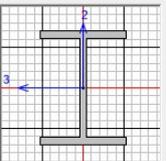
Top flange thickness ( tf ) :

Web thickness ( tw ) :

Bottom flange width ( t2b ) :

Bottom flange thickness ( tfb ) :

**Section**



Section Name: TRAVERSONE

**Properties**

Cross-section (axial) area	0.022	Section modulus about 3 axis	2.998E-03
Moment of Inertia about 3 axis	5.996E-04	Section modulus about 2 axis	7.516E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1.127E-04	Plastic modulus about 3 axis	3.425E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.160E-03
Shear area in 2 direction	8.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.1651
Shear area in 3 direction	0.0125	Radius of Gyration about 2 axis	0.0716
Torsional constant	3.861E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

- TRAVERSI SUPERIORI testata

Section Name: TRAVERSONE\_0      Display Color:  

Section Notes:

**Dimensions**

Outside height ( t3 ) :

Top flange width ( t2 ) :

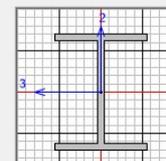
Top flange thickness ( tf ) :

Web thickness ( tw ) :

Bottom flange width ( t2b ) :

Bottom flange thickness ( tfb ) :

**Section**



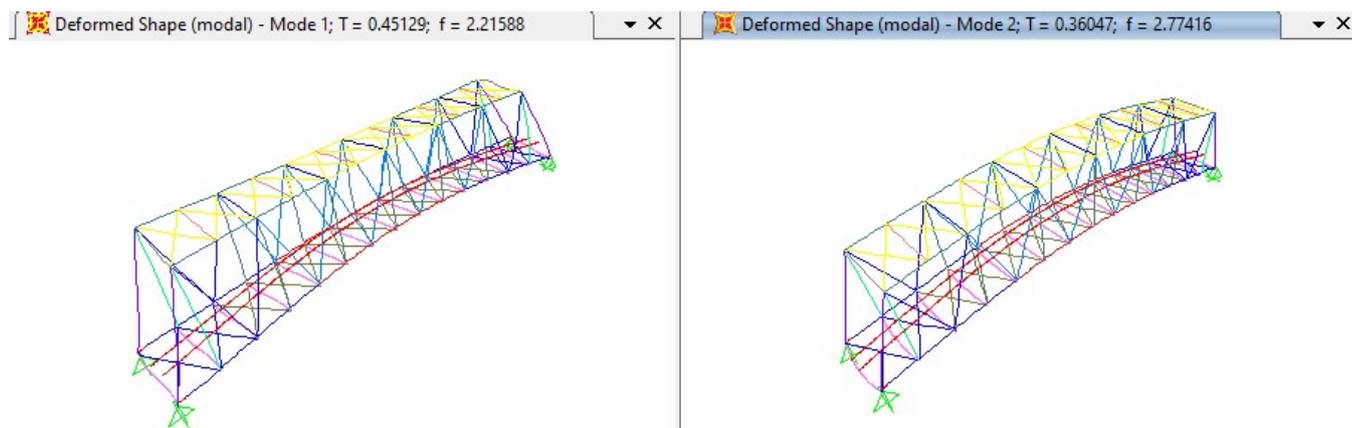
Section Name: TRAVERSONE\_0

**Properties**

Cross-section (axial) area	0.0372	Section modulus about 3 axis	6.161E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.540E-04	Section modulus about 2 axis	1.605E-03
Moment of Inertia about 2 axis	3.210E-04	Plastic modulus about 3 axis	7.092E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	2.499E-03
Shear area in 2 direction	0.015	Radius of Gyration about 3 axis	0.2035
Shear area in 3 direction	0.02	Radius of Gyration about 2 axis	0.0929
Torsional constant	1.065E-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	0.451	0.00001962	0.7643	0.00006763	0%	76%	0%	0.0924	4.551E-09	0.00066	9%	0%	0%
modal	Mode	2	0.360	0.08441	0.00014	0.71253	8%	76%	71%	0.00013	0.00012	0.00000265	9%	0%	0%
modal	Mode	3	0.282	0.00008907	0.04779	0.00008111	8%	81%	71%	0.71652	3.613E-07	0.00008333	81%	0%	0%
modal	Mode	4	0.194	0.03768	0.0001	0.00247	12%	81%	72%	0.000009333	0.00206	0.38383	81%	0%	38%
modal	Mode	5	0.190	0.75602	4.865E-07	0.04756	88%	81%	76%	4.653E-07	0.04335	0.01517	81%	5%	40%
modal	Mode	6	0.156	0.00027	0.00364	0.00009709	88%	82%	76%	0.04908	0.00019	0.02956	86%	5%	43%
modal	Mode	7	0.150	0.00013	0.00033	2.551E-07	88%	82%	76%	0.00652	0.00017	0.23745	86%	5%	67%
modal	Mode	8	0.139	0.05072	6.425E-07	0.00131	93%	82%	76%	0.000001813	0.4378	0.00001231	86%	48%	67%
modal	Mode	9	0.104	0.00237	0.000006571	0.04155	93%	82%	81%	8.982E-07	0.000003538	2.028E-07	86%	48%	67%
modal	Mode	10	0.103	0.000008532	0.000004047	0.000009026	93%	82%	81%	0.000005733	0.00013	0.00254	86%	48%	67%
modal	Mode	11	0.100	0.00012	9.927E-07	0.000005632	93%	82%	81%	1.557E-07	0.01399	5.407E-07	86%	50%	67%
modal	Mode	12	0.099	0.00001693	0.000003707	0.00072	93%	82%	81%	0.000002274	0.000001328	1.299E-08	86%	50%	67%
modal	Mode	13	0.099	0.000000555	2.972E-07	2.286E-09	93%	82%	81%	1.261E-08	0.00025	6.056E-11	86%	50%	67%
modal	Mode	14	0.099	3.502E-07	0.00019	0.00032	93%	82%	81%	0.00011	3.638E-07	6.638E-08	86%	50%	67%
modal	Mode	15	0.099	0.00000408	4.173E-07	4.286E-07	93%	82%	81%	4.184E-09	0.00151	6.347E-08	86%	50%	67%
modal	Mode	16	0.099	2.142E-07	5.002E-07	0.00001234	93%	82%	81%	0.000003446	0.00018	0.000000284	86%	50%	67%
modal	Mode	17	0.099	0.000001373	0.000008322	0.00039	93%	82%	81%	0.00008371	0.000005459	1.132E-07	86%	50%	67%
modal	Mode	18	0.099	6.457E-07	3.274E-08	3.073E-08	93%	82%	81%	2.914E-07	0.00025	3.531E-07	86%	50%	67%
modal	Mode	19	0.099	1.232E-09	0.000007513	0.00004432	93%	82%	81%	0.00038	3.933E-08	5.195E-07	87%	50%	67%
modal	Mode	20	0.099	7.046E-09	0.00033	0.00007138	93%	82%	81%	0.00068	1.293E-10	0.000002184	87%	50%	67%

