

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

**U.O. STRUTTURE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA**

**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

**LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

**PONTE SUL FIUME ISARCO**

**ELABORATI GENERALI**

**RELAZIONE DI CALCOLO CARPENTERIA METALLICA - PONTE AD ARCO**

SCALA:

-

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

IBL1 10 D 09 CL VI0007 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	F. Bonifacio	Marzo 2013	F. Bonifacio	Marzo 2013	C. Mazzocchi	Marzo 2013	A. Vittozzi	Marzo 2013
B	Emissione Esecutiva	F. Bonifacio	Marzo 2013	F. Bonifacio	Marzo 2013	C. Mazzocchi	Marzo 2013	A. Vittozzi	Marzo 2013

Ordine di ingegneria della Provincia di Trento  
 Ing. ANGELO VITTOZZI  
 n° A20783  
 ITALFERR S.p.A.  
 INFRASTRUTTURE

Stampato dal Servizio  
di plottaggio ITALFERR S.p.A.  
ALBA S.r.l.

File: IBL110D09CLVI0007001B.doc

n. Elab.





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO


PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	2 DI 90

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b> .....	<b>4</b>
1.1	PREMESSA.....	4
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
1.3	MATERIALI IMPIEGATI.....	5
1.4	MODELLI DI CALCOLO .....	6
<b>2</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI UNITARI</b> .....	<b>8</b>
2.1	CARICHI FISSI.....	8
2.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	9
2.2.1	Treni di carico .....	9
2.2.2	Azioni orizzontali.....	12
2.3	AZIONI CLIMATICHE .....	13
2.3.1	Variazione termica.....	13
2.4	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI .....	13
2.5	AZIONI ECCEZIONALI .....	13
2.6	AZIONI SISMICHE .....	15
2.7	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	18
<b>3</b>	<b>VERIFICHE SLU</b> .....	<b>28</b>
3.1	LONGHERINE.....	28
3.1.1	Verifiche di resistenza e di instabilità longherine - SLU .....	28
3.1.2	Verifiche a fatica .....	31
3.2	TRAVERSI.....	35
3.2.1	Verifiche di resistenza e di instabilità traversi - SLU .....	36
3.2.2	Verifiche a fatica .....	37
3.3	TRAVI PRINCIPALI IMPALCATO E CONTROVENTI .....	39
3.3.1	Caratteristiche geometriche dei profili impiegati (TRAVI PRINCIPALI) .....	39
3.3.2	Caratteristiche geometriche dei profili impiegati (CONTROVENTI).....	41
3.3.3	Verifiche di resistenza e di instabilità travi principali e controventi- SLU .....	42
3.3.4	Verifiche a fatica travi principali .....	46
3.4	ARCO .....	47
3.4.1	Caratteristiche geometriche dei cassoni costituenti l'arco.....	47
3.4.2	Verifiche di resistenza e di instabilità elementi a cassone costituenti l'arco - SLU .....	49

<b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA METALLICA PONTE AD ARCO</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	3 DI 90

<b>3.5</b>	<b>TRAVERSI ARCO E PILASTRINI .....</b>	<b>53</b>
3.5.1	Caratteristiche geometriche dei cassoni costituenti i traversi dell'arco .....	53
3.5.2	Caratteristiche geometriche dei cassoni costituenti i pilastri dell'arco.....	56
<b>3.6</b>	<b>NODO ARCO-PILASTRINO .....</b>	<b>58</b>
3.6.1	Verifiche S.L.U.....	60
3.6.2	Verifiche a fatica .....	62
<b>3.7</b>	<b>NODO CERNIERA ARCO .....</b>	<b>63</b>
3.7.1	Verifiche S.L.U.....	65
3.7.2	Verifiche a fatica .....	67
<b>4</b>	<b>VERIFICHE SLE.....</b>	<b>69</b>
4.1	Deformazioni verticali della struttura .....	69
4.2	Deformazioni orizzontali della struttura.....	80
<b>5</b>	<b>ANALISI DINAMICA.....</b>	<b>81</b>
<b>6</b>	<b>STABILITA' GLOBALE.....</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>REAZIONI VINCOLARI .....</b>	<b>85</b>
<b>8</b>	<b>INTERAZIONE STATICA TRENO-BINARIO-STRUTTURA .....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATI – INPUT E OUTPUT MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>90</b>

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA METALLICA PONTE AD ARCO</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBL1</td> <td>10</td> <td>D 09 CL</td> <td>V100 07 001</td> <td>B</td> <td>4 DI 90</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IBL1	10	D 09 CL	V100 07 001	B	4 DI 90
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IBL1	10	D 09 CL	V100 07 001	B	4 DI 90								

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 PREMESSA

Si riportano di seguito le principali verifiche strutturali per il ponte ad arco in carpenteria metallica. La stura è costituita da:

- travi di impalcato a parete piena di altezza complessiva pari a 2,8 m;
- longherine (profili laminati commerciali HEB600) e traversi di impalcato in composizione saldata (simmetrici a doppio T e con gousset alle due estremità per il collegamento rigido alle travi a parete piena);
- 2 archi scatolari ciascuno di sezione pari a 1,7x2,2 m irrigiditi internamente e vincolati reciprocamente con 5 traversi scatolari ispezionabili;
- pilastri scatolari di collegamento tra impalcato ed arco;

Gli archi sono vincolati alla fondazione in c.a. tramite cerniere in carpenteria metallica;

L'impalcato (struttura continua a 4 campate) è inoltre costituito da controventi inferiori in composizione saldata vincolati all'intradosso dei traversi e da una vasca in c.a. contenente l'armamento e vincolata al graticcio in carpenteria metallica tramite pioli Nelson.

