

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4B)

RELAZIONE DI CALCOLO

Travata reticolare a via inferiore doppio binario – P.T. 68.25 m

SCALA:

-

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

RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Verificato	Data
A	Emissione Esecutiva	L.Genca <i>LD</i>	Nov. 2019	F.Bonifacio <i>[Signature]</i>	Nov. 2019	F.Sparacino <i>[Signature]</i>	Nov. 2019		

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

Verificato Data
Vittozzi
Nov. 2019

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	ESECUZIONE DEL MANUFATTO	4
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.....	22
6.1.1	SEZIONI	23
7	VERIFICHE SLU	27
7.1	PIASTRA CON NERVATURE LONGITUDINALI	27
7.1.1	Verifiche di resistenza - SLU	27
7.2	TRAVERSI.....	30
7.2.1	Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico).....	30
7.2.2	Verifiche a fatica	32
7.3	TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI.....	34
7.3.1	Verifiche di resistenza e di instabilità – SLU	34

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS3V	40	D	09	CL VI0007	003 A	3 di 47

7.3.2	Verifiche a fatica	42
8	ANALISI MODALE	43
8.1	Verifica della prima frequenza flessionale.....	44
9	VERIFICHE SLE.....	45
9.1	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale	45
9.2	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale.....	46
10	REAZIONI VINCOLARI	47

1 PREMESSA

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

In particolare, la presente relazione di calcolo fa riferimento alla campata a doppio binario semplicemente appoggiata con luce pari a 70m e portata teorica pari a 68.25m.

La travata metallica, con armamento su ballast, è del tipo "a maglia triangolare" a via inferiore chiusa superiormente. La campata è costituita da 14 scomparti lunghi 4.875m, con altezza baricentrica variabile tra 9.5 m e 12 m in mezzeria, interasse delle pareti di 9.94 m ed ampiezza della cassetta pari a 800mm. L'impalcato è costituito da una vasca portaballast metallica con nervature saldate a T e da traversi in composizione saldata di altezza pari a 1550 mm. Le nervature verranno vincolate all'estradosso dei traversi tramite bullonature. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 2789 mm. I controventi inferiori e superiori sono previsti sia ricavati da profili laminati che in composizione saldata. Tutte le giunzioni in opera fra i vari elementi strutturali sono previste con bulloni A.R. di classe 8.8 a taglio.

1.1 ESECUZIONE DEL MANUFATTO

La soluzione ipotizzata per il montaggio dell'opera in oggetto (soluzione possibile), prevede un varo di punta con avambecco. In alternativa si può prevedere un sollevamento dal basso a mezzo autogrù previa predisposizione di stilate metalliche provvisorie.

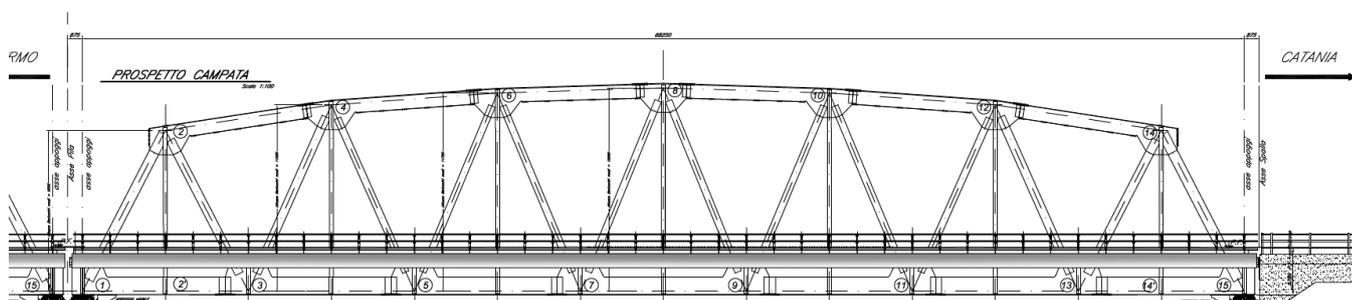


Figura 1_Prospetto

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

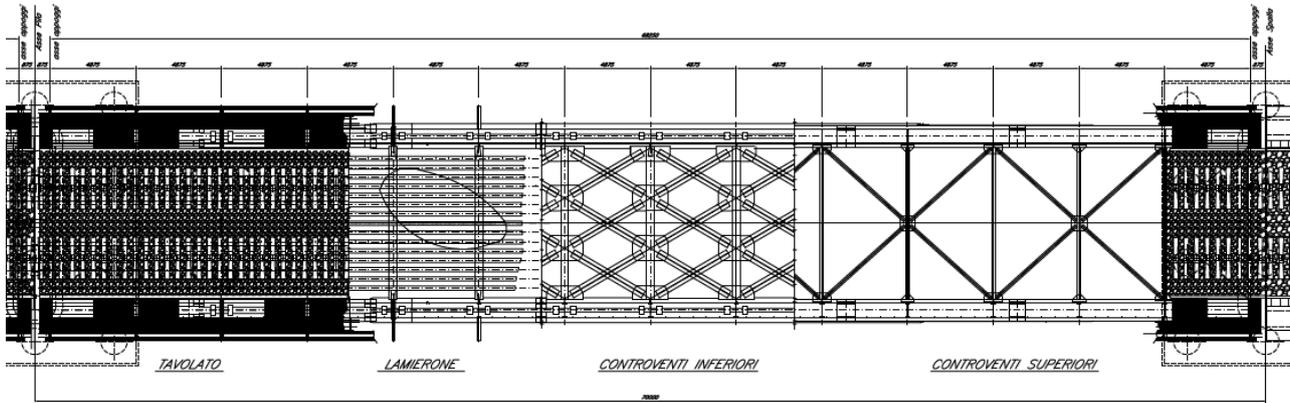
Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
5 di 47

PIANTA CAMPATA



SEZIONE

Scala 1:50

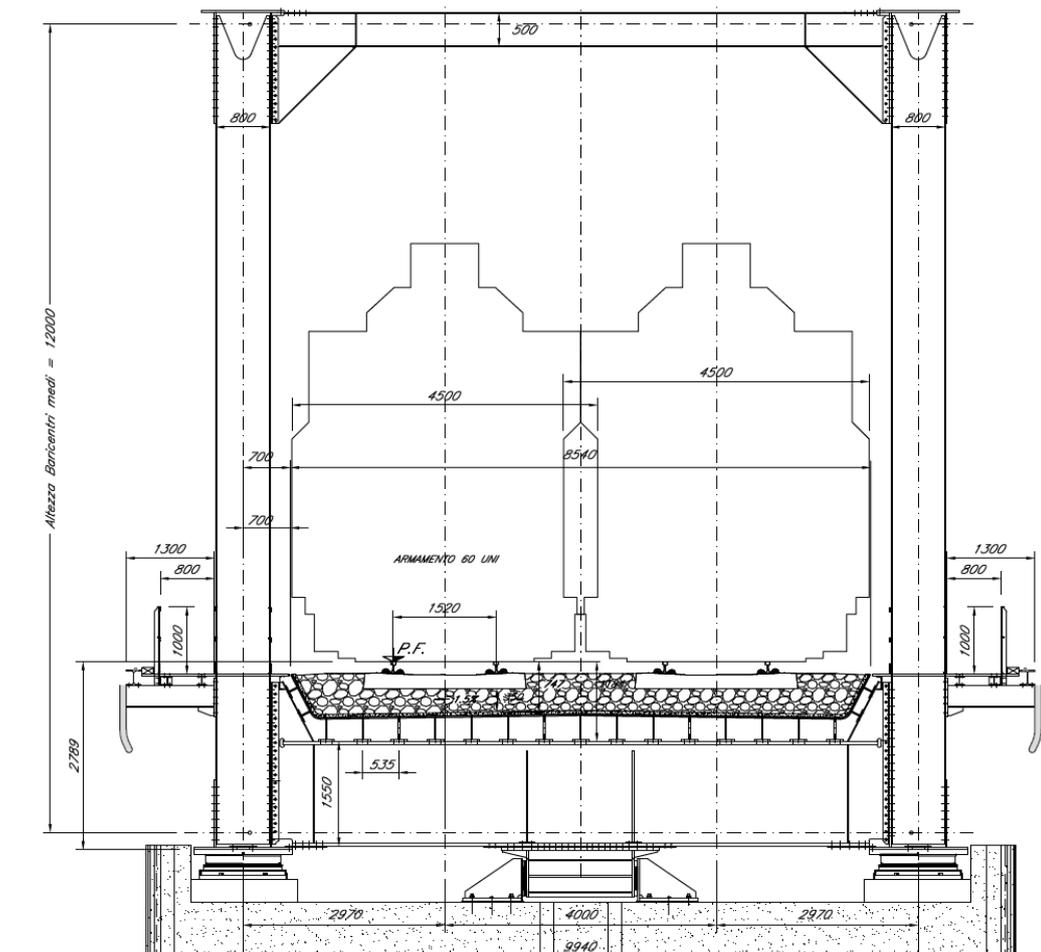


Figura 2_pianta e sezione trasversale

[Digitare qui]

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 C:** *Manuale di progettazione delle Opere Civili.* Emissione per applicazione del 21/12/2018;
- [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:

- [N1] **UNI EN 1991-1-4:2005:** *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;*
- [N2] **UNI EN 1992-1-1:2005:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N3] **UNI EN 1992-2:2006:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;*
- [N4] **UNI EN 1993-1-1:2005:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N5] **UNI EN 1993-2:2007:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;*
- [N6] **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;*
- [N7] **UNI EN 1998-2:2006:** *Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;*
- [N7] **STI 2014 – 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).

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS3V	40	D	09	CL VI0007	003 A	7 di 47

3 MATERIALI IMPIEGATI

ACCIAIO

Acciaio secondo EN 10025, DM 17.1.2018 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.) = **145 kN/m** (valore stimato da modello già amplificato del 25%, per tenere in conto piattì, saldature, bullonature e piolature);

4.1.2 Carichi permanenti portati

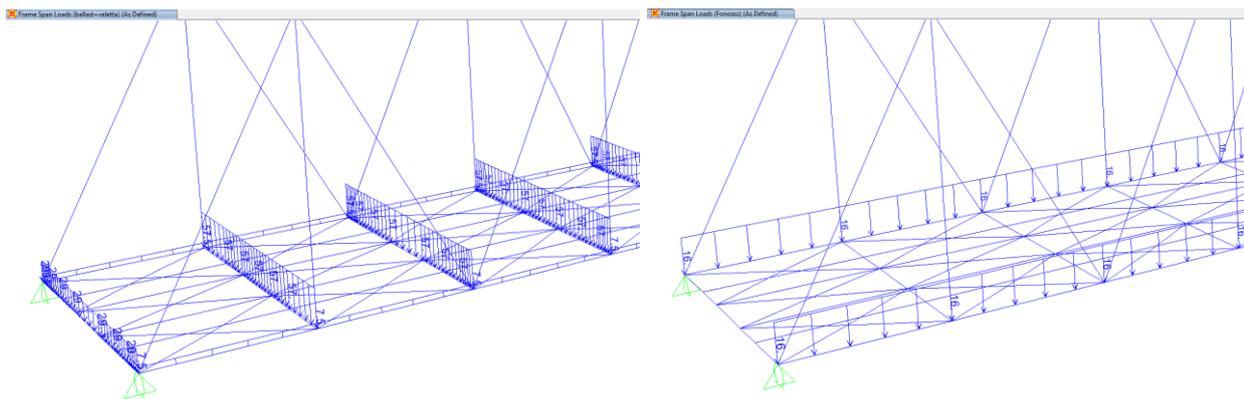
Valori complessivi per l'intera larghezza di impalcato

Ballast + armamento + impermeabilizzazione = $8.1 \cdot 0.80 \cdot 18 = 14.4 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ **116.6 kN/m**

Barriere antirumore o parapetti = $2.4 \text{ m} \cdot 4 \text{ kN/m}^2 =$ **32 kN/m**