## 7.1 Verifica della prima frequenza flessionale

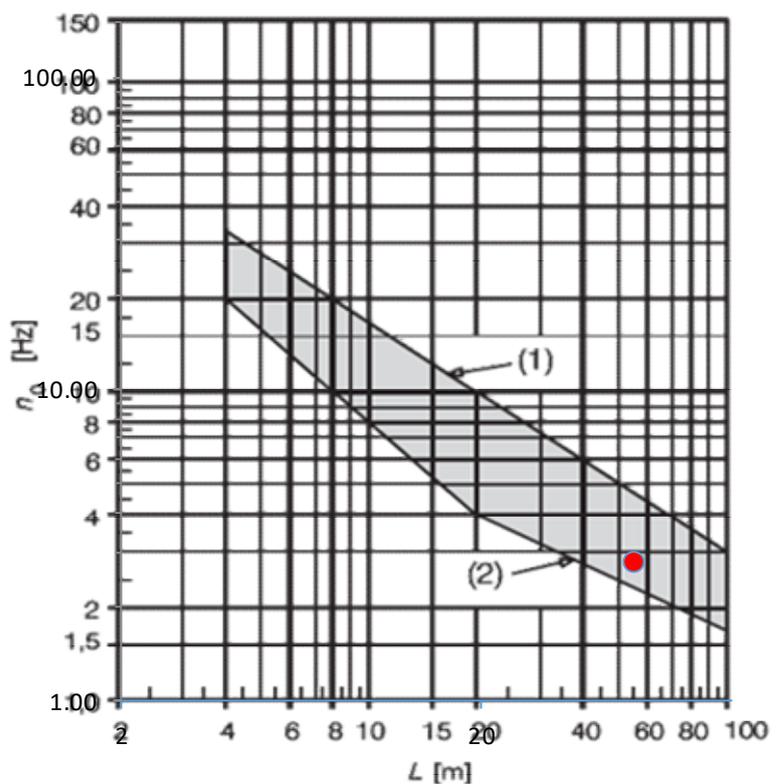
Considerando la prima frequenza propria flessionale dell'impalcato, si valuta la necessità o meno di effettuare analisi dinamiche piuttosto che statiche, in base alle indicazioni del **RFI DTC SI PS MA IFS 001 D** § 2.5.1.4.2.4., verificando che essa ricada nel fuso dei *Limiti della frequenza naturale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

L	53.2	m
---	------	---

$\delta_0$	40.0	mm
$N_0$	2.81	Hz

$\delta_0$ è la freccia in mezzeria dovuta alle azioni permanenti
$N_0$ è la prima frequenza naturale flessionale del ponte

(1)	4.85	Hz
(2)	2.24	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;

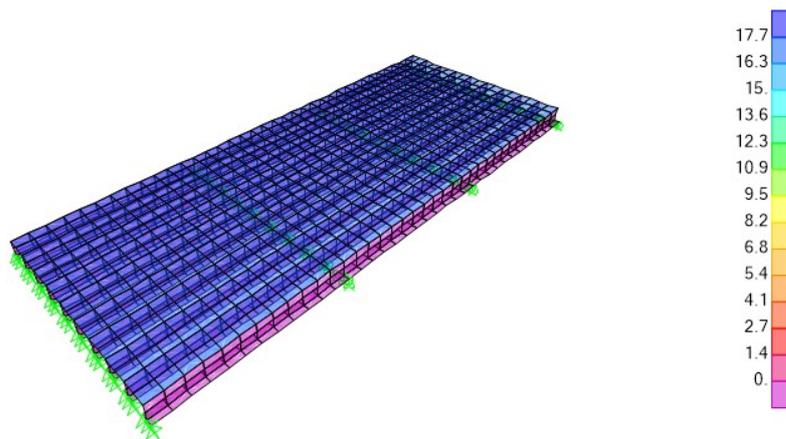


Figura 6\_Carichi permanenti

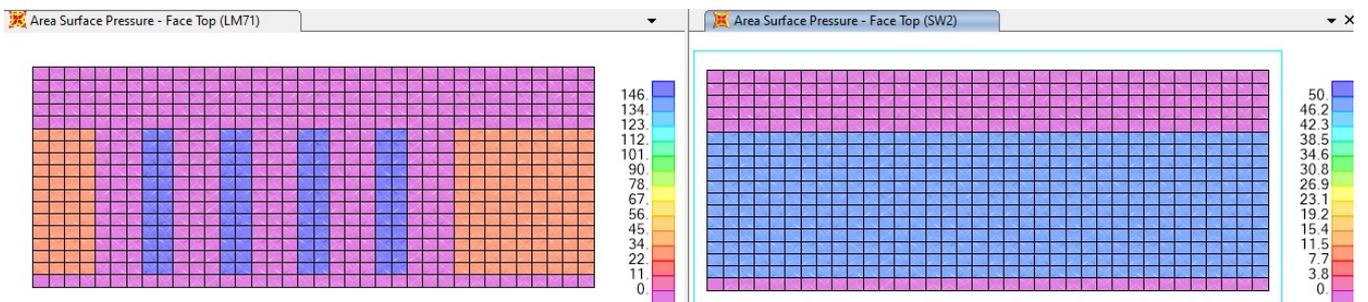


Figura 7\_Carichi da traffico di cui si considera l'involuppo ( LM71 o SW2)