### 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- ✓ **Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008** - Nuove norme tecniche per le costruzioni
- ✓ **Circolare Ministeriale 2 Febbraio 2009 n°617** - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- ✓ **Norme Tecniche C.N.R. UNI n. 10011 di Giugno 1988** - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione e s. m. ed i.
- ✓ **Specifica RFI DTC INC SP IFS 001 A** - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sottobinario (annulla e sostituisce l'Istruzione FS "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzione per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo" del 13/01/1997)
- ✓ **Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 003 A** - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari (annulla e sostituisce l'Istruzione FS 44F del 30/01/1992)
- ✓ **Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 005 A** - Specifica per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprugiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia (annulla e sostituisce l'Istruzione FS 44E del 14/03/2002)
- ✓ **Istruzione 44 M** - Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle strutture metalliche per ponti ferroviari e cavalcaferrovia del 10/04/2000
- ✓ **Istruzione 44 S** - Specifica tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari del 20/10/1999
- ✓ **Istruzione 44 V** - Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti di marzo 200
- ✓ **Istruzione 44 B** - Manufatti sotto binario da costruire in zona sismica del 14/11/1996 (annullata, i suoi contenuti sono trattati all'interno della nuova Specifica RFI DTC INC SP IFS 001 A).



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	5 DI 90

### 1.3 MATERIALI IMPIEGATI

- acciaio secondo EN 10025, dm 14.1.2008 e istruzione FS 44M

- lamiere e profili per elementi saldati S355J2/K2

- lamiere e profili per elementi non saldati S355J0

- bulloni del tipo "ad alta resistenza" ai sensi del DM 14.1.2008

Viti secondo EN 14399-4

Dadi secondo EN 14399-4

Rondelle (Rosette) EN 14399-6

Piastrine secondo UNI 5715 - 5716

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare:

Per giunti con bulloni a taglio:

Viti di classe 8.8 UNI EN ISO 898 – 1

Dadi di classe 8 UNI EN 20898 -2

Viti di classe 10.9 UNI EN ISO 898 – 1

Dadi di classe 10 UNI EN 20898 -2

(con coefficiente K-class pari a 1)

Per giunti ad attrito:

Viti di classe 10.9 UNI EN ISO 898 - 1

Dadi di classe 10 UNI EN 20898 -2

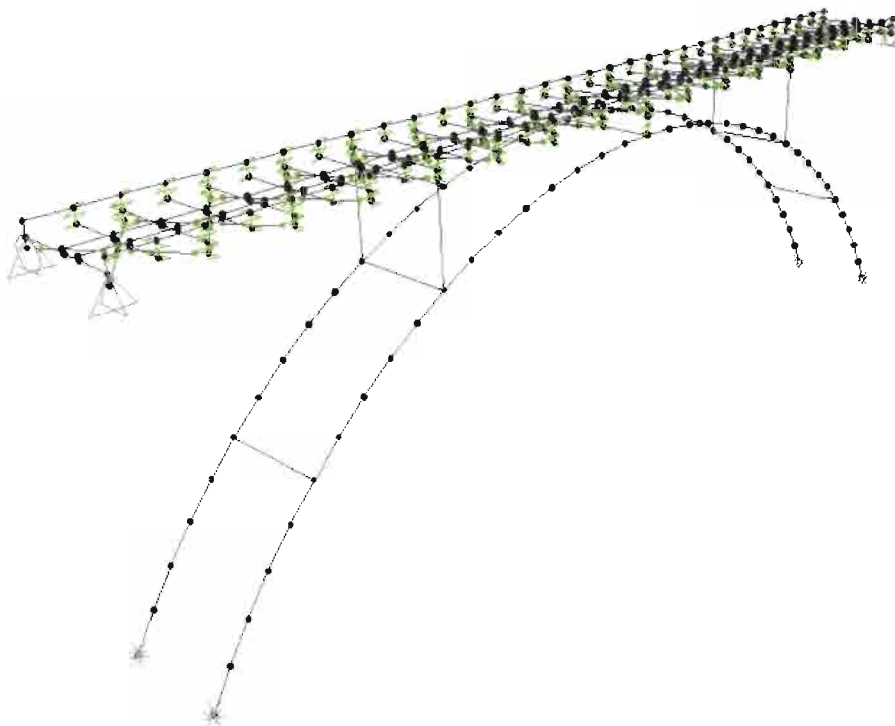
(con coefficiente K-class pari a 2)

- tutti i materiali dovranno essere sottoposti a collaudo in accordo al d.m. 2008 e alla istruzione FS 44 M

## 1.4 MODELLI 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.

Di seguito viene rappresentato il modello tridimensionale (con elementi finiti di tipo "frame") con il quale sono stati valutati gli effetti globali in termini di resistenza, di deformazione, di stabilità e fatica.