Velette in c.a + camminamenti e parapetti = **15 kN/m**

Totale carichi permanenti portati = **164 kN/m**



4.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

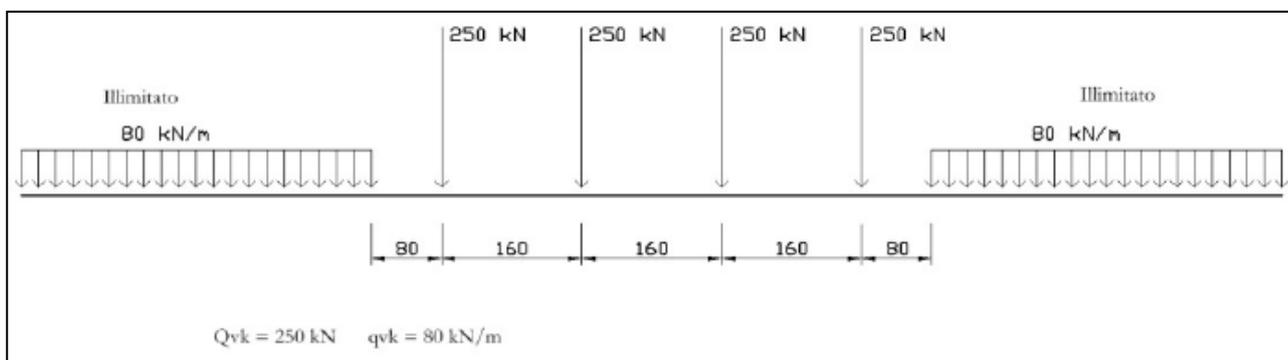
4.2.1 Treni di carico

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

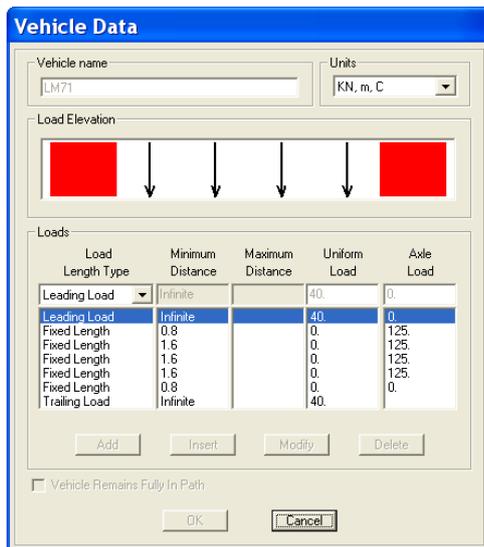
Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta costituito da:

- 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.



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

Ogni rotaia è stata caricata con la seguente azione verticale:



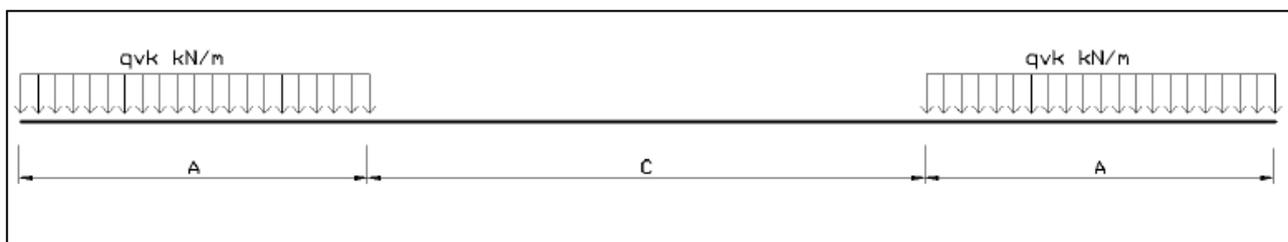
Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		40.	0.
Leading Load	Infinite		40.	0.
Fixed Length	0.8	0.	0.	125.
Fixed Length	1.6	0.	0.	125.
Fixed Length	1.6	0.	0.	125.
Fixed Length	1.6	0.	0.	125.
Fixed Length	0.8	0.	0.	0.
Trailing Load	Infinite		40.	0.

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:

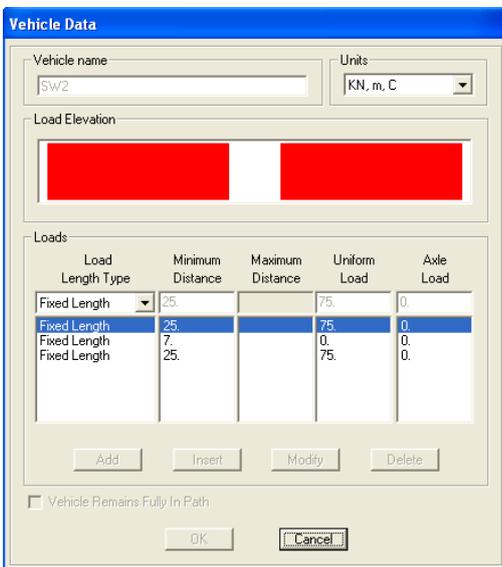
- due stese di carico di intensità 150 kN/m, lunghe 25.00 m distanziate da un lasco di 7.00 m.



Sulla singola rotaia risulta:

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

[Digitare qui]



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:

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

- Travi principali $L_\Phi = L = 68.25 \text{ m}$;

$$\Phi_3 = 1$$

- Nervature longitudinali $i = 4.875 \text{ m}$; $L_\Phi = 3 * 4.875 = 14.625 \text{ m}$

$$\Phi_3 = 1.33$$

- Travi trasversali intermedie $L = 9.94 \text{ m}$; $L_\Phi = 2 * L = 2 * 9.94 \text{ m} = 19.88 \text{ m}$

$$\Phi_3 = 1.24$$

- 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 [N5].

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

- Travi principali $\Phi_3 = 1.0$
- Nervature longitudinali $\Phi_3 = 1.22$
- Travi trasversali intermedie $\Phi_3 = 1.16$
- Travi trasversali 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.

4.2.2.2 Avviamento e frenatura

Avviamento:

$$Q_{ak} = 33 * L \leq 1000 \text{ kN}$$

Treno LM71

$$Q_{ak} = 33 * 68.25 * 1.1 = 2478 \text{ kN};$$

Treno SW2

$$Q_{ak} = 33 * (68.25 - 7) * 1 = 2021 \text{ kN}$$

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

[Digitare qui]

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

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

Treno LM71

$$Q_{bk} = 20 * 68.25 * 1.1 = 1501.5 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{bk} = 35 * (68.25 - 7) = 2144 \text{ kN}$$

Per il treno di carico LM71 le precedenti forze devono essere moltiplicate per il coefficiente $\alpha = 1.1$.

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.

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..

L'andamento planimetrico in corrispondenza del viadotto è rettilineo, pertanto non si considera presente la forza centrifuga.

4.3 AZIONI CLIMATICHE

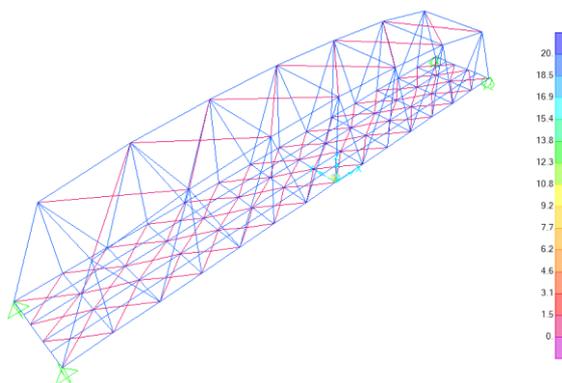
4.3.1 Variazione termica

Nelle verifiche dei singoli elementi è stata considerata una variazione termica uniforme, una variazione volumetrica ed una variazione termica non uniforme secondo quanto indicato sul Manuale di Progettazione RFI [N5].

Variazione termica uniforme

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l'impalcato in acciaio pari a $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

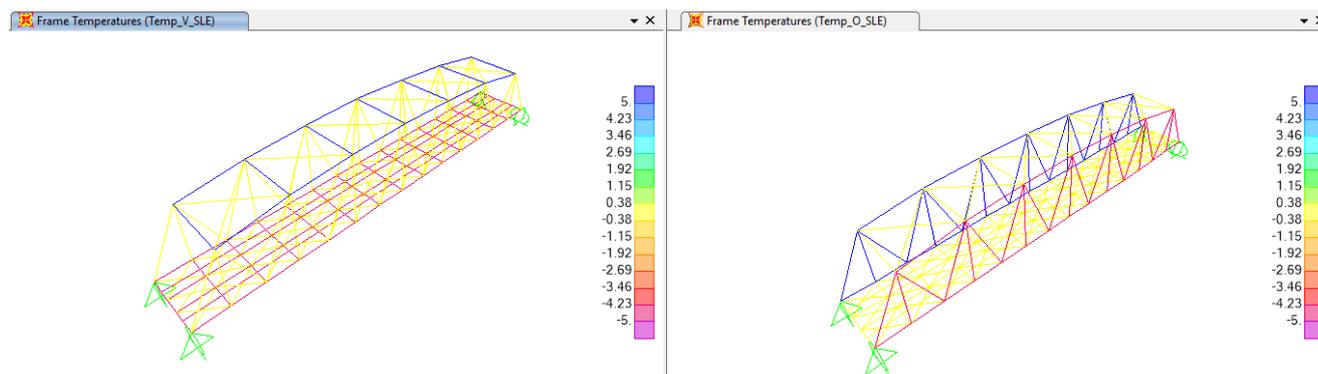
Per la determinazione delle escursioni degli apparecchi di appoggio è stata considerata una variazione termica uniforme di $20^{\circ} \cdot 1.5 = 30^{\circ}\text{C}$



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 .



[Digitare qui]

4.3.2 Azione della neve

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

4.3.3 Azione del vento

Il calcolo della pressione del vento viene effettuato in accordo alle NTC18

Calcolo dell'AZIONE DEL VENTO [NTC 18 - par. 3.3]					
REGIONE		Zona	$v_{ref,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
Sicilia e provincia di Reggio Calabria		4	28	500	0.36
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	200	28.0	28.0	490.72
Classe di rugosità del terreno			Categoria di esposizione del sito		
Aree prive di ostacoli			oltre 30 km dalla costa, sotto i 500 m		
D			II		
Coefficiente di topografia			c_t	1.00	
Coefficiente di esposizione					
k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	z [m]	Ulteriori coefficienti	
0.19	0.05	4.00	21.00	c_d	1.00
c_e			2.84		
				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]	255	φ	0.28	
	s [m ²]	923			
Altezza della travata	h [m]	13.5	1 ^a travata 2 ^a travata		
Distanza tra le travate	d [m]	6.24			
	d/h	0.46	$c_{p,1}$ $c_{p,2}$		
	μ	0.668	1.63 1.09		
Pressione del vento		$T_R = 50$ anni			
pressione del vento travata esposta		$p_{,1}$ [N/m ²]	2277		
pressione del vento travata successiva		$p_{,2}$ [N/m ²]	1522		
azione tangenziale del vento		p_f [N/m ²]	14		

67%

4.4 EFFETTI AERODINAMICI

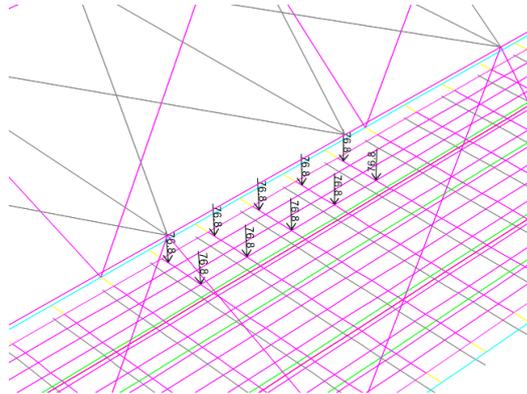
Superfici verticali parallele al binario

Per una distanza ag dall'asse del binario pari a 3 m, e per una velocità massima di percorrenza pari a 200 km/h, il valore caratteristico dell'azione sul pannello è di 0.45 kN/m².

4.5 AZIONI ECCEZIONALI

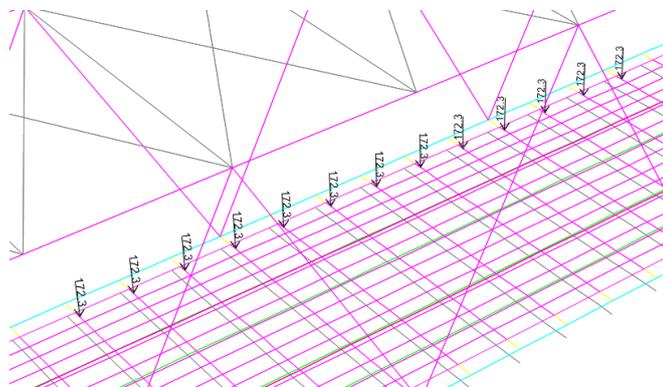
Deragliamento schema 1

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 1.5s.