## Sollecitazioni

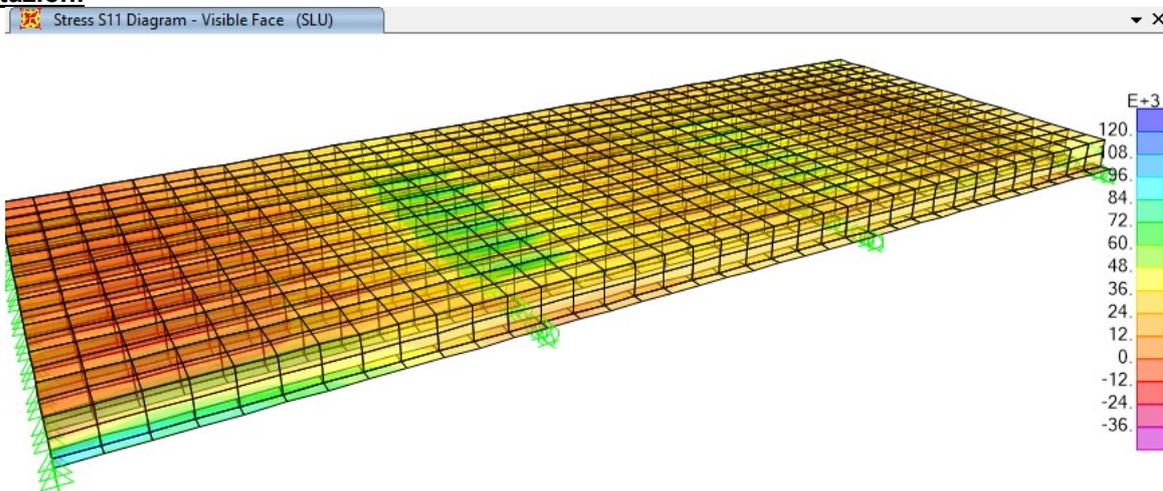


Figura 8\_Sollecitazioni SLU su vasca portaballast

Le verifiche di resistenza risultano pertanto soddisfatte essendo 120 Mpa < 355 Mpa.

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

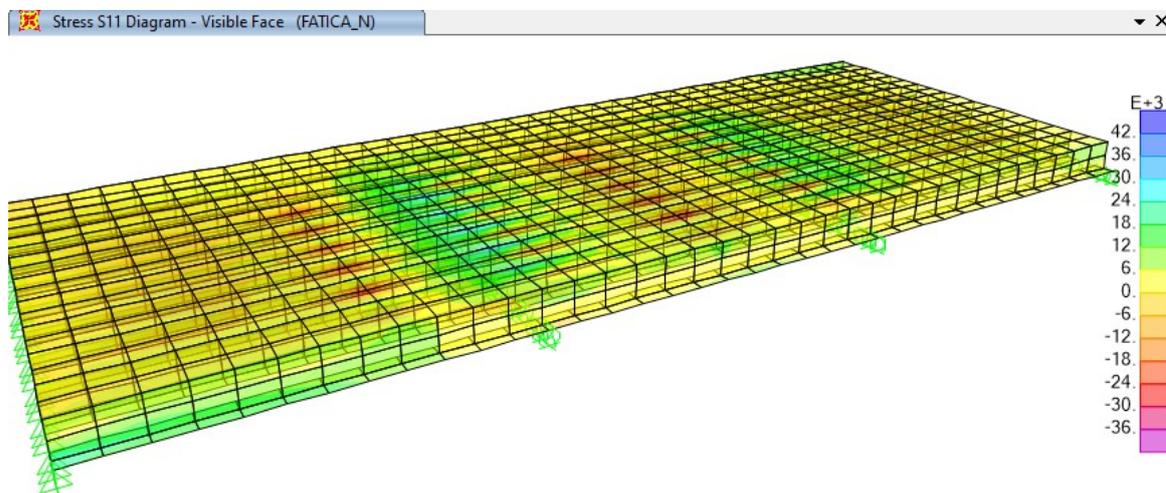


Figura 9\_Sollecitazioni FATICA su vasca portaballast

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	$K_s = 1$	

$$42 \cdot 0.84 = 35.3 \text{ Mpa} < 71/1.35 = 52.6 \text{ Mpa.}$$

la verifica risulta soddisfatta

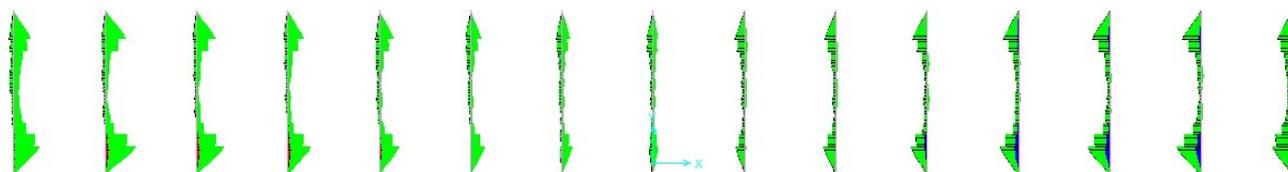
Lo sar  automaticamente per il dettaglio  $\Delta\sigma = 90$  Mpa delle nervature della vasca bullonate alle piattabande superiori dei trasversi.

## 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:

Moment 2-2 Diagram (INV\_SLU)



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  $\Phi 3$ , definiti al paragrafo 4.2.1, differenti per traverso di testata ed intermedio rispettivamente.