*Figura 1 - Modello tridimensionale*

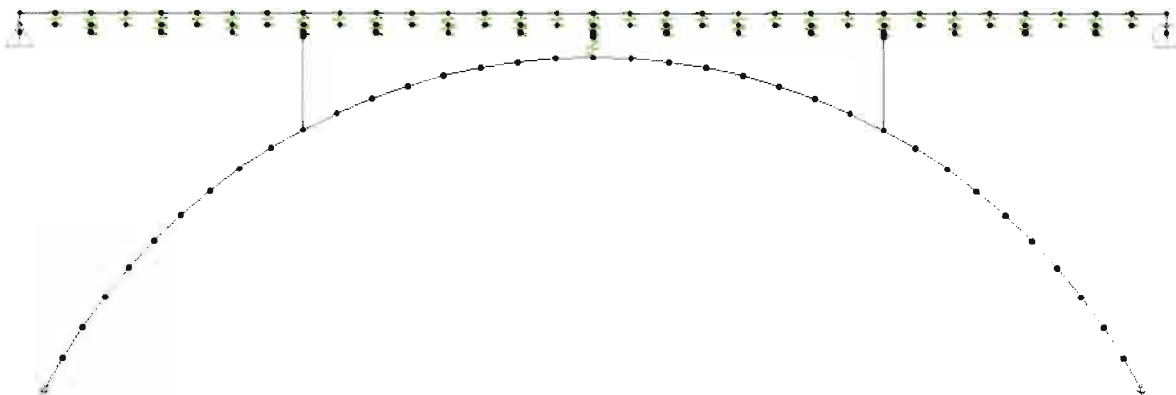
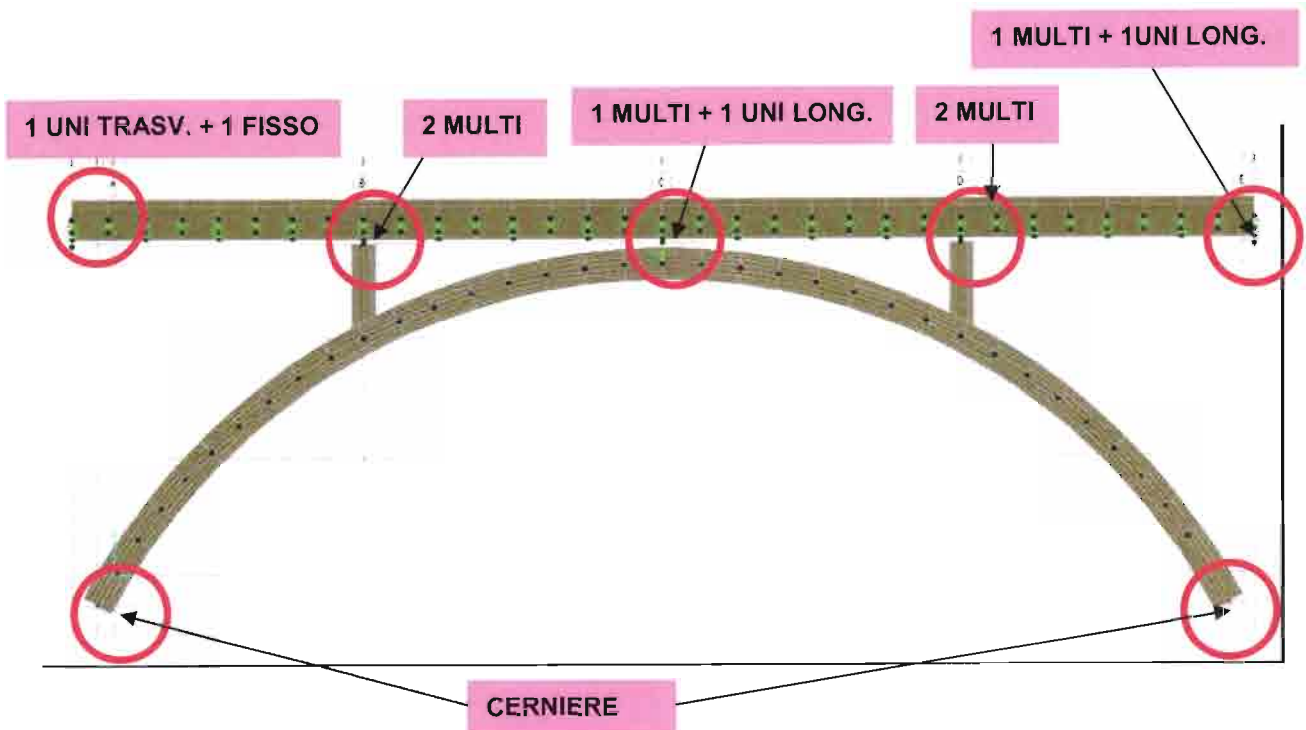


Figura 2 - Modello tridimensionale (prospetto)



Figura 3 - Modello tridimensionale (extrude view)





## 2 ANALISI DEI CARICHI UNITARI

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

### 2.1 CARICHI FISSI

#### Peso proprio

Peso totale: impalcato+arco+pilastrini+traversi arco  $\approx$  13250 kN (stimato da modello di calcolo con incremento del 25%)

#### Permanenti portati

Soletta in c.a. ( $2.58 \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3$ )	64.5	kN/m
armamento ( $1.7 \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3$ )	42.5	kN/m
rotaie e attacchi	1.5	kN/m
grigliati	1.2	kN/m
<b>TOTALE</b>	<b><math>\approx 110</math></b>	<b>kN/m</b>

#### Barriere fonoassorbenti

(cfr. punto 1.3.2 normativa ponti) ( $4 \text{ kN/m}^2$ ,  $h=5\text{m}$ ) **20 kN/m per trave**