Deragliamento schema 2

È stato considerato un carico lineare di lunghezza 20m, intensità 80*1.4 kN/m, eccentrico di 1.5s (2.15m) 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.

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

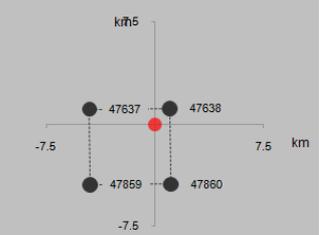
Interpolazione

superficie rigata



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



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 - $P_{VR} = 81\%$	68
SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	
SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

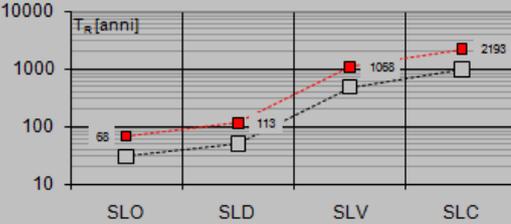
Tabella parametri azione

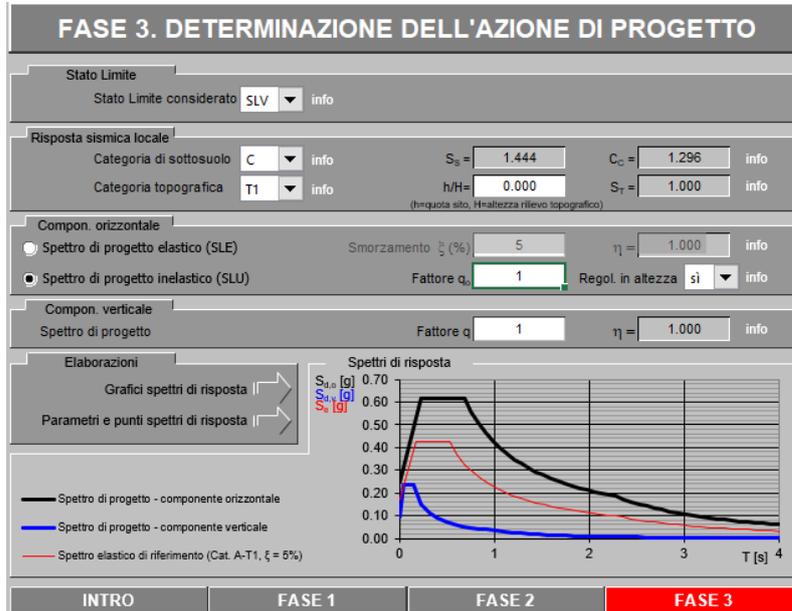
LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

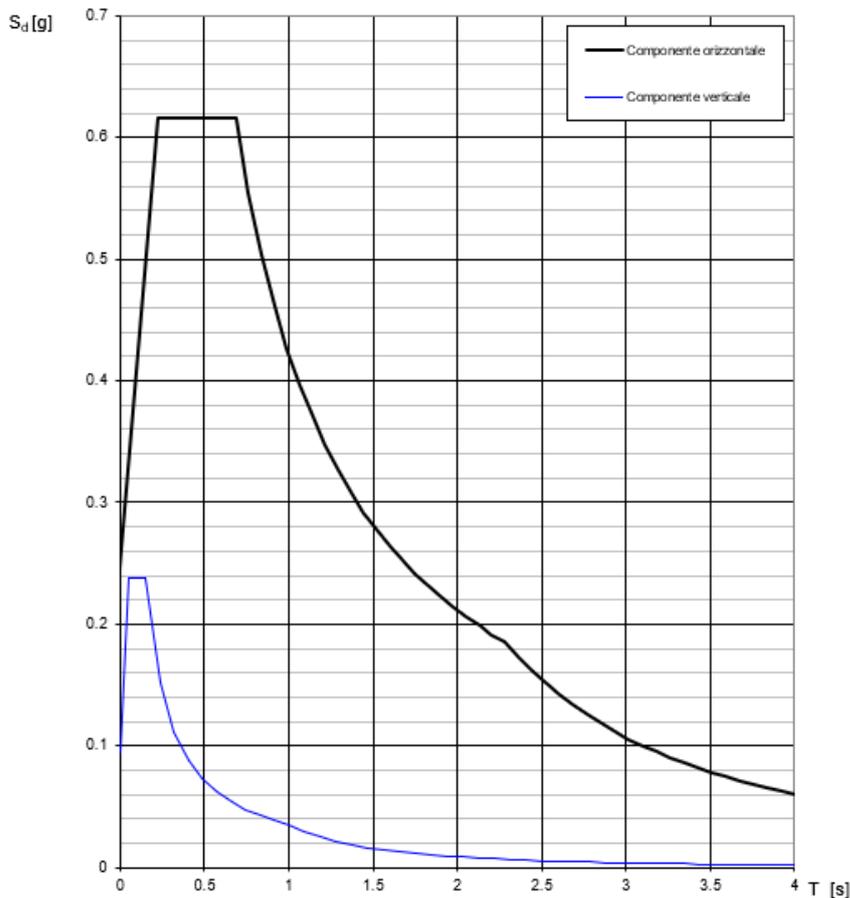
---■--- Strategia scelta

Strategia di progettazione





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



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.170 g
F_o	2.511
T_C^*	0.529 s
S_S	1.444
C_C	1.296
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.444
η	1.000
T_B	0.228 s
T_C	0.685 s
T_D	2.280 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_o(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.246
$T_B \leftarrow$	0.228	0.617
$T_C \leftarrow$	0.685	0.617
	0.761	0.555
	0.837	0.505
	0.913	0.463
	0.989	0.427
	1.065	0.397
	1.141	0.370
	1.217	0.347
	1.293	0.327
	1.369	0.309
	1.445	0.292
	1.521	0.278
	1.597	0.265
	1.673	0.253
	1.749	0.242
	1.825	0.232
	1.901	0.222
	1.977	0.214
	2.052	0.206
	2.128	0.199
	2.204	0.192
$T_D \leftarrow$	2.280	0.185
	2.362	0.173
	2.444	0.161
	2.526	0.151
	2.608	0.142
	2.690	0.133
	2.772	0.125
	2.854	0.118
	2.935	0.112
	3.017	0.106
	3.099	0.100
	3.181	0.095
	3.263	0.091
	3.345	0.086
	3.427	0.082
	3.509	0.078
	3.591	0.075
	3.672	0.071
	3.754	0.068
	3.836	0.065
	3.918	0.063
	4.000	0.060

5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate come previsto da Manuale di progettazione [N5].

COEFFICIENTI DI COMB.			A1 STR
Carichi permanenti	<i>sfav</i>	Y_{G1}	1.35
	<i>fav</i>		1
Carichi permanenti non strutturali	<i>sfav</i>	Y_{G2}	1.5
	<i>fav</i>		0
Traffico	<i>sfav</i>	Y_Q	1.45
	<i>fav</i>		0
Variabili	<i>sfav</i>	Y_{Qi}	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

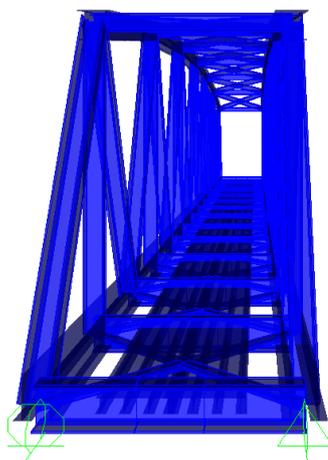
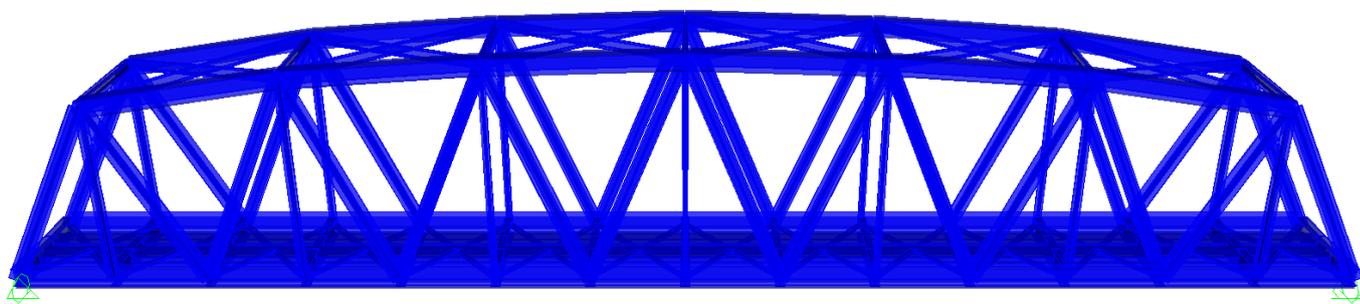
VALUTAZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO													
Commenti	TIPO DI CARICO	Azioni Verticali			Azioni Orizzontali						Y _Q		
		GRUPPO DI CARICO	Carico verticale		Treno scarico	Frenatura e avviamento		Centrifuga		Serpeggio		1.45	
			<i>sfav</i>	<i>fav</i>		<i>sfav</i>	<i>fav</i>	<i>sfav</i>	<i>fav</i>	<i>sfav</i>	<i>fav</i>	Ψ_0	Ψ_1
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	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	SCARICA	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	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	1.16	1.16	1.16	1.16	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	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	1.16	0.58	1.16	0.58	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	0.73	0.73	1.45	1.45	0.73	0.73	1.45	1.45	0	0	0.58	1.16	0.58	1.16	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.73	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	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	1.16	0.58	1.16	0.58	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	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9	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

6 MODELLO DI CALCOLO

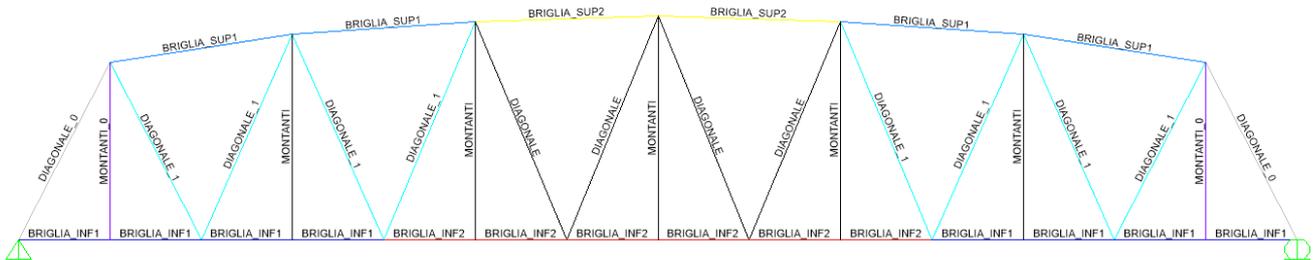
Per il calcolo delle sollecitazioni e per l'analisi strutturale sono stati realizzati dei modelli agli elementi finiti con il programma di calcolo SAP2000. L'analisi statica effettuata è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

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.