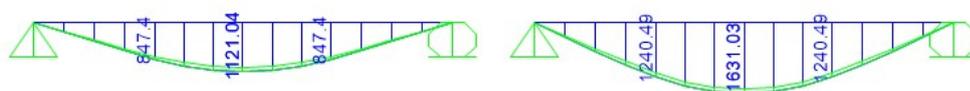
slu  
calcolo forza concentrata modello locale

		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	107	1.36	3.8	2.8	197.4
	sw	119	1.36	3.8	2.8	219.5
testata	lm71	107	2	1.9	2.8	145.4
	sw	119	2	1.9	2.8	161.7

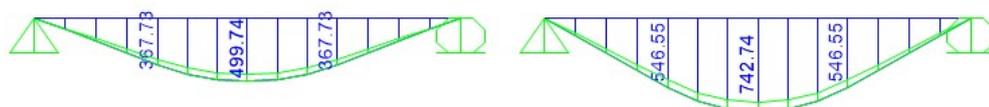
fatica  
calcolo forza concentrata modello locale

		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	107	1.24	3.8	2.8	180.0
	sw	119	1.24	3.8	2.8	200.2
testata	lm71	107	1.67	1.9	2.8	121.1
	sw	119	1.67	1.9	2.8	134.7

Moment 3-3 Diagram (SLU)



Moment 3-3 Diagram (FATICA)



TRAVERSO DI TESTATA		
<i>Caratteristiche del profilo forato</i>		
$A_{NETTA}$	$m^2$	0.076
$A_{anima,NETTA}$	$m^2$	0.0300
$A_{ali,NETTA}$	$m^2$	0.0463
$W_{x,NETTA}$	$m^3$	0.0247
$W_{y,LORDA}$	$m^3$	4.170E-03
<i>Locali</i>		
$M_x$	KNm	847
$T_y$	kN	480
$\sigma_{Mx}$	$N/mm^2$	34.38
$\tau_y$	$N/mm^2$	16.00
$\sigma_{ID_{(anima-piatt.)}}$	$N/mm^2$	44.16
<i>Globali</i>		
N	KN	1480
$M_y$	KNm	680.0
$T_x$	kN	544.4
$\sigma_N$	$N/mm^2$	19.41
$\sigma_{My}$	$N/mm^2$	163.07
$\tau_x$	$N/mm^2$	11.77
$\sigma_{tot}$	$N/mm^2$	216.9
$\sigma_{ID_{(bordo ala)}}$	$N/mm^2$	<b>217.8</b>
$\gamma_{M2} =$	-	1.25
$f_{yk} =$	$N/mm^2$	355
$f_{yd} =$	$N/mm^2$	<b>284</b>
<b>Verifica</b>	<b>soddisfatta</b>	

TRAVERSO INTERMEDIO		
<i>Caratteristiche del profilo</i>		
$A_{NETTA}$	$m^2$	0.068
$A_{anima,NETTA}$	$m^2$	0.0306
$A_{ali,NETTA}$	$m^2$	0.0370
$W_{x,NETTA}$	$m^3$	0.0213
$W_{y,LORDA}$	$m^3$	3.340E-03
<i>Locali</i>		
$M_x$	KNm	1240.5
$T_y$	kN	558.0
$\sigma_{Mx}$	$N/mm^2$	58.38
$\tau_y$	$N/mm^2$	18.24
$\sigma_{ID_{(anima-piatt.)}}$	$N/mm^2$	66.37
<i>Globali</i>		
N	KN	2029
$M_y$	KNm	822.0
$T_x$	kN	689.0
$\sigma_N$	$N/mm^2$	30.01
$\sigma_{My}$	$N/mm^2$	246.11
$\tau_x$	$N/mm^2$	18.62
$\sigma_{tot}$	$N/mm^2$	334.50
$\sigma_{ID_{(bordo ala)}}$	$N/mm^2$	<b>336.1</b>
$\gamma_{M0} =$	-	1.05
$f_{yk} =$	$N/mm^2$	355
$f_{yd} =$	$N/mm^2$	<b>338</b>
<b>Verifica</b>	<b>soddisfatta</b>	

## 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.

$\phi_2 = 1.24$

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - <b>traverso intermedio</b>					
$\gamma_{Mf}$	-				1.35
$\Delta\sigma_C$	N/mm <sup>2</sup>				90
t	mm				40
$k_s$	-				0.89
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$	N/mm <sup>2</sup>				<b>59.28</b>
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
$\lambda_1$	-	0.81	$\lambda_1$	-	0.63
$\lambda_2$	-	1.00	$\lambda_2$	-	1.00
$\lambda_3$	-	1.00	$\lambda_3$	-	1.00
$\lambda_4$	-	1.00	$\lambda_4$	-	1.00
$\lambda_{MAX}$	-	1.40	$\lambda_{MAX}$	-	1.40
$\lambda_{Ed}$	-	0.81	$\lambda_{Ed}$	-	0.63
$\lambda$	-	<b>0.81</b>	$\lambda$	-	<b>0.63</b>
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	25.69	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	49.79
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm <sup>2</sup>	20.76	$\lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm <sup>2</sup>	31.37
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$		N/mm <sup>2</sup>		<b>52.13</b>	
<b>Verifica</b>				<b>soddisfatta</b>	

0.88

Caratteristiche del profilo forato		
$A_{NETTA}$	m <sup>2</sup>	6.76E-02
$W_{x,NETTA}$	m <sup>3</sup>	2.13E-02
$W_{y,NETTA}$	m <sup>3</sup>	2.67E-03
Tensioni - treno		
N	KN	92
$M_x$	KNm	546
$M_y$	KNm	129
$\sigma_N$	N/mm <sup>2</sup>	1.36
$\sigma_{Mx}$	N/mm <sup>2</sup>	25.69
$\sigma_{My}$	N/mm <sup>2</sup>	48.43
$\sigma_{tot}$	N/mm <sup>2</sup>	75.48