#### Impianti

tubazioni acqua	3.9	kN/m
supporto scorrevole	0.2	kN/m
supporto fisso	0.3	kN/m
cavi e canaline	1	kN/m
<b>TOTALE</b>	<b>5.4</b>	<b>kN/m</b>

nel modello di calcolo si considerano cautelativamente **6 kN** al metro lineare per gli impianti

## 2.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

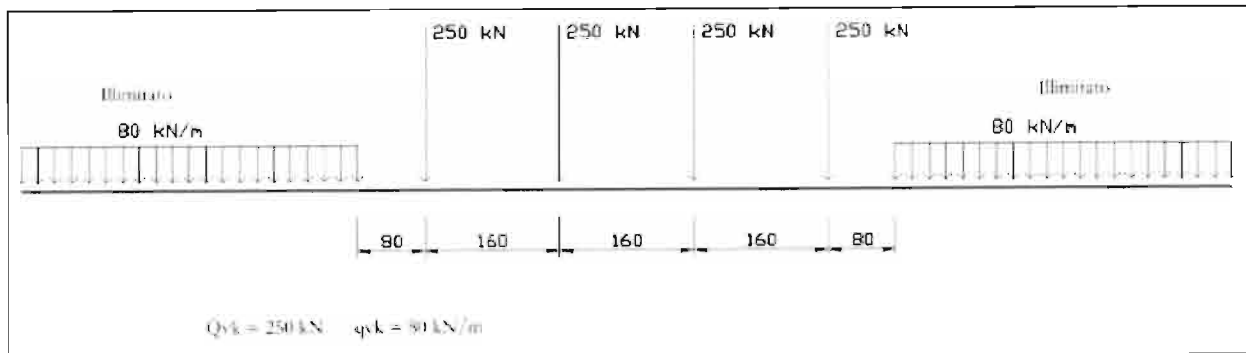
### 2.2.1 Treni di carico

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

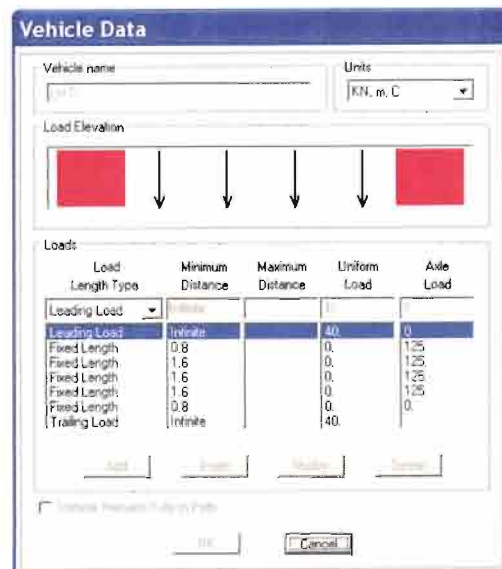
Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta costituito da:

- 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:



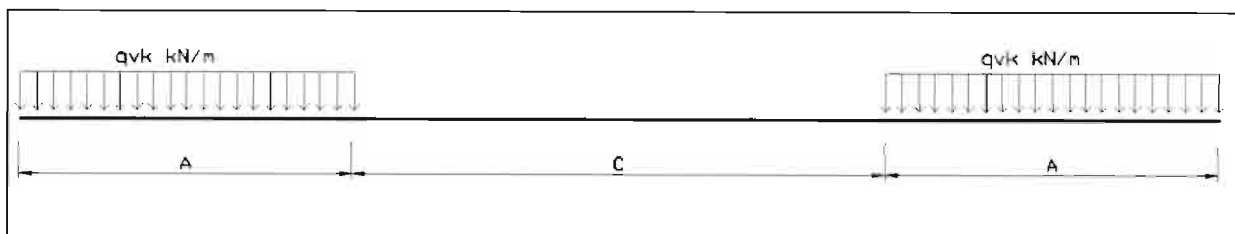
Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		40	0
Fixed Length	0,8		0	125
Fixed Length	1,6		0	125
Fixed Length	1,6		0	125
Fixed Length	1,6		0	125
Fixed Length	0,8		0	0
Trailing Load	Infinite		40	

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

Traffico pesante treno SW/2

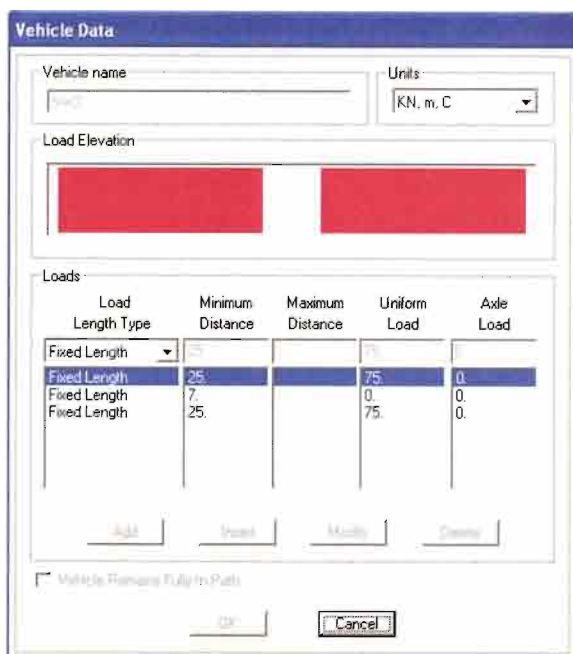
Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Per tale modello di carico è stata considerata la seguente configurazione:

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



Sulla singola rotaia risulta:

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



### 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 la Tabella 1.4.2.5.3.1:


Essendo l'impalcato continuo con 4 campate,  $L_\Phi$  per le verifiche globali risulta:  $1,4 \times L = 29.4\text{m}$ .

interasse traversi	luce traversi
m	m
2.56	7.6

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73$$

COEFFICIENTI DI INCREMENTO DINAMICO				
	$L_\Phi$	$\Phi$	$\beta$	$\Phi \cdot \beta$
	m	-	-	-
Travi principali	29.4	1.14	1.1	1.26
Longherine	5.56	1.73	1	1.73
Longherine a mensola	-	2.00	1	2.00
Travi trasversali intermedie	15.2	1.31	1.1	1.45
Travi trasversali di estremità	3.6	2.00	1	2.00

COEFFICIENTI DI INCREMENTO DINAMICO (FATICA)		
	$L_\Phi$	$\Phi$
Travi principali	29.4	1.10
Longherine	5.56	1.49
Longherine a mensola	-	1.67
Travi trasversali	5.12	1.52

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA          METALLICA PONTE AD ARCO</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBL1</td> <td>10</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI00 07 001</td> <td>B</td> <td>12 DI 90</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	12 DI 90
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	12 DI 90								

### 2.2.2 Azioni orizzontali

#### Serpeggio

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

#### Avviamento e frenatura

##### **Avviamento:**

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

Treno LM71

$$Q_{ak} = 1000 \text{ kN};$$

Treno SW2

$$Q_{ak} = 1000 \text{ kN}$$

##### **Frenatura:**

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

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

Treno LM71

$$Q_{bk} = 20 * 84 = 1680 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{bk} = 35 * 50 = 1750 \text{ kN}$$

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

#### Vento

Si effettuano le verifiche considerando, cautelativamente, una pressione del vento pari a  $2,5 \text{ kN/m}^2$ .

<b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA METALLICA PONTE AD ARCO</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	13 DI 90

## 2.3 AZIONI CLIMATICHE

### 2.3.1 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 “Specificazione per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”.

#### Variazione termica uniforme

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per un impalcato in acciaio ed armamento diretto risulta pari a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .

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

#### Variazione termica non uniforme

In aggiunta alla variazione termica uniforme è stato considerato un gradiente termico pari a  $5^{\circ}\text{C}$  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  $10^{\circ}\text{C}$ .

#### 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.

## 2.4 EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

### Superfici verticali parallele al binario

Per una distanza  $a_g$  dall’asse del binario pari a 3.70 m, e per una velocità massima di percorrenza pari a 240 km/h, il valore caratteristico dell’azione sul pannello è di  $0.6 \text{ kN/m}^2$ .

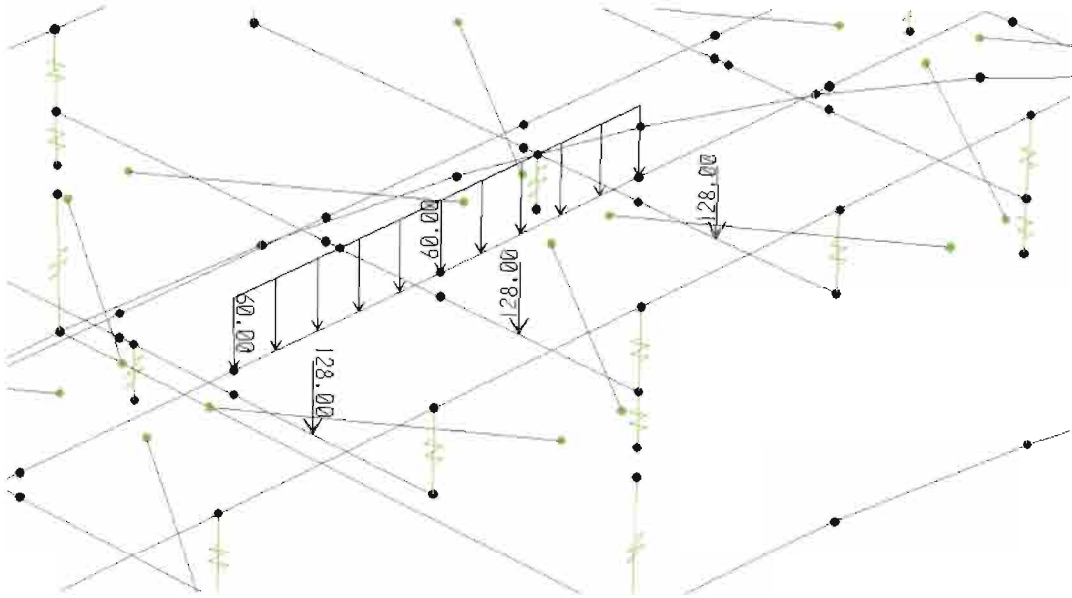
## 2.5 AZIONI ECCEZIONALI

### Deragliamento schema 1

Sono state considerate due stese di carico di lunghezza 6.40 m, intensità di  $60 \text{ kN/m}$ , ad una distanza pari allo scartamento S ed eccentriche rispettivamente 1.5 s e s.