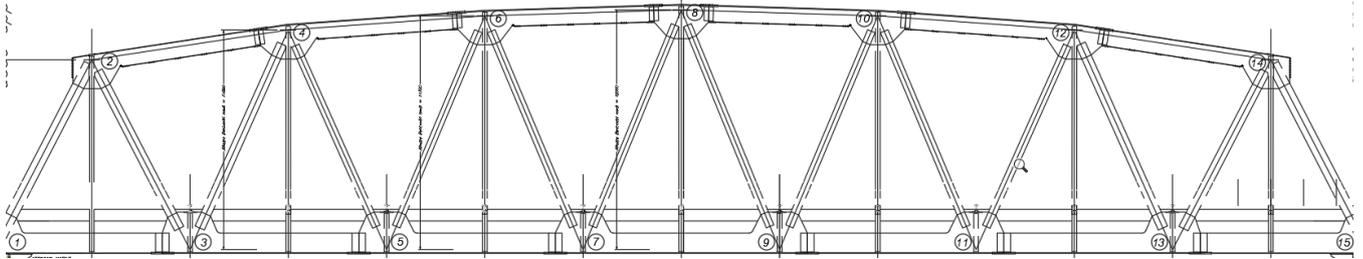


6.1.1 SEZIONI

Lo schema nel modello di calcolo è il seguente:



Corrispondentemente a quanto riportato negli elaborati grafici:



- Briglie inferiori**

Section Name: BRIGLIA_INF1			
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0858	Section modulus about 3 axis	0.0181
Moment of Inertia about 3 axis	0.0143	Section modulus about 2 axis	0.0219
Moment of Inertia about 2 axis	0.0142	Plastic modulus about 3 axis	0.0308
Product of Inertia about 2-3	5.492E-07	Plastic modulus about 2 axis	0.0343
Shear area in 2 direction	0.0551	Radius of Gyration about 3 axis	0.4082
Shear area in 3 direction	0.039	Radius of Gyration about 2 axis	0.4076
Torsional constant	1.795E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: BRIGLIA_INF2			
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0956	Section modulus about 3 axis	0.0192
Moment of Inertia about 3 axis	0.0161	Section modulus about 2 axis	0.0247
Moment of Inertia about 2 axis	0.016	Plastic modulus about 3 axis	0.0341
Product of Inertia about 2-3	-8.346E-07	Plastic modulus about 2 axis	0.0383
Shear area in 2 direction	0.0552	Radius of Gyration about 3 axis	0.4099
Shear area in 3 direction	0.0563	Radius of Gyration about 2 axis	0.4095
Torsional constant	2.680E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

- Briglie superiori**

Section Name: BRIGLIA_SUP1			
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0829	Section modulus about 3 axis	0.0167
Moment of Inertia about 3 axis	9.271E-03	Section modulus about 2 axis	0.0208
Moment of Inertia about 2 axis	0.0127	Plastic modulus about 3 axis	0.0245
Product of Inertia about 2-3	1.360E-06	Plastic modulus about 2 axis	0.0308
Shear area in 2 direction	0.0431	Radius of Gyration about 3 axis	0.3345
Shear area in 3 direction	0.0245	Radius of Gyration about 2 axis	0.3909
Torsional constant	1.762E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: BRIGLIA_SUP2			
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0949	Section modulus about 3 axis	0.0175
Moment of Inertia about 3 axis	0.0105	Section modulus about 2 axis	0.0232
Moment of Inertia about 2 axis	0.0142	Plastic modulus about 3 axis	0.0267
Product of Inertia about 2-3	1.467E-06	Plastic modulus about 2 axis	0.0345
Shear area in 2 direction	0.0433	Radius of Gyration about 3 axis	0.3322
Shear area in 3 direction	0.0346	Radius of Gyration about 2 axis	0.3861
Torsional constant	2.868E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI
Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS3V	40	D	09	CL VI0007	003 A	24 di 47

• TRASVERSI:

I/ Wide Flange Section

Section Name: TRAVERSI

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions:

Outside height (t3)	1.55
Top flange width (t2)	0.65
Top flange thickness (tf)	0.04
Web thickness (tw)	0.02
Bottom flange width (t2b)	0.65
Bottom flange thickness (tfb)	0.04

Material: STEEL

Properties:

Section Properties...
Time Dependent Properties...

OK Cancel

Section Name: TRAVERSI

Properties

Cross-section (axial) area	0.0814	Section modulus about 3 axis	0.0451
Moment of Inertia about 3 axis	0.0349	Section modulus about 2 axis	5.636E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.832E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0501
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	8.597E-03
Shear area in 2 direction	0.031	Radius of Gyration about 3 axis	0.6552
Shear area in 3 direction	0.0433	Radius of Gyration about 2 axis	0.15
Torsional constant	3.054E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

I/ Wide Flange Section

Section Name: TRAVERSO_TEST

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions:

Outside height (t3)	1.55
Top flange width (t2)	0.7
Top flange thickness (tf)	0.06
Web thickness (tw)	0.03
Bottom flange width (t2b)	0.7
Bottom flange thickness (tfb)	0.06

Material: STEEL

Properties:

Section Properties...
Time Dependent Properties...

OK Cancel

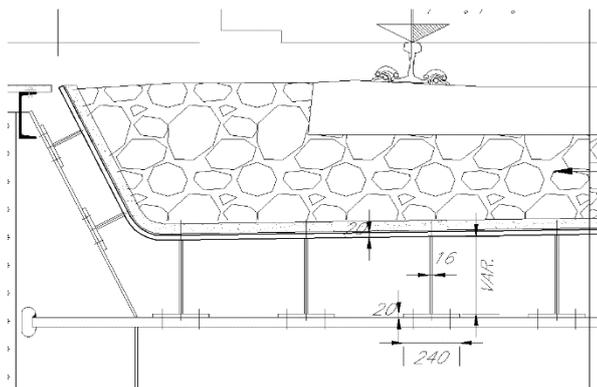
Section Name: TRAVERSO_TEST

Properties

Cross-section (axial) area	0.1269	Section modulus about 3 axis	0.0696
Moment of Inertia about 3 axis	0.054	Section modulus about 2 axis	9.809E-03
Moment of Inertia about 2 axis	3.433E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0779
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.015
Shear area in 2 direction	0.0465	Radius of Gyration about 3 axis	0.6521
Shear area in 3 direction	0.07	Radius of Gyration about 2 axis	0.1645
Torsional constant	1.081E-04	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• VASCA PORTABALLAST

La piastra metallica, posizionata sui traversi ha uno spessore pari a 30mm.



[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A 25 di 47

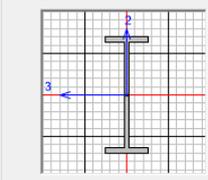
• MONTANTI

Section Name: MONTANTI_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	0.8
Top flange width (t2)	0.3
Top flange thickness (tf)	0.04
Web thickness (tw)	0.025
Bottom flange width (t2b)	0.3
Bottom flange thickness (tfb)	0.04

Section 

Section Name: MONTANTI_0

Properties

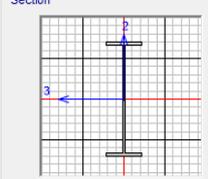
Cross-section (axial) area	0.042	Section modulus about 3 axis	0.0106
Moment of Inertia about 3 axis	4.248E-03	Section modulus about 2 axis	1.208E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.809E-04	Plastic modulus about 3 axis	0.0124
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.913E-03
Shear area in 2 direction	0.02	Radius of Gyration about 3 axis	0.318
Shear area in 3 direction	0.02	Radius of Gyration about 2 axis	0.0656
Torsional constant	1.539E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: MONTANTI Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	0.8
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

Section 

Section Name: MONTANTI

Properties

Cross-section (axial) area	0.0275	Section modulus about 3 axis	6.452E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.581E-03	Section modulus about 2 axis	5.248E-04
Moment of Inertia about 2 axis	6.560E-05	Plastic modulus about 3 axis	7.656E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	8.563E-04
Shear area in 2 direction	0.016	Radius of Gyration about 3 axis	0.3063
Shear area in 3 direction	0.0104	Radius of Gyration about 2 axis	0.0488
Torsional constant	4.407E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

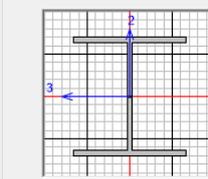
• DIAGONALI

Section Name: DIAGONALE_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	0.8
Top flange width (t2)	0.75
Top flange thickness (tf)	0.04
Web thickness (tw)	0.03
Bottom flange width (t2b)	0.75
Bottom flange thickness (tfb)	0.04

Section 

Section Name: DIAGONALE_0

Properties

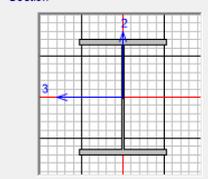
Cross-section (axial) area	0.0816	Section modulus about 3 axis	0.024
Moment of Inertia about 3 axis	9.605E-03	Section modulus about 2 axis	7.504E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.814E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0267
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0114
Shear area in 2 direction	0.024	Radius of Gyration about 3 axis	0.3431
Shear area in 3 direction	0.05	Radius of Gyration about 2 axis	0.1857
Torsional constant	3.723E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: DIAGONALE_1 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	0.8
Top flange width (t2)	0.6
Top flange thickness (tf)	0.04
Web thickness (tw)	0.02
Bottom flange width (t2b)	0.6
Bottom flange thickness (tfb)	0.04

Section 

Section Name: DIAGONALE_1

Properties

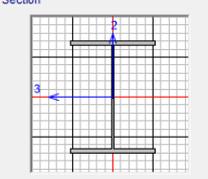
Cross-section (axial) area	0.0624	Section modulus about 3 axis	0.0189
Moment of Inertia about 3 axis	7.560E-03	Section modulus about 2 axis	4.802E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.440E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0208
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	7.272E-03
Shear area in 2 direction	0.016	Radius of Gyration about 3 axis	0.3481
Shear area in 3 direction	0.04	Radius of Gyration about 2 axis	0.1519
Torsional constant	2.641E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: DIAGONALE Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	0.8
Top flange width (t2)	0.6
Top flange thickness (tf)	0.03
Web thickness (tw)	0.02
Bottom flange width (t2b)	0.6
Bottom flange thickness (tfb)	0.03

Section 

Section Name: DIAGONALE

Properties

Cross-section (axial) area	0.0508	Section modulus about 3 axis	0.015
Moment of Inertia about 3 axis	6.014E-03	Section modulus about 2 axis	3.602E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.080E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0166
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	5.474E-03
Shear area in 2 direction	0.016	Radius of Gyration about 3 axis	0.3441
Shear area in 3 direction	0.03	Radius of Gyration about 2 axis	0.1458
Torsional constant	1.240E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m

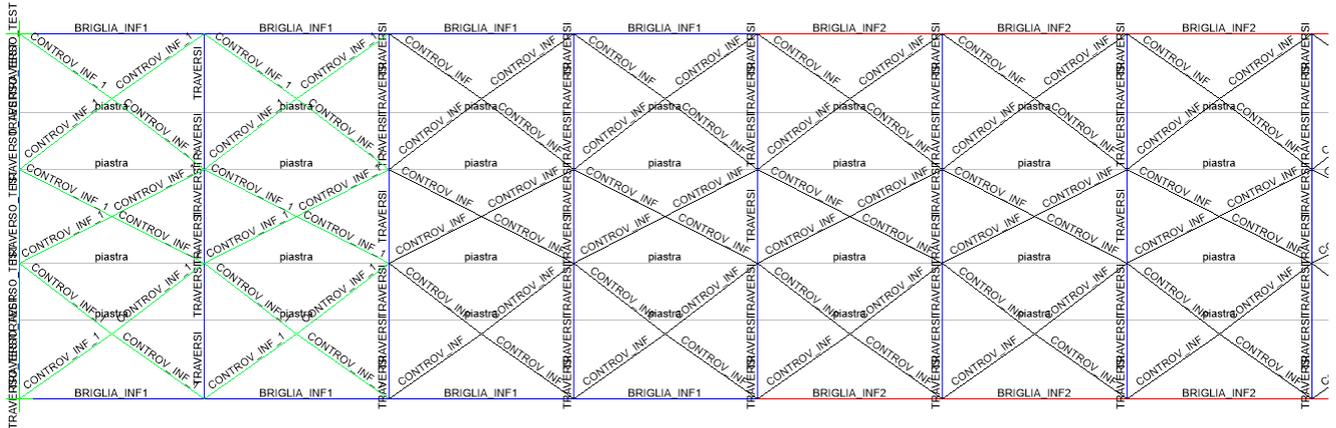
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS3V	40	D	09	CL VI0007	003 A	26 di 47

- CONTROVENTI superiori:

HEA500

- CONTROVENTI inferiori:



Section Name: Display Color:

Section Notes:

Dimensions

Outside stem (t3)	<input type="text" value="0.2"/>
Outside flange (t2)	<input type="text" value="0.4"/>
Flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.025"/>
Stem thickness (tw)	<input type="text" value="0.016"/>

Section

Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0128	Section modulus about 3 axis	1.784E-04
Moment of Inertia about 3 axis	2.954E-05	Section modulus about 2 axis	6.670E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1.334E-04	Plastic modulus about 3 axis	3.376E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.011E-03
Shear area in 2 direction	3.200E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.048
Shear area in 3 direction	8.333E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.1021
Torsional constant	2.271E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: Display Color:

Section Notes:

Dimensions

Outside stem (t3)	<input type="text" value="0.2"/>
Outside flange (t2)	<input type="text" value="0.4"/>
Flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.04"/>
Stem thickness (tw)	<input type="text" value="0.03"/>

Section

Section Name:

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.