$\phi_2 = 1.67$

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - <b>traverso testata</b>					
$\gamma_{Mf}$	-				1.35
$\Delta\sigma_C$	N/mm <sup>2</sup>				90
t	mm				50
$k_s$	-				0.84
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$	N/mm <sup>2</sup>				<b>56.06</b>
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
$\lambda_1$	-	1.15	$\lambda_1$	-	0.63
$\lambda_2$	-	1.00	$\lambda_2$	-	1.00
$\lambda_3$	-	1.00	$\lambda_3$	-	1.00
$\lambda_4$	-	1.00	$\lambda_4$	-	1.00
$\lambda_{MAX}$	-	1.40	$\lambda_{MAX}$	-	1.40
$\lambda_{Ed}$	-	1.15	$\lambda_{Ed}$	-	0.63
$\lambda$	-	<b>1.15</b>	$\lambda$	-	<b>0.63</b>
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	14.93	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	34.49
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm <sup>2</sup>	17.17	$\lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm <sup>2</sup>	21.73
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$		N/mm <sup>2</sup>		<b>38.90</b>	
<b>Verifica</b>				<b>soddisfatta</b>	

0.69

Caratteristiche del profilo forato		
$A_{NETTA}$	m <sup>2</sup>	7.63E-02
$W_{x,NETTA}$	m <sup>3</sup>	2.47E-02
$W_{y,NETTA}$	m <sup>3</sup>	3.34E-03
Tensioni - treno		
N	KN	97.5
$M_x$	KNm	368
$M_y$	KNm	111
$\sigma_N$	N/mm <sup>2</sup>	1.28
$\sigma_{Mx}$	N/mm <sup>2</sup>	14.93
$\sigma_{My}$	N/mm <sup>2</sup>	33.21
$\sigma_{tot}$	N/mm <sup>2</sup>	49.42

## 8.3 TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI

### 8.3.1 Verifiche di resistenza e di instabilità - SLU

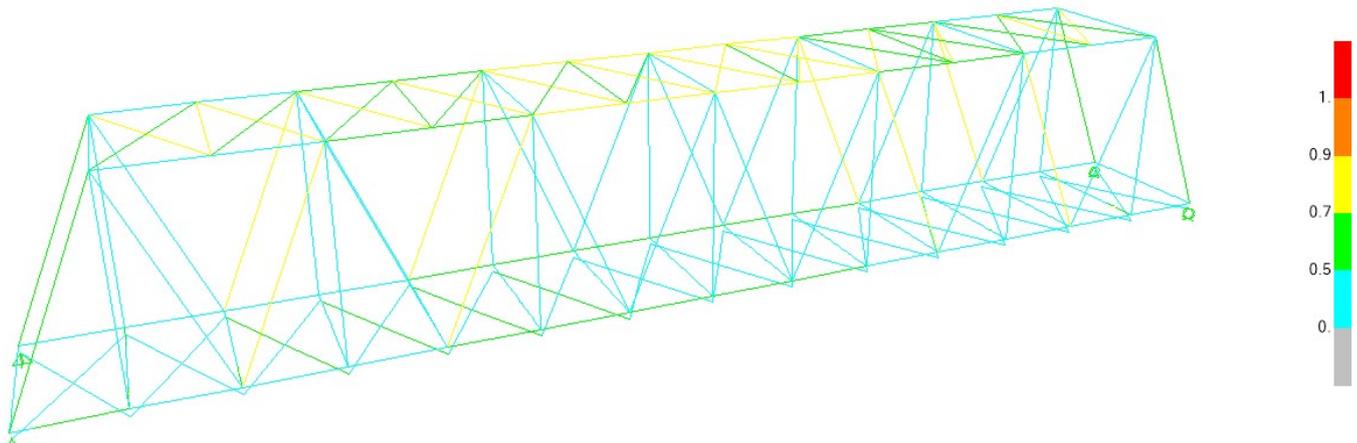


Figura 10\_ Verifica di resistenza valida per elementi di parete e controventi (modello globale)

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	Location	ErrMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text
5	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.621	PMM	INV_SLU	0	No Messages
6	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.605	PMM	INV_SLU	0	No Messages
7	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.114	PMM	INV_SLU	0	No Messages
8	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.097	PMM	INV_SLU	0	No Messages
9	MONTANTI	Column	No Messages	0.107	PMM	INV_SLU	9	No Messages
10	MONTANTI	Column	No Messages	0.143	PMM	INV_SLU	0	No Messages
11	MONTANTI	Column	No Messages	0.174	PMM	INV_SLU	0	No Messages
12	MONTANTI	Column	No Messages	0.159	PMM	INV_SLU	0	No Messages
13	MONTANTI	Column	No Messages	0.108	PMM	INV_SLU	9	No Messages
14	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.406	PMM	INV_SLU	0	No Messages
15	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.719	PMM	INV_SLU	0	No Messages
16	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.322	PMM	INV_SLU	0	No Messages
17	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.728	PMM	INV_SLU	0	No Messages
18	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.171	PMM	INV_SLU	0	No Messages
19	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.352	PMM	INV_SLU	0	No Messages
20	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.359	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
21	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.174	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
22	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.747	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages

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

*Travata reticolare a via inferiore L = 55m singolo binario*  
**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
IA7L 00 D 09 CL VI0209 001 A 37 di 44