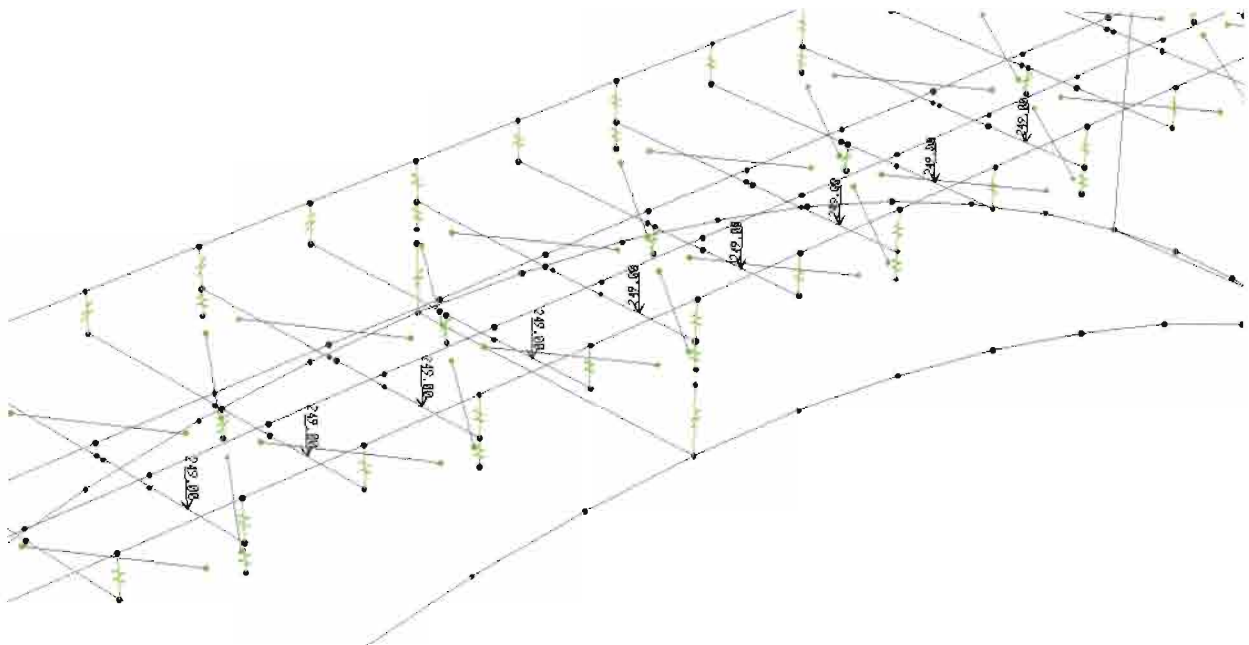
**RELAZIONE DI CALCOLO - CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**


PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	14 DI 90



Deragliamento schema 2

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



 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA          ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO          QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA          LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</p>					
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA          METALLICA PONTE AD ARCO</b></p>	<p>PROGETTO IBL1</p>	<p>LOTTO 10</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO V100 07 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 15 DI 90</p>

## 2.6 AZIONI SISMICHE

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

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Elaborazioni numeriche

Nodi del reticolo intorno al sito



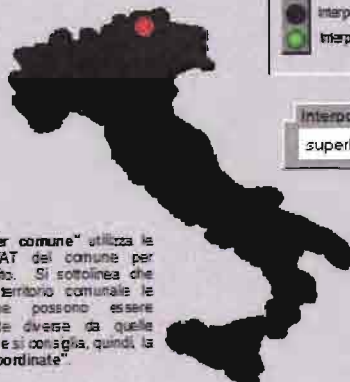
Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