[Digitare qui]

7 VERIFICHE SLU

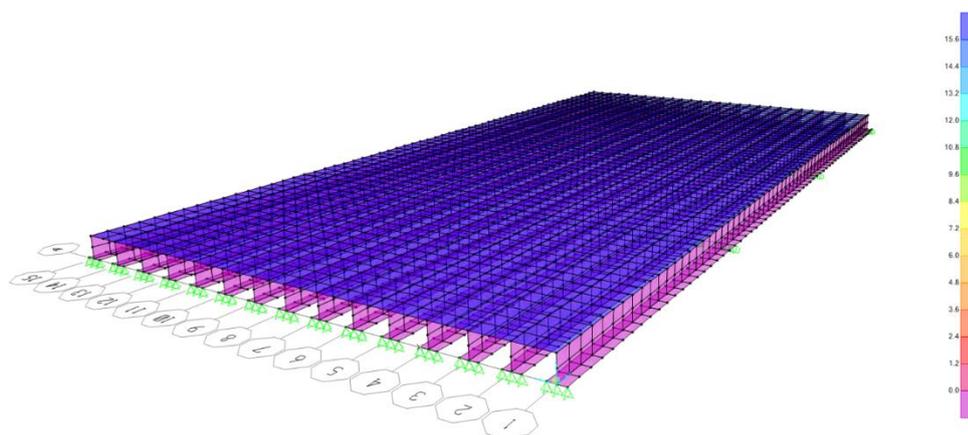
Si riportano di seguito le verifiche agli SLU dei singoli elementi costituenti l'impalcato.

7.1 PIASTRA CON NERVATURE LONGITUDINALI

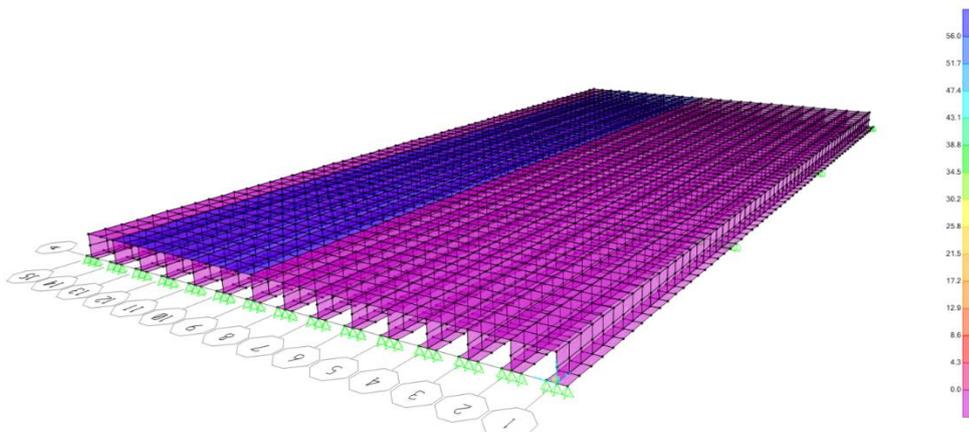
7.1.1 Verifiche di resistenza - SLU

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;



Carichi permanenti (ballast+armamento)



Carico da traffico SW2

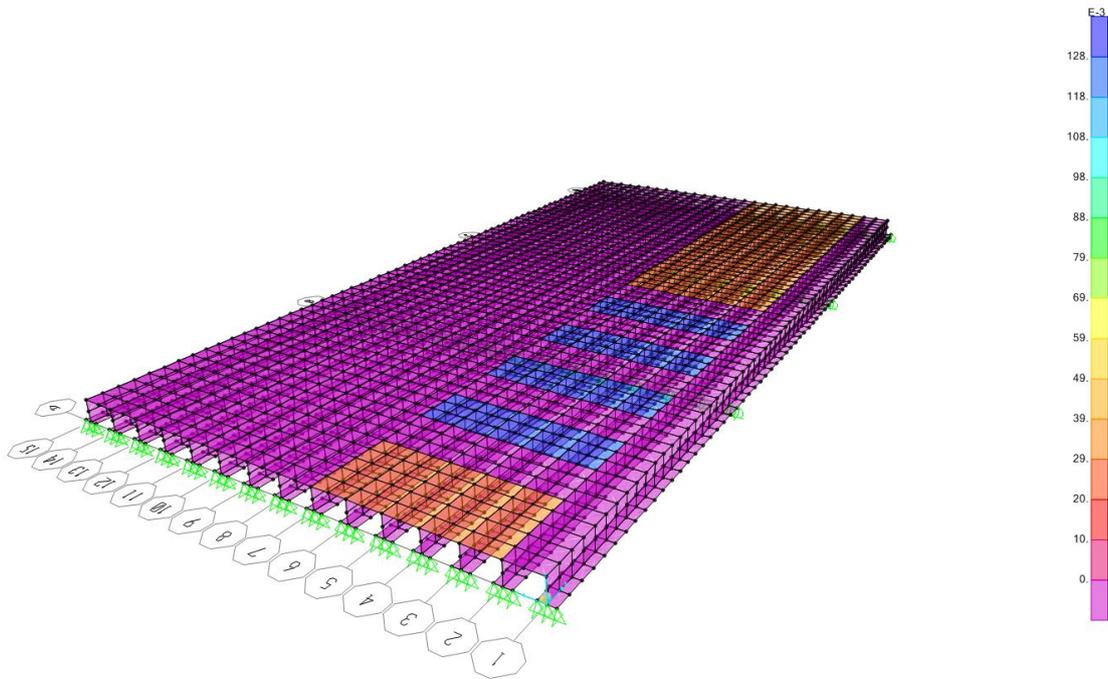
[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m

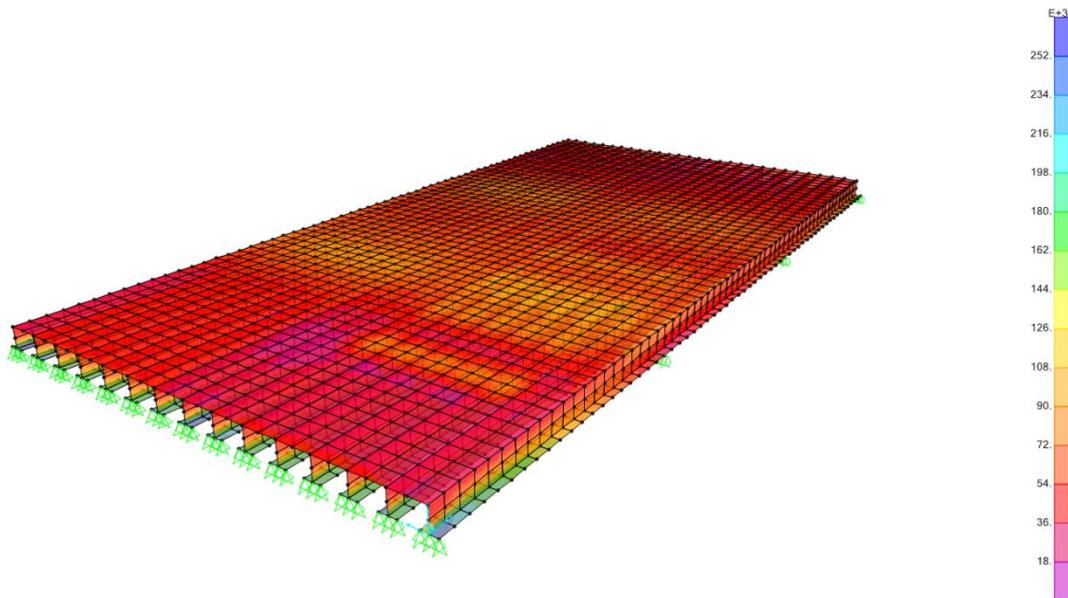
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS3V	40	D	09	CL VI0007	003 A	28 di 47



Carico da traffico LM71

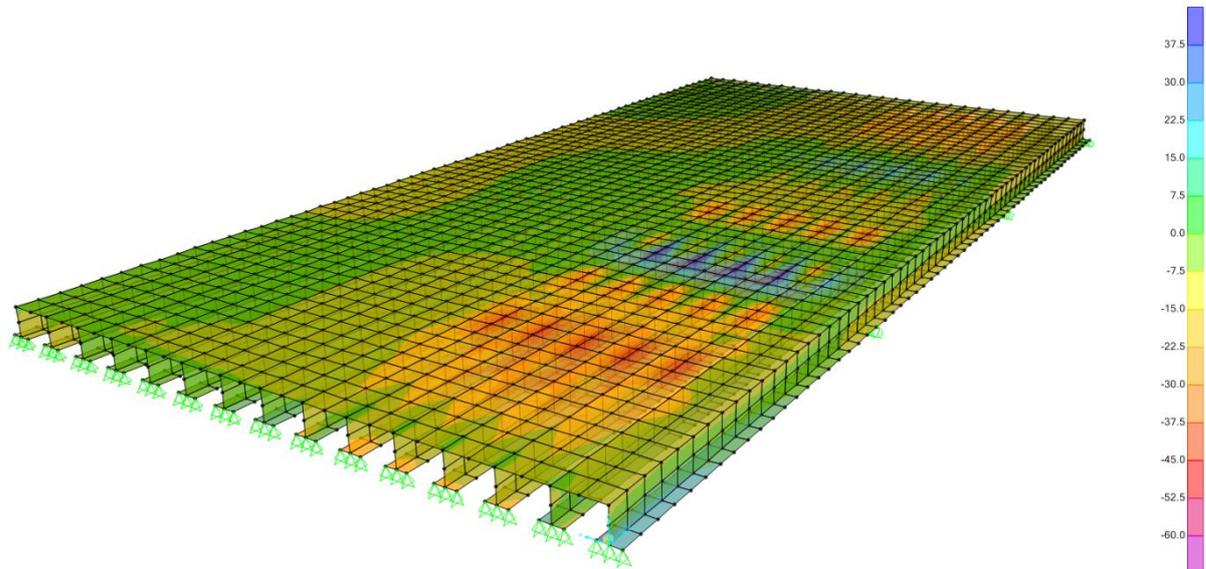
Di seguito viene riportata la mappatura delle tensioni ideali sommando gli effetti dei carichi permanenti e dei carichi da traffico con i coefficienti dinamici definiti al § 4.2.1.



Le verifiche di resistenza risultano pertanto soddisfatte essendo $252 \text{ Mpa} < 355 \text{ Mpa}$.

[Digitare qui]

Considerando solo lo stato tensionale associato al treno di carico LM71, le tensioni normali massime risultano pari a 60 Mpa.



Considerando come particolare a fatica $\Delta\sigma = 71$ Mpa (saldature molate in direzione degli sforzi), essendo i valori di γ tutti pari a 1, la verifica risulta soddisfatta: $42\text{Mpa} < 71/1.35 = 52.6$ Mpa.

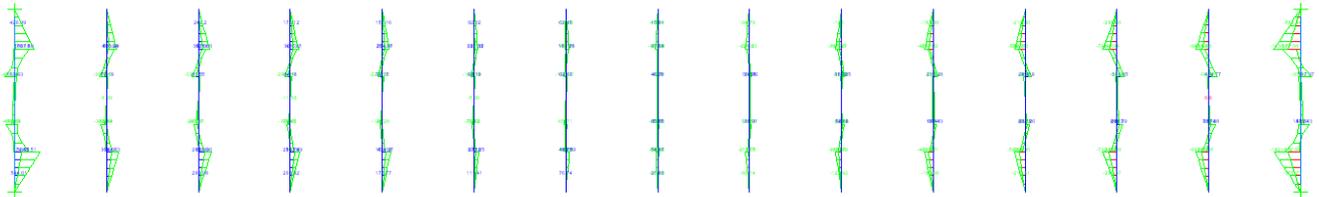
Il valore massimo riscontrato, trascurando effetti puntuali dovuti alla modellazione, è pari a $170\text{MPa} < 355\text{Mpa}$.

Le verifiche di resistenza risultano pertanto soddisfatte.

7.2 TRAVERSI

7.2.1 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.