23	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.327	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
24	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.736	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
25	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.414	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
28	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.670	PMM	INV_SLU	0	No Messages
29	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.652	PMM	INV_SLU	0	No Messages
30	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.165	PMM	INV_SLU	0	No Messages
31	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.143	PMM	INV_SLU	0	No Messages
32	MONTANTI	Column	No Messages	0.125	PMM	INV_SLU	9	No Messages
33	MONTANTI	Column	No Messages	0.116	PMM	INV_SLU	9	No Messages
34	MONTANTI	Column	No Messages	0.128	PMM	INV_SLU	0	No Messages
35	MONTANTI	Column	No Messages	0.115	PMM	INV_SLU	0	No Messages
36	MONTANTI	Column	No Messages	0.121	PMM	INV_SLU	9	No Messages
37	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.458	PMM	INV_SLU	0	No Messages
38	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.823	PMM	INV_SLU	0	No Messages
39	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.364	PMM	INV_SLU	0	No Messages
40	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.806	PMM	INV_SLU	0	No Messages
41	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.202	PMM	INV_SLU	0	No Messages
42	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.367	PMM	INV_SLU	0	No Messages
43	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.362	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
44	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.200	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
45	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.797	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
46	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.362	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
47	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.810	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
48	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.451	PMM	INV_SLU	9.76934	No Messages
74	cv sup	Beam	No Messages	0.681	PMM	INV_SLU	0	No Messages
75	cv sup	Beam	No Messages	0.719	PMM	INV_SLU	0	No Messages
76	cv sup	Beam	No Messages	0.654	PMM	INV_SLU	0	No Messages
77	cv sup	Beam	No Messages	0.775	PMM	INV_SLU	0	No Messages
78	cv sup	Beam	No Messages	0.685	PMM	INV_SLU	0	No Messages
79	cv sup	Beam	No Messages	0.755	PMM	INV_SLU	0	No Messages
80	cv sup	Beam	No Messages	0.717	PMM	INV_SLU	0	No Messages
81	cv sup	Beam	No Messages	0.710	PMM	INV_SLU	0	No Messages
82	cv sup	Beam	No Messages	0.738	PMM	INV_SLU	0	No Messages
83	cv sup	Beam	No Messages	0.671	PMM	INV_SLU	0	No Messages
84	cv sup	Beam	No Messages	0.696	PMM	INV_SLU	0	No Messages
85	cv sup	Beam	No Messages	0.691	PMM	INV_SLU	0	No Messages
86	cv sup	Beam	No Messages	0.839	PMM	INV_SLU	0	No Messages
87	cv sup	Beam	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU	0	No Messages
88	cv sup	Beam	No Messages	0.797	PMM	INV_SLU	0	No Messages
89	cv sup	Beam	No Messages	0.655	PMM	INV_SLU	0	No Messages
90	cv sup	Beam	No Messages	0.768	PMM	INV_SLU	0	No Messages
91	cv sup	Beam	No Messages	0.691	PMM	INV_SLU	0	No Messages

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

*Travata reticolare a via inferiore L = 55m singolo binario*  
**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
IA7L 00 D 09 CL VI0209 001 A 38 di 44

92	cv sup	Beam	No Messages	0.715	PMM	INV_SLU	0	No Messages
93	cv sup	Beam	No Messages	0.726	PMM	INV_SLU	0	No Messages
94	cv sup	Beam	No Messages	0.672	PMM	INV_SLU	0	No Messages
95	cv sup	Beam	No Messages	0.758	PMM	INV_SLU	0	No Messages
96	cv sup	Beam	No Messages	0.604	PMM	INV_SLU	0	No Messages
97	cv sup	Beam	No Messages	0.816	PMM	INV_SLU	0	No Messages
98	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.782	PMM	INV_SLU	0.49286	No Messages
99	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.694	PMM	INV_SLU	0.49286	No Messages
100	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.673	PMM	INV_SLU	0.49286	No Messages
101	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.673	PMM	INV_SLU	0.49286	No Messages
102	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.693	PMM	INV_SLU	0.49286	No Messages
103	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.781	PMM	INV_SLU	0.49286	No Messages
1	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.381	PMM	INV_SLU	0	No Messages
2	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU	0	No Messages
3	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.625	PMM	INV_SLU	0	No Messages
26	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.630	PMM	INV_SLU	0	No Messages
49	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.712	PMM	INV_SLU	0	No Messages
50	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.715	PMM	INV_SLU	0	No Messages
51	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.715	PMM	INV_SLU	0	No Messages
52	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.714	PMM	INV_SLU	0	No Messages
53	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.631	PMM	INV_SLU	0	No Messages
54	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.627	PMM	INV_SLU	0	No Messages
55	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.386	PMM	INV_SLU	0	No Messages
56	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.382	PMM	INV_SLU	0	No Messages
57	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.418	PMM	INV_SLU	0	No Messages
58	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.411	PMM	INV_SLU	0	No Messages
59	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.668	PMM	INV_SLU	0	No Messages
60	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.663	PMM	INV_SLU	0	No Messages
61	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.750	PMM	INV_SLU	0	No Messages
62	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.748	PMM	INV_SLU	0	No Messages
63	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.747	PMM	INV_SLU	0	No Messages
64	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0.747	PMM	INV_SLU	0	No Messages
65	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.659	PMM	INV_SLU	0	No Messages
67	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.662	PMM	INV_SLU	0	No Messages
132	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.405	PMM	INV_SLU	0	No Messages
133	BRIGLIA_SUP1	Beam	No Messages	0.411	PMM	INV_SLU	0	No Messages
134	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.265	PMM	INV_SLU	0	No Messages
135	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.265	PMM	INV_SLU	0	No Messages
136	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU	0	No Messages
137	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU	0	No Messages
138	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.359	PMM	INV_SLU	0	No Messages
139	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.359	PMM	INV_SLU	0	No Messages

140	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.574	PMM	INV_SLU	0	No Messages
141	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.574	PMM	INV_SLU	0	No Messages
142	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.370	PMM	INV_SLU	0	No Messages
143	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.370	PMM	INV_SLU	0	No Messages
144	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.502	PMM	INV_SLU	0	No Messages
145	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.502	PMM	INV_SLU	0	No Messages
146	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.375	PMM	INV_SLU	0	No Messages
147	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.375	PMM	INV_SLU	0	No Messages
148	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.427	PMM	INV_SLU	0	No Messages
149	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.427	PMM	INV_SLU	0	No Messages
150	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.421	PMM	INV_SLU	0	No Messages
151	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.421	PMM	INV_SLU	0	No Messages
152	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.401	PMM	INV_SLU	0	No Messages
153	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.401	PMM	INV_SLU	0	No Messages
154	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.489	PMM	INV_SLU	0	No Messages
155	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.489	PMM	INV_SLU	0	No Messages
156	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.384	PMM	INV_SLU	0	No Messages
157	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.384	PMM	INV_SLU	0	No Messages
158	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.330	PMM	INV_SLU	0	No Messages
159	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.330	PMM	INV_SLU	0	No Messages
160	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.274	PMM	INV_SLU	0	No Messages
161	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.274	PMM	INV_SLU	0	No Messages
162	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.477	PMM	INV_SLU	0	No Messages
163	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.477	PMM	INV_SLU	0	No Messages
164	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.273	PMM	INV_SLU	0	No Messages
165	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.273	PMM	INV_SLU	0	No Messages
166	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.555	PMM	INV_SLU	0	No Messages
167	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.555	PMM	INV_SLU	0	No Messages
168	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.401	PMM	INV_SLU	0	No Messages
169	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.401	PMM	INV_SLU	0	No Messages
170	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.501	PMM	INV_SLU	0	No Messages
171	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.501	PMM	INV_SLU	0	No Messages
172	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU	0	No Messages
173	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU	0	No Messages
174	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.442	PMM	INV_SLU	0	No Messages
175	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.442	PMM	INV_SLU	0	No Messages
176	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.377	PMM	INV_SLU	0	No Messages
177	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.377	PMM	INV_SLU	0	No Messages
178	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.420	PMM	INV_SLU	0	No Messages
179	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.420	PMM	INV_SLU	0	No Messages
180	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.416	PMM	INV_SLU	0	No Messages
181	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.416	PMM	INV_SLU	0	No Messages