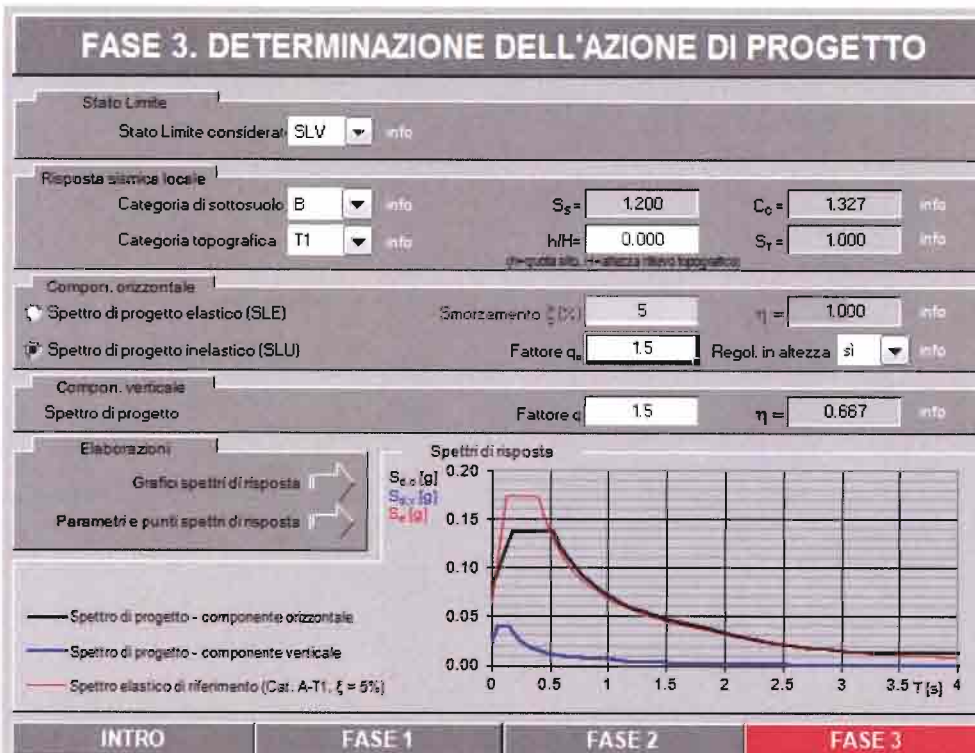
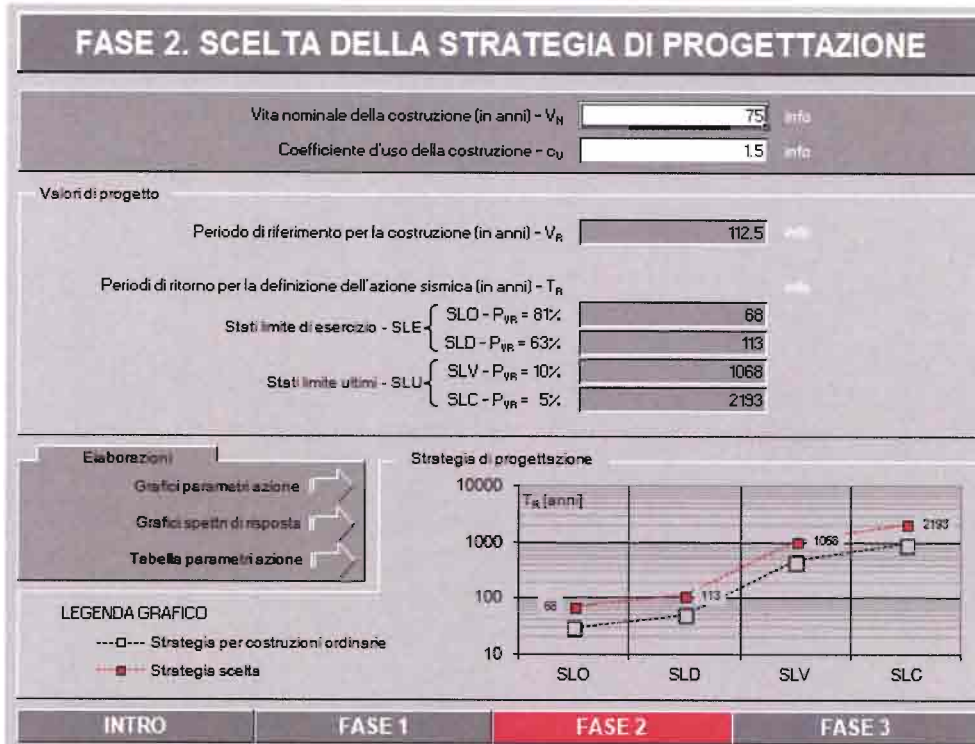