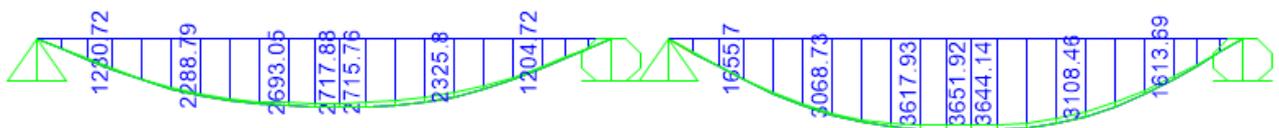


A queste vanno sommate le sollecitazioni locali ottenute applicando i carichi da traffico e i permanenti direttamente sui traversti

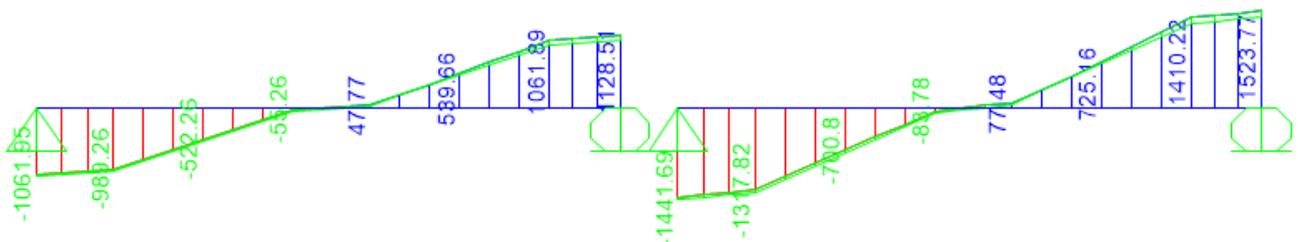
		slu calcolo forza concentrata modello locale				
		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	104.6	1.24	4.875	2.8	225.3
	sw	119.5	1.24	4.875	2.8	257.4
testata	lm71	104.6	2	2.438	2.8	182.3
	sw	119.5	2	2.438	2.8	208.3

		fatica calcolo forza concentrata modello locale				
		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	104.6	1.16	4.875	2.8	210.9
	sw	119.5	1.16	4.875	2.8	241.0
testata	lm71	104.6	1.67	2.438	2.8	151.9
	sw	119.5	1.67	2.438	2.8	173.6

Moment 3-3 Diagram (SLU)



Shear Force 2-2 Diagram (SLU)



[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.

RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO

31 di 47

$\phi 3 = 2$

TRAVERSO DI TESTATA		
<i>Caratteristiche del profilo forato</i>		
A_{NETTA}	m ²	0.065
$A_{anima,NETTA}$	m ²	0.0322
$A_{ali,NETTA}$	m ²	0.0630
$W_{x,NETTA}$	m ³	0.0522
$W_{y, LORDA}$	m ³	9.809E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	2718
T_y	kN	540
σ_{Mx}	N/mm ²	52.07
τ_y	N/mm ²	16.78
$\sigma_{ID_ (anima-piatt.)}$	N/mm ²	59.63
<i>Globali</i>		
N	KN	3174
M_y	KNm	1616.00
T_x	kN	1168.00
σ_N	N/mm ²	48.64
σ_{My}	N/mm ²	164.75
τ_x	N/mm ²	18.54
σ_{tot}	N/mm ²	265.5
$\sigma_{ID_ (bordo ala)}$	N/mm ²	267.4
$\gamma_{M2} =$	-	1.25
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	284
Verifica	soddisfatta	

$\phi 3 = 1.24$

TRAVERSO INTERMEDIO		
<i>Caratteristiche del profilo</i>		
A_{NETTA}	m ²	0.057
$A_{anima,NETTA}$	m ²	0.0221
$A_{ali,NETTA}$	m ²	0.0390
$W_{x,NETTA}$	m ³	0.0338
$W_{y, LORDA}$	m ³	5.636E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	3651.0
T_y	kN	725.0
σ_{Mx}	N/mm ²	107.94
τ_y	N/mm ²	32.88
$\sigma_{ID_ (anima-piatt.)}$	N/mm ²	122.04
<i>Globali</i>		
N	KN	1775
M_y	KNm	813.6
T_x	kN	680.4
σ_N	N/mm ²	31.31
σ_{My}	N/mm ²	144.36
τ_x	N/mm ²	17.45
σ_{tot}	N/mm ²	283.60
$\sigma_{ID_ (bordo ala)}$	N/mm ²	285.2
$\gamma_{M0} =$	-	1.05
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	338
Verifica	soddisfatta	

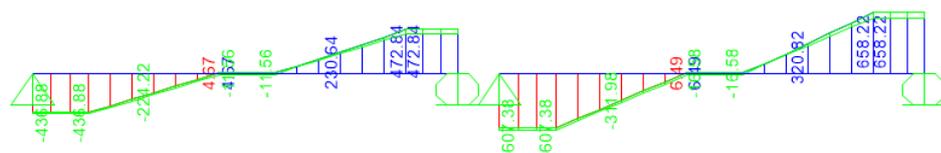
7.2.2 Verifiche a fatica

Come per la verifica allo SLU, anche per la verifica a fatica si considerano gli effetti globali (modello globale con coefficiente dinamico Φ_2 globale) e gli effetti locali (Φ_2 locale) con i carichi da traffico

Moment 3-3 Diagram (FATICA)



Shear Force 2-2 Diagram (FATICA)



TRAVERSO TESTATA:

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	160	
t			mm	60	
k_s			-	0.80	
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$			N/mm ²	95.22	
<u>EFFETTI LOCALI</u>			<u>EFFETTI GLOBALI</u>		
λ_1	-	1.15	λ_1	-	0.62
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}	-	0.62
λ	-	1.15	λ	-	0.62
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	22.34	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	72.30
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	25.69	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	44.82
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$				70.51	
Verifica				soddisfatta	

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	6.53E-02
$W_{x,NETTA}$	m ³	5.22E-02
$W_{y,NETTA}$	m ³	7.36E-03
Tensioni - treno		
N	KN	675.6
M_x	KNm	1166
M_y	KNm	456
σ_N	N/mm ²	10.35
σ_{Mx}	N/mm ²	22.34
σ_{My}	N/mm ²	61.94
σ_{tot}	N/mm ²	94.63

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A 33 di 47

TRAVERSO INTERMEDIO:

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			125
t		mm			40
k_s	-				0.89
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$		N/mm ²			82.33
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	0.68	λ_1	-	0.62
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}	-	0.68	λ_{Ed}	-	0.62
λ	-	0.68	λ	-	0.62
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	47.95	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	62.68
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	32.70	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	38.86
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			N/mm ²		71.57
Verifica				soddisfatta	

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	5.67E-02
$W_{x,NETTA}$	m ³	3.38E-02
$W_{y,NETTA}$	m ³	4.23E-03
Tensioni - treno		
N	KN	194.0
M_x	KNm	1622
M_y	KNm	251
σ_N	N/mm ²	3.42
σ_{Mx}	N/mm ²	47.95
σ_{My}	N/mm ²	59.26
σ_{tot}	N/mm ²	110.64

7.3 TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI

7.3.1 Verifiche di resistenza e di instabilità – SLU

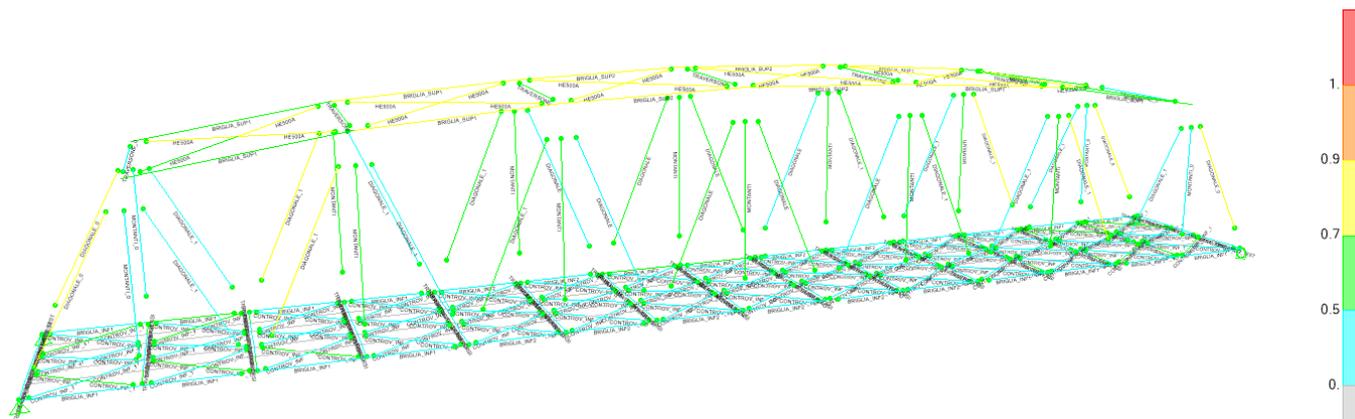


Figura 3_ Verifica di resistenza valida per elementi di parete (modello globale)

Le verifiche di resistenza degli elementi costituenti le pareti, 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 ed i controventi.

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
14	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.78	PMM	inv_slu_2bin
15	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.83	PMM	inv_slu_2bin
16	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.59	PMM	inv_slu_2bin
17	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.52	PMM	inv_slu_2bin
18	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.34	PMM	inv_slu_2bin
19	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.31	PMM	inv_slu_2bin
20	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.46	PMM	inv_slu_2bin
21	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.46	PMM	inv_slu_2bin
22	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.31	PMM	inv_slu_2bin
23	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.35	PMM	inv_slu_2bin
24	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.59	PMM	inv_slu_2bin
25	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.61	PMM	inv_slu_2bin
26	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.84	PMM	inv_slu_2bin
27	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.78	PMM	inv_slu_2bin
41	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.87	PMM	inv_slu_2bin

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
35 di 47

42	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.89	PMM	inv_slu_2bin
43	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.61	PMM	inv_slu_2bin
44	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.57	PMM	inv_slu_2bin
45	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.33	PMM	inv_slu_2bin
46	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.32	PMM	inv_slu_2bin
47	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.48	PMM	inv_slu_2bin
48	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.49	PMM	inv_slu_2bin
49	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.32	PMM	inv_slu_2bin
50	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.33	PMM	inv_slu_2bin
51	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.51	PMM	inv_slu_2bin
52	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.61	PMM	inv_slu_2bin
53	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.87	PMM	inv_slu_2bin
54	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.86	PMM	inv_slu_2bin
70	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
71	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.32	PMM	inv_slu_2bin
72	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.43	PMM	inv_slu_2bin
73	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.39	PMM	inv_slu_2bin
74	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.45	PMM	inv_slu_2bin
75	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.43	PMM	inv_slu_2bin
76	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.46	PMM	inv_slu_2bin
77	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.46	PMM	inv_slu_2bin
78	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.43	PMM	inv_slu_2bin
79	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.45	PMM	inv_slu_2bin
80	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.39	PMM	inv_slu_2bin
81	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.43	PMM	inv_slu_2bin
83	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.29	PMM	inv_slu_2bin
84	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.40	PMM	inv_slu_2bin
85	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.61	PMM	inv_slu_2bin
86	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.43	PMM	inv_slu_2bin
87	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.39	PMM	inv_slu_2bin
88	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.48	PMM	inv_slu_2bin
89	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.46	PMM	inv_slu_2bin
90	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.50	PMM	inv_slu_2bin
91	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.50	PMM	inv_slu_2bin
92	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.48	PMM	inv_slu_2bin
93	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0.50	PMM	inv_slu_2bin
94	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.43	PMM	inv_slu_2bin
95	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.47	PMM	inv_slu_2bin
97	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.31	PMM	inv_slu_2bin
188	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.20	PMM	inv_slu_2bin