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

*Travata reticolare a via inferiore L = 55m singolo binario*  
**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
IA7L 00 D 09 CL VI0209 001 A 40 di 44

182	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.429	PMM	INV_SLU	0	No Messages
183	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.429	PMM	INV_SLU	0	No Messages
184	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.456	PMM	INV_SLU	0	No Messages
185	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.456	PMM	INV_SLU	0	No Messages
186	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.281	PMM	INV_SLU	0	No Messages
187	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.281	PMM	INV_SLU	0	No Messages
188	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.369	PMM	INV_SLU	0	No Messages
189	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.369	PMM	INV_SLU	0	No Messages
674	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.282	PMM	INV_SLU	0	No Messages
675	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.449	PMM	INV_SLU	2.85	No Messages
676	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.451	PMM	INV_SLU	0	No Messages
677	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.521	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
678	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.527	PMM	INV_SLU	0	No Messages
679	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.542	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
680	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.541	PMM	INV_SLU	0	No Messages
681	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.510	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
682	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.499	PMM	INV_SLU	0	No Messages
683	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.409	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
684	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.400	PMM	INV_SLU	0.95	No Messages
685	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.172	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
688	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.234	PMM	INV_SLU	0.475	No Messages
689	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.463	PMM	INV_SLU	2.85	No Messages
690	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.483	PMM	INV_SLU	0	No Messages
691	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.583	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
692	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.597	PMM	INV_SLU	0	No Messages
693	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.627	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
694	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.628	PMM	INV_SLU	0	No Messages
695	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
696	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.584	PMM	INV_SLU	0	No Messages
697	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.478	PMM	INV_SLU	3.8	No Messages
698	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.459	PMM	INV_SLU	0.475	No Messages
699	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.211	PMM	INV_SLU	2.85	No Messages
4	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.343	PMM	INV_SLU	0	No Messages
117	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.527	PMM	INV_SLU	0	No Messages
254	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.236	PMM	INV_SLU	3.1	No Messages
261	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.160	PMM	INV_SLU	0.7	No Messages
268	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.272	PMM	INV_SLU	0	No Messages
275	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.400	PMM	INV_SLU	0	No Messages
282	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.260	PMM	INV_SLU	3.1	No Messages
289	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.174	PMM	INV_SLU	0.7	No Messages

### 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**

$L\phi = 53.2$  m lunghezza caratteristica  
 $\phi 2 = 1.023$  deve essere compreso tra 1 e 1,67

**DIAGONALI interm. e montanti**

$L\phi = 53.2$  m lunghezza caratteristica  
 $\phi 2 = 1.023$  deve essere compreso tra 1 e 1,67

**DIAGONALI estremità**

$L\phi = 21.3$  m lunghezza caratteristica  
 $\phi 2 = 1.15$  deve essere compreso tra 1 e 1,67