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
36 di 47

190	BRIGLIA_INF1	Beam	No Messages	0.23	PMM	inv_slu_2bin
124	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.50	PMM	inv_slu_2bin
129	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.52	PMM	inv_slu_2bin
454	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.72	PMM	inv_slu_2bin
464	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0.72	PMM	inv_slu_2bin
466	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0.73	PMM	inv_slu_2bin
468	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.72	PMM	inv_slu_2bin
470	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.51	PMM	inv_slu_2bin
472	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.74	PMM	inv_slu_2bin
474	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0.74	PMM	inv_slu_2bin
476	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0.73	PMM	inv_slu_2bin
478	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.74	PMM	inv_slu_2bin
480	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0.52	PMM	inv_slu_2bin
499	MONTANTI	Column	No Messages	0.62	PMM	inv_slu_2bin
501	MONTANTI	Column	No Messages	0.65	PMM	inv_slu_2bin
503	MONTANTI	Column	No Messages	0.67	PMM	inv_slu_2bin
505	MONTANTI	Column	No Messages	0.65	PMM	inv_slu_2bin
507	MONTANTI	Column	No Messages	0.60	PMM	inv_slu_2bin
509	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.27	PMM	inv_slu_2bin
513	MONTANTI	Column	No Messages	0.51	PMM	inv_slu_2bin
515	MONTANTI	Column	No Messages	0.64	PMM	inv_slu_2bin
517	MONTANTI	Column	No Messages	0.69	PMM	inv_slu_2bin
519	MONTANTI	Column	No Messages	0.67	PMM	inv_slu_2bin
521	MONTANTI	Column	No Messages	0.56	PMM	inv_slu_2bin
523	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.23	PMM	inv_slu_2bin
13	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.30	PMM	inv_slu_2bin
35	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.23	PMM	inv_slu_2bin
189	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
191	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
244	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.55	PMM	INV_SLU
245	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.55	PMM	INV_SLU
247	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.41	PMM	INV_SLU
249	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
254	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
255	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
257	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.42	PMM	INV_SLU
259	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
264	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.50	PMM	INV_SLU
267	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.50	PMM	INV_SLU
270	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.45	PMM	INV_SLU

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
37 di 47

271	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.44	PMM	INV_SLU
274	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.44	PMM	INV_SLU
275	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.44	PMM	INV_SLU
300	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
301	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
304	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
305	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
320	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
321	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
324	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
325	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
326	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
327	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
330	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
331	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
332	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
333	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
336	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
337	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
338	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
339	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
342	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
343	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
344	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
345	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
348	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
349	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
350	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
351	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
354	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
355	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
356	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
357	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
360	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
361	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
362	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
363	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
366	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
367	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
368	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
38 di 47

369	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
372	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
373	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
374	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
375	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
378	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
379	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
380	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
381	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
384	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.34	PMM	INV_SLU
385	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.35	PMM	INV_SLU
386	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.37	PMM	INV_SLU
387	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
390	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
391	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.37	PMM	INV_SLU
392	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
393	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
396	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
397	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
398	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.43	PMM	INV_SLU
399	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.43	PMM	INV_SLU
402	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.37	PMM	INV_SLU
403	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
404	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
405	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
408	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
409	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
410	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
411	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.46	PMM	INV_SLU
414	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.41	PMM	INV_SLU
415	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.42	PMM	INV_SLU
416	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.50	PMM	INV_SLU
417	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.50	PMM	INV_SLU
420	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.42	PMM	INV_SLU
421	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.43	PMM	INV_SLU
422	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
423	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
426	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
427	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.37	PMM	INV_SLU
428	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.54	PMM	INV_SLU

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
39 di 47

429	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.54	PMM	INV_SLU
432	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.36	PMM	INV_SLU
433	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.37	PMM	INV_SLU
434	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
435	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
438	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
439	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.41	PMM	INV_SLU
440	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.54	PMM	INV_SLU
441	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.54	PMM	INV_SLU
444	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
445	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.40	PMM	INV_SLU
186	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.57	PMM	INV_SLU
187	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.57	PMM	INV_SLU
450	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.48	PMM	INV_SLU
451	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.48	PMM	INV_SLU
456	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.39	PMM	INV_SLU
457	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.38	PMM	INV_SLU
462	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
463	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.51	PMM	INV_SLU
65	HE500A	Brace	No Messages	0.78	PMM	INV_SLU
66	HE500A	Brace	No Messages	0.79	PMM	INV_SLU
67	HE500A	Brace	No Messages	0.71	PMM	INV_SLU
68	HE500A	Brace	No Messages	0.69	PMM	INV_SLU
69	HE500A	Brace	No Messages	0.79	PMM	INV_SLU
98	HE500A	Brace	No Messages	0.80	PMM	INV_SLU
99	HE500A	Brace	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
100	HE500A	Brace	No Messages	0.73	PMM	INV_SLU
101	HE500A	Brace	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
102	HE500A	Brace	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
103	HE500A	Brace	No Messages	0.76	PMM	INV_SLU
104	HE500A	Brace	No Messages	0.76	PMM	INV_SLU
105	HE500A	Brace	No Messages	0.73	PMM	INV_SLU
106	HE500A	Brace	No Messages	0.73	PMM	INV_SLU
107	HE500A	Brace	No Messages	0.73	PMM	INV_SLU
108	HE500A	Brace	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
109	HE500A	Brace	No Messages	0.78	PMM	INV_SLU
110	HE500A	Brace	No Messages	0.76	PMM	INV_SLU
111	HE500A	Brace	No Messages	0.69	PMM	INV_SLU
125	HE500A	Brace	No Messages	0.71	PMM	INV_SLU
130	HE500A	Brace	No Messages	0.77	PMM	INV_SLU

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
40 di 47

134	HE500A	Brace	No Messages	0.77	PMM	INV_SLU
135	HE500A	Brace	No Messages	0.72	PMM	INV_SLU
139	HE500A	Brace	No Messages	0.73	PMM	INV_SLU
185	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.26	PMM	INV_SLU
242	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.26	PMM	INV_SLU
252	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
262	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
273	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
276	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
277	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
278	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
279	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
280	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
281	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
282	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
283	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
284	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
285	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
286	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
287	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
288	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
289	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
290	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
291	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
292	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
293	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
294	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
295	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
296	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
297	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
298	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
299	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
302	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.32	PMM	INV_SLU
303	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
322	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
323	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
328	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
329	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
334	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
335	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
41 di 47

340	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
341	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
346	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.31	PMM	INV_SLU
347	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
352	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.30	PMM	INV_SLU
353	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
358	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
359	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
364	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.29	PMM	INV_SLU
365	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.25	PMM	INV_SLU
370	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.25	PMM	INV_SLU
371	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
376	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
377	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.28	PMM	INV_SLU
382	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.28	PMM	INV_SLU
383	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.28	PMM	INV_SLU
388	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.28	PMM	INV_SLU
389	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU
394	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0.33	PMM	INV_SLU

7.3.2 Verifiche a fatica

Di seguito gli andamenti delle tensioni massime e minime, per gli elementi di parete, considerando i carichi accidentali amplificati con i coefficienti dinamici:

BRIGLIE - CONTROVENTI

L ϕ = 68.3 m lunghezza caratteristica
 $\phi 2$ = 1.00 deve essere compreso tra 1 e 1,67

DIAGONALI interm. e montanti

L ϕ = 68.3 m lunghezza caratteristica
 $\phi 2$ = 1.00 deve essere compreso tra 1 e 1,67

DIAGONALI estremità

L ϕ = 27.3 m lunghezza caratteristica
 $\phi 2$ = 1.11 deve essere compreso tra 1 e 1,67

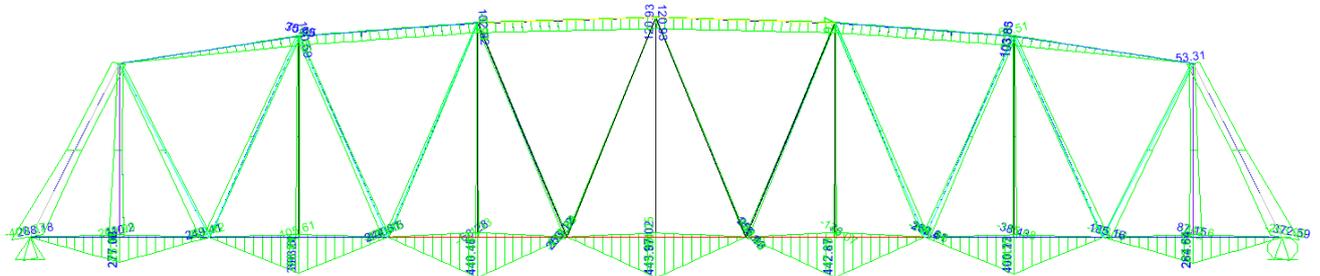


Figura 4_Sollecitazioni flettenti FATICA

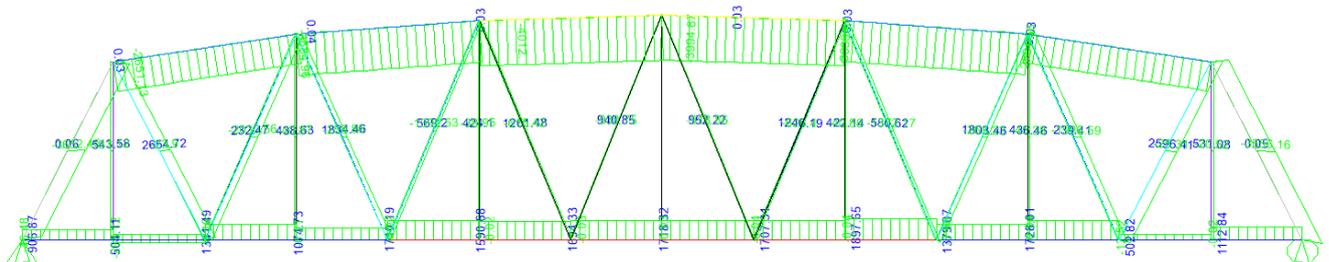


Figura 5_Sforzo assiale FATICA

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

	spess min	ks	λ	Ymf	area	sez giunto bullonato						sez mezzeria										
						area netta	P	σ_N	$\Delta\delta c$	σ_{ed}	σ_{lim}	test	W	P	M3	σ_N	σ_M	$\Delta\delta c$	σ_{ed}	σ_{lim}	test	
	mm				m2	m2	KN	MPa	MPa	MPa	MPa	$\sigma_{ed} < \sigma_{lim}$	m3	KN	KN-m	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	$\sigma_{ed} < \sigma_{lim}$
diag. Interm.	30	0.96	0.63	1.35	0.0508	0.041	1261.5	31.0	90	19.56	63.70	ok	0.015	-770	-277.7	-15.2	-18.5	125	21.22	88.47	ok	
diag. Interm.1	40	0.89	0.63	1.35	0.624	0.499	2654.7	5.3	90	3.35	59.28	ok	0.0189	1491.4	286.4	2.4	15.2	125	11.05	82.33	ok	
diag. estrem.	40	0.89	0.66	1.35	0.0816	0.065	-3652.5	-56.0	90	36.93	59.28	ok	0.024	-3652.5	-400.4	-44.8	-16.7	125	40.55	82.33	ok	
briglia inf	35	0.92	0.63	1.35	0.0858	0.069	1897.7	27.6	90	17.42	61.29	ok	0.0181	1564	465.8	18.2	25.7	125	27.69	85.12	ok	
briglia sup	25	1.00	0.63	1.35	0.0829	0.066	-4012.0	-60.5	90	38.11	66.67	ok	0.0167	0.03	120.9	0.0	7.2	125	4.56	92.59	ok	
montanti	25	1.00	0.63	2.35	0.0275	0.022	571.6	26.0	91	16.37	38.72	ok	0.00645	-31.12	-270.0	-1.1	-41.9	126	27.08	53.62	ok	
controventi	25	1.00	0.63	1.35	0.0128	0.010	320.4	31.3	90	19.71	66.67	ok	0.00018	0	3.2	0.0	18.1	125	11.41	92.59	ok	

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

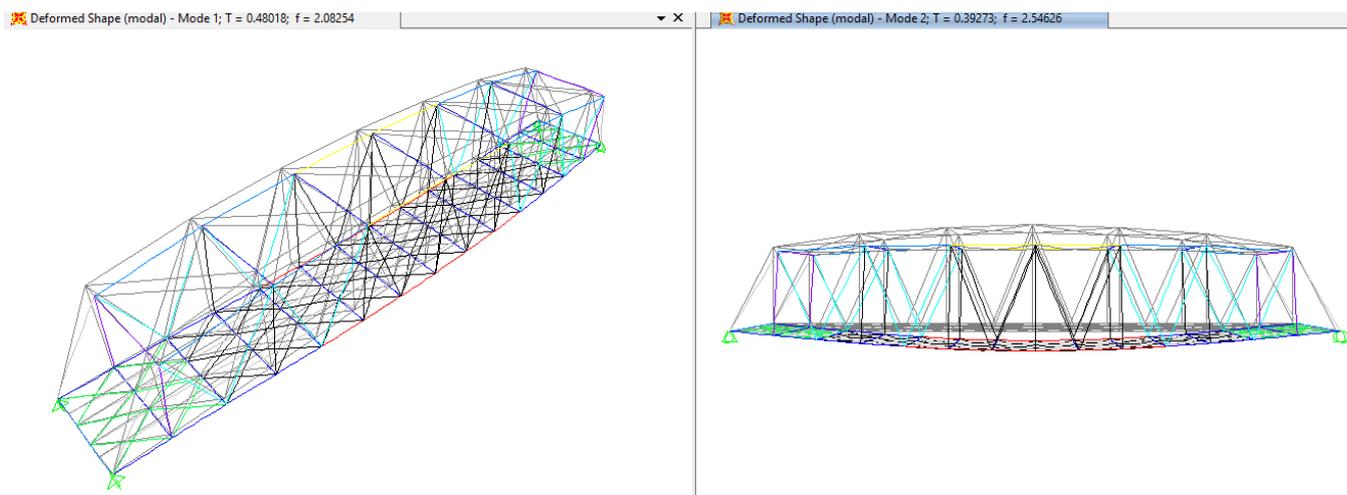
$\sigma_{lim} = \sigma_c \cdot k_s / Ymf$

Le verifiche risultano soddisfatte

[Digitare qui]

8 ANALISI MODALE

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

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	0.480	0.000	0.742	0.000	0%	74%	0%	0.10347	2.638E-08	0.00247	10%	0%	0%	
modal	Mode	2	0.393	0.031	0.000	0.782	3%	74%	78%	0.000004313	0.00002805	0.000001549	10%	0%	0%	
modal	Mode	3	0.323	0.000	0.052	0.000	3%	79%	78%	0.74178	1.655E-08	0.00015	85%	0%	0%	
modal	Mode	4	0.200	0.003	0.003	0.000	3%	80%	78%	0.00168	0.00129	0.49818	85%	0%	50%	
modal	Mode	5	0.190	0.001	0.004	0.000	3%	80%	78%	0.04676	0.00083	0.01248	89%	0%	51%	
modal	Mode	6	0.190	0.352	0.000	0.008	39%	80%	79%	0.00004695	0.34132	0.00224	89%	34%	52%	
modal	Mode	7	0.170	0.003	0.001	0.000	39%	80%	79%	0.00147	0.00181	0.08032	90%	35%	60%	
modal	Mode	8	0.166	0.523	0.000	0.007	91%	80%	80%	0.000008135	0.18139	0.00077	90%	53%	60%	
modal	Mode	9	0.147	0.001	0.000	0.003	91%	80%	80%	4.086E-09	0.00002285	2.869E-08	90%	53%	60%	
modal	Mode	10	0.146	0.000	0.000	0.000	91%	80%	80%	4.169E-11	0.00001271	4.508E-08	90%	53%	60%	
modal	Mode	70	0.067	0.000	0.000	0.000	93%	90%	93%	1.861E-07	5.187E-10	2.713E-08	95%	76%	75%	
modal	Mode	71	0.066	0.000	0.031	0.000	93%	93%	93%	0.00198	2.256E-07	0.00098	95%	76%	75%	
modal	Mode	72	0.065	0.000	0.000	0.000	93%	93%	93%	2.122E-07	0.000002135	0.0000539	95%	76%	75%	
modal	Mode	73	0.065	0.000	0.000	0.000	93%	93%	93%	4.257E-10	0.0007	4.345E-08	95%	76%	75%	
modal	Mode	74	0.063	0.000	0.000	0.000	93%	93%	93%	8.929E-08	0.000001587	1.373E-09	95%	76%	75%	
modal	Mode	75	0.062	0.000	0.001	0.000	93%	93%	93%	0.0000162	8.862E-07	0.00637	95%	76%	76%	
modal	Mode	76	0.058	0.041	0.000	0.000	97%	93%	93%	1.794E-07	0.00004203	0.0001	95%	76%	76%	
modal	Mode	77	0.058	0.000	0.000	0.000	97%	93%	93%	0.0073	5.026E-09	0.00001451	96%	76%	76%	
modal	Mode	78	0.055	0.002	0.000	0.001	97%	93%	93%	1.125E-07	0.00001432	0.00007819	96%	76%	76%	
modal	Mode	79	0.054	0.000	0.000	0.000	97%	93%	93%	0.000007371	2.35E-08	0.04838	96%	76%	81%	
modal	Mode	80	0.053	0.005	0.000	0.000	98%	93%	93%	0.000002548	0.00077	0.00015	96%	76%	81%	

8.1 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 **[N5]** § 2.5.1.4.2.4., verificando che essa ricada nel fuso dei *Limiti della frequenza naturale del ponte no [Hz] in funzione di L [m]*:

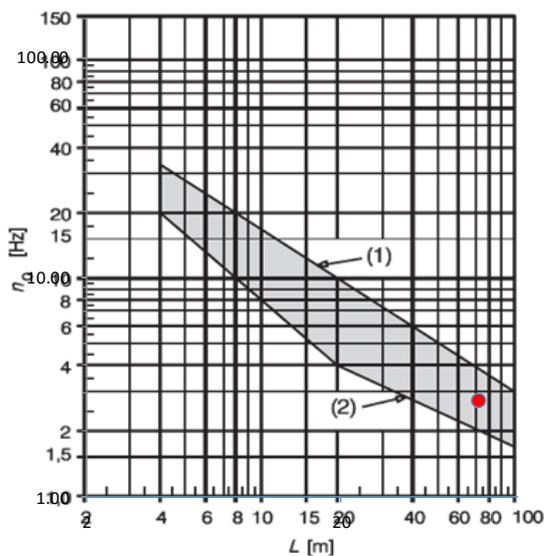
L	70	m
---	----	---

δ_0	41.0	mm
N_0	2.77	Hz

δ_0 è la freccia in mezzera dovuta alle azioni permanenti

N_0 è la prima frequenza naturale flessionale del ponte

(1)	3.95	Hz
(2)	1.91	Hz



(1) Limite superiore della frequenza naturale

(2) Limite inferiore della frequenza naturale

Per un impalcato a trave semplicemente appoggiata risulta:

- $L = 70m$;

- $n_0 = \frac{17.75}{\sqrt{\delta_0}} = \frac{17.75}{\sqrt{41}} = 2.77 \text{ Hz}$

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

9 VERIFICHE SLE

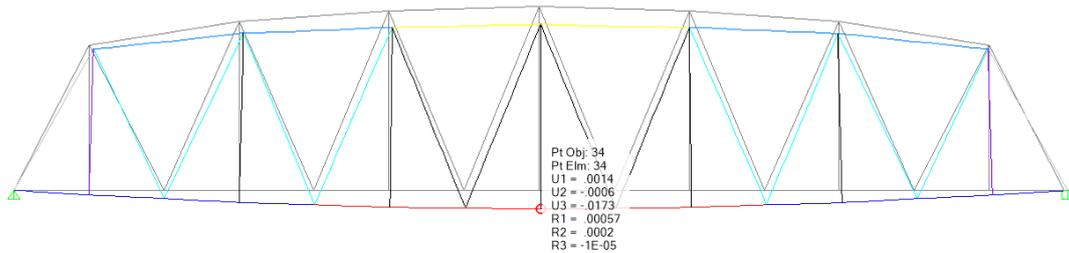
9.1 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale

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

Sono stati considerati agenti i treni di carico LM71 e SW2 incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

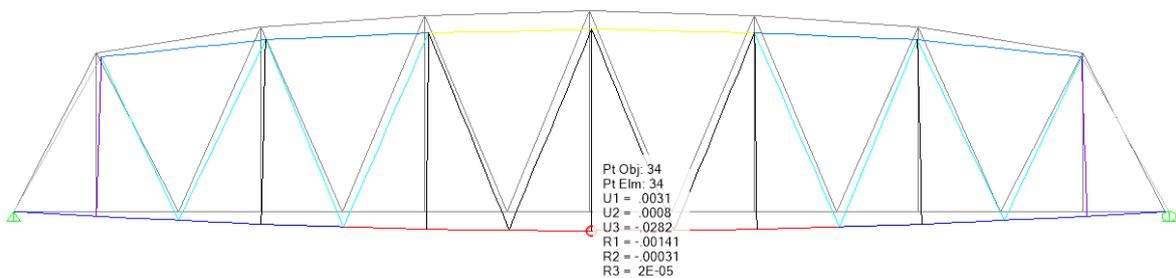
LM71

Abbassamento $17.3 < L/1000 = 68.25 \text{ mm}$



SW2 + LM71

Abbassamento $28.2 \text{ mm} < L/600 = 113.8 \text{ mm}$



Stati limite per il comfort dei passeggeri

$$\delta_v = 28.2 \text{ mm}$$

$$L / \delta_v = 68250 / 28.2 * 0.7 = 1694 > 1000$$

[Digitare qui]

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, l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

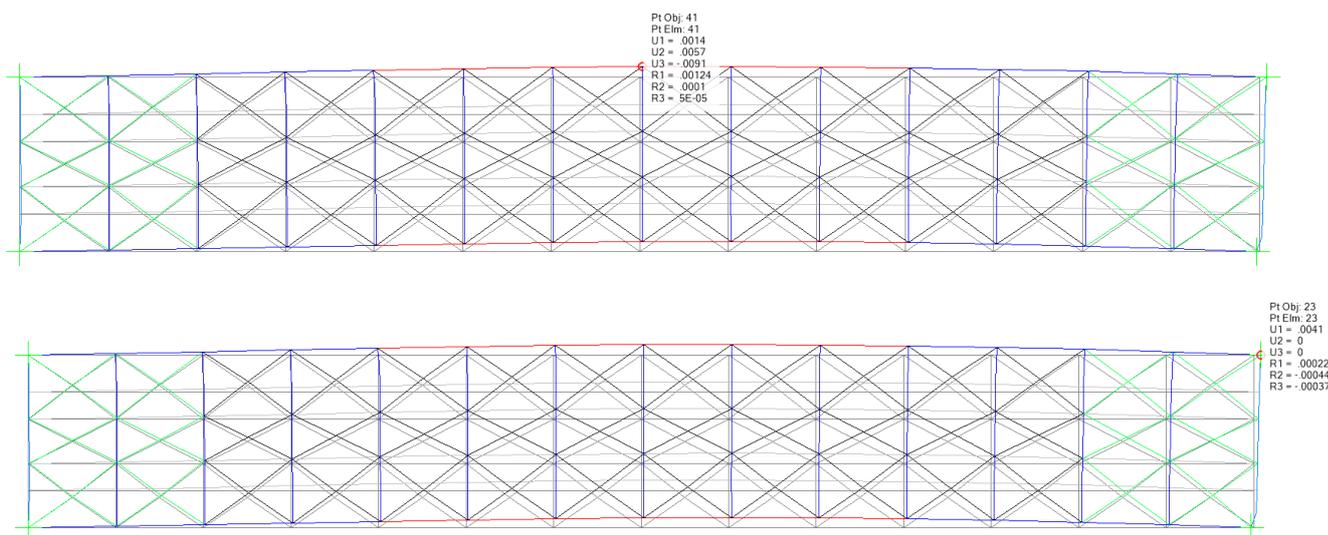
- una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tab. 5.2.VIII del [N5];
- un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

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
$V \leq 120$	0,0035 rd	1700 m	3500 m
$120 < V \leq 200$	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 160 m/h, è stato verificato che:

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



$$\delta_h = 5.7 \text{ mm}$$

RAGGIO MINIMO DI CURVATURA: $R = 102150 \text{ m} > 6000 \text{ m}$

VARIAZIONE ANGOLARE MASSIMA: $0.00037 < 0.002 \text{ rad}$

[Digitare qui]

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L = 68.25m
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS3V 40 D 09 CL VI0007 003 A

FOGLIO
47 di 47

10 REAZIONI VINCOLARI

Lo schema dei vincoli della travata metallica è il seguente:



Figura 6. SCHEMA APPOGGI

Riepilogo dei risultati:

LOTTO	TIPOLOGIA IMPALCATO	LUCE ASSI GIUNTI	NUMERO BINARI	NUMERO TRAVI	FISSO A RIGIDEZZA VARIABILE		UNIDIREZIONALE TRASVERSALE A RIGIDEZZA VARIABILE		UNIDIREZIONALE LONGITUDINALE A RIGIDEZZA VARIABILE		MULTIDIREZIONALE
					Nmax	Hmax	Nmax	HLmax	Nmax	HTmax	Nmax
	-	m	-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
					SLU	SIS	SLU	SIS	SLU	SIS	SLU
4b	RETIC.	70	2		13950	9000	13950	9000	13950	9000	13950

[Digitare qui]