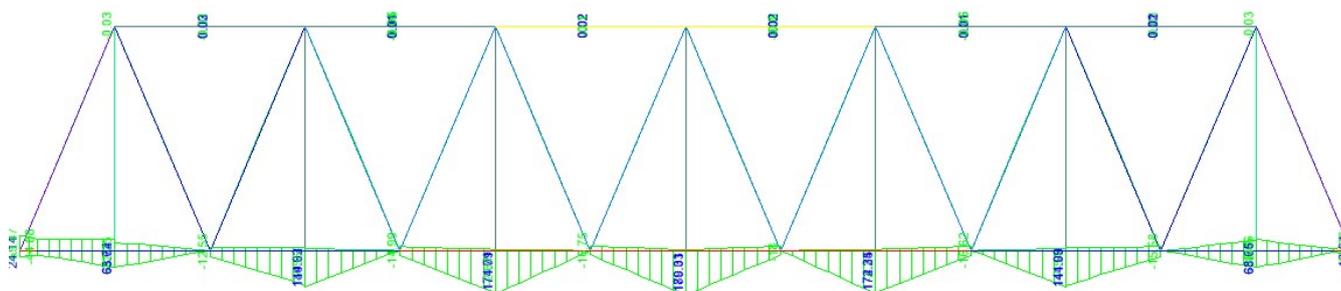


Figura 11\_Sollecitazioni flettenti FATICA

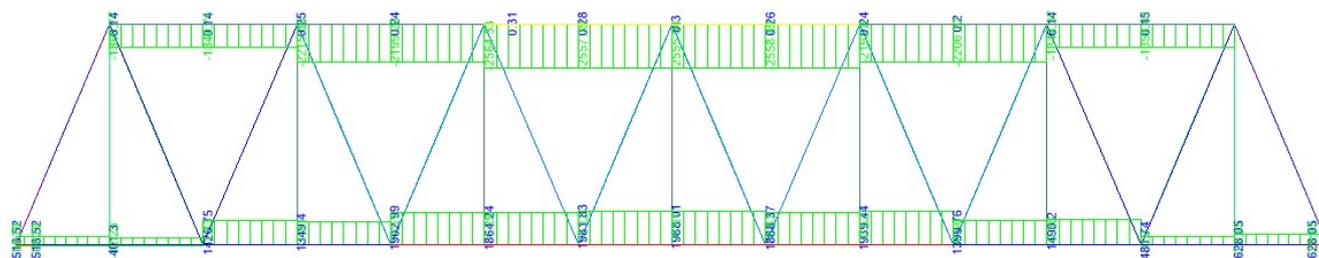


Figura 12\_Sforzo assiale FATICA

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

	spess min	ks	$\lambda$	$\gamma_{mf}$	area	sez giunto bullonato						sez P+M max									
						area netta	P	$\sigma_{Np}$	$\Delta\sigma_c$	$\sigma_{ed}$	$\sigma_{lim}$	test	W	P	M3	$\sigma_N$	$\sigma_M$	$\Delta\sigma_c$	$\sigma_{ed}$	$\sigma_{lim}$	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	<b>0.63</b>	1.35	0.0348	0.028	1229.4	44.2	90	27.82	63.70	ok	0.0074	1222.7	23.0	35.1	3.1	125	24.10	88.47	ok
diag. Interm.1	30	0.96	<b>0.63</b>	1.35	0.0408	0.033	1668.8	51.1	90	32.21	63.70	ok	0.009	1668.8	15.7	40.9	1.7	125	26.87	88.47	ok
diag. estrem.	40	0.89	<b>0.67</b>	1.35	0.0636	0.051	-2153.7	-42.3	90	28.36	59.28	ok	0.0137	-2153.7	-119.7	-33.9	-8.7	125	28.54	82.33	ok
briglia inf	35	0.92	<b>0.63</b>	1.35	0.0625	0.050	1988.0	39.8	90	25.05	61.29	ok	0.0079	1988.0	180.0	31.8	22.7	125	34.36	85.12	ok
briglia sup	30	0.96	<b>0.63</b>	1.35	0.0625	0.050	-2564.5	-51.3	90	32.31	63.70	ok	0.0092	-2564.5	-0.1	-41.0	0.0	125	25.86	88.47	ok
controventi	20	1.00	<b>0.63</b>	1.35	0.0070	0.006	175.8	31.4	90	19.77	66.67	ok	7E-05	175.8	0.0	25.1	0.0	125	15.82	92.59	ok
montanti	30	0.96	<b>0.63</b>	1.35	0.0210	0.017	354.9	21.1	90	43.31	63.70	ok	0.0042	327.3	84.9	15.6	20.5	125	22.71	88.47	ok

$\sigma_{ed} = (\sigma_M + \sigma_N) \cdot \lambda$

$\sigma_{lim} = \sigma_c \cdot k_s \cdot \gamma_{mf}$

Le verifiche risultano soddisfatte

## 9 VERIFICHE SLE

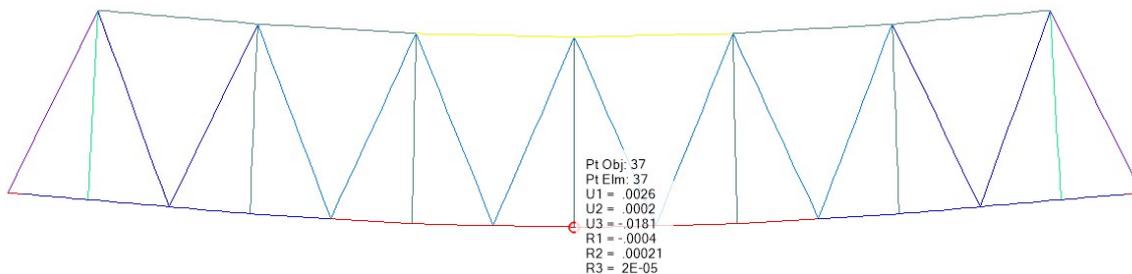
### 9.1 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale

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  $\alpha$ .

#### LM71

Abbassamento 18.1mm < L/1000 = 53 mm



#### Stati limite per il comfort dei passeggeri

$$\delta_v = 18.1\text{mm}$$

$$L / \delta_v = 53200 / 18.1 = 2939 > 1000$$

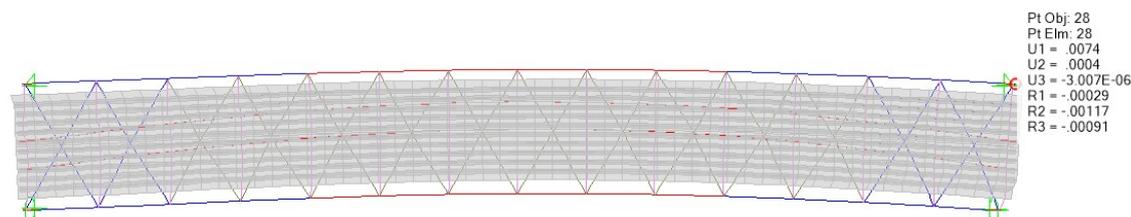
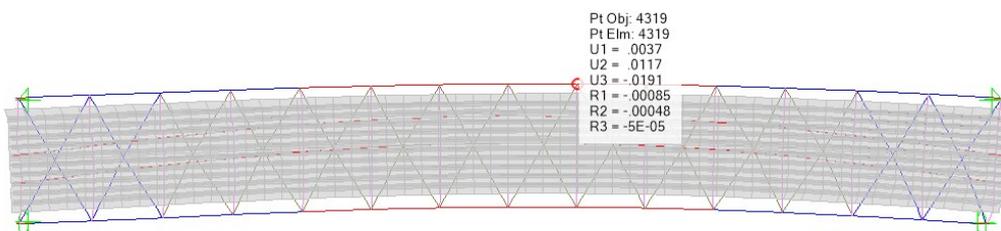
### 9.2 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale

Considerando la presenza del treno di carico LM71, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ , 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:  $R = \frac{L^2}{8 \cdot \delta_h}$

$\delta_h = 11.7 \text{ mm}$

RAGGIO MINIMO DI CURVATURA: R = 30237m > 1700m

VARIAZIONE ANGOLARE MASSIMA: 0.00117 < 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
7560	3000	7560	3000	7560	3000	7560

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.