La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

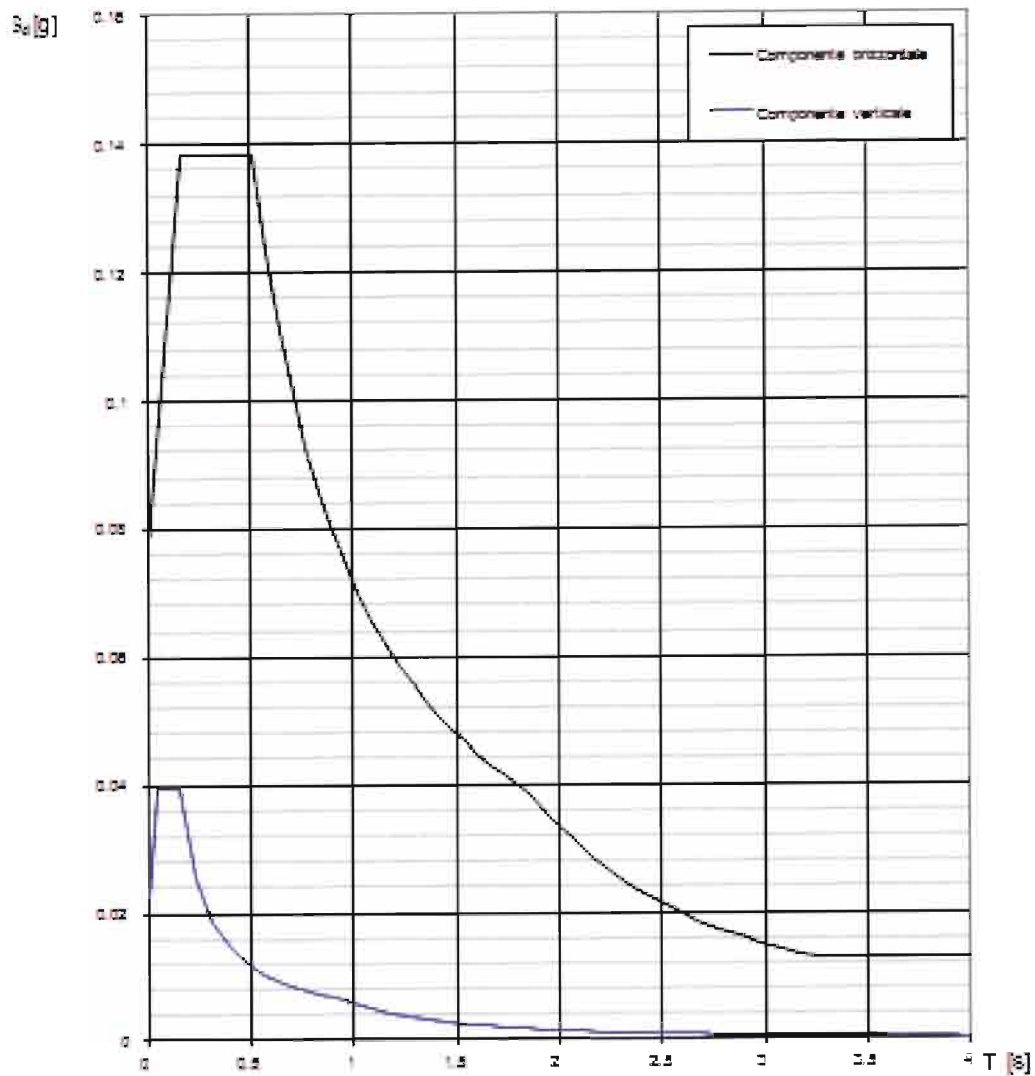
Interpolazione

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3





### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stat SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	18 DI 90

## 2.7 CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO

Sono state verificate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazioni fondamentali – SLU;
- Combinazioni eccezionali;
- Combinazioni sismiche;
- Combinazioni frequenti.

Nelle verifiche sono state considerate le seguenti condizioni elementari di carico:

DESCRIZIONE	DEFINIZIONE DEI CARICHI
Peso proprio della struttura	Peso proprio
Carichi permanenti portati	P_port Fonoass
Carico da traffico normale LM71	LM71
Carico da traffico pesante SW2	SW2
Serpeggio appoggio	serp_i
Serpeggio mezzeria	serp_m
Serpeggio appoggio	serp_f
Avviamento/frenatura LM71	F-A_LM71
Avviamento/frenatura SW2	F-A_SW2
Effetti aerodinamici	EAer+ EAer-
Vento sulla struttura scarica	Vento_scarico
Vento sulla struttura carica	Vento_carico
Deragliamento: schema 1 in mezzeria	C1m_deragl
Deragliamento: schema 2	C2_deragl
Deragliamento: schema 1 in appoggio	C1a_deragl
Temperatura uniforme	Temp_U
Gradiente di temperatura tra intradosso ed estradosso	Temp_V
Gradiente di temperatura orizzontale	Temp_O
Sisma: azione principale in direzione X	S+1X+0.3Y+0.3Z
Sisma: azione principale in direzione Y	S+0.3X+1Y+0.3Z
Sisma: azione principale in direzione Z	S+0.3X+0.3Y+1Z

COMBINAZIONI PRELIMINARI DELLE AZIONI			
Nome	Combinazione	Carico	Scale factor
<b>Permanenti portati</b>	Linear add	P_port	1
		Fonoass	1
			1
			1
			1
<b>Serp_LM71</b>	Envelope	serp_i	1.1
		serp_m	1.1
		serp_f	1.1
<b>Serp_SW2</b>	Envelope	serp_i	1
		serp_m	1
		serp_f	1
<b>Eff_Aerodinamici</b>	Envelope	EAer+	1
		EAer-	1
<b>Temp_U-</b>	Linear add	Temp_U	-1
<b>Temp_V-</b>	Linear add	Temp_V	-1
<b>Temp_UV+</b>	Linear add	Temp_U	1
		Temp_V	1
<b>Temp_U-V+</b>	Linear add	<b>Temp_U-</b>	1
		Temp_V+	1
<b>Temp_UV-</b>	Linear add	Temp_U	1
		<b>Temp_V-</b>	1
<b>Temp_U-V-</b>	Linear add	<b>Temp_V-</b>	1
		<b>Temp_U-</b>	1
<b>Temp SLU</b>	Envelope	Temp_U	1
		<b>Temp_U-</b>	1
		Temp_V	1
		<b>Temp_V-</b>	1
		<b>Temp_UV+</b>	1
		<b>Temp_U-V+</b>	1
		<b>Temp_UV-</b>	1
		<b>Temp_U-V-</b>	1

COMBINAZIONI FONDAMENTALI (SLU)

I coefficienti riportati nelle verifiche allo SLU sono riportati nella tabella seguente:

Attribuzione dei coefficienti amplificativi dei carichi										
AZIONE VARIABILE PRINCIPALE -- →		Traffico:			Vento:			Temperatura:		
		γ	ψ	γ*ψ	γ	ψ	γ*ψ	γ	ψ	γ*ψ
P	Peso proprio	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00	1.35
PP	<b>Permanenti portati</b>	1.50	1.00	1.50	1.50	1.00	1.50	1.50	1.00	1.50
VT	SW2	1.45	1.00	1.45	1.45	0.80	1.16	1.45	0.80	1.16
VT	LM71	1.45	1.00	1.45	1.45	0.80	1.16	1.45	0.80	1.16
VT	<b>Serp_LM71</b>	1.45	1.00	1.45	1.45	0.80	1.16	1.45	0.80	1.16
VT	<b>Serp_SW2</b>	1.45	1.00	1.45	1.45	0.80	1.16	1.45	0.80	1.16
VT	F-A_LM71	1.45	1.00	1.45	1.45	0.80	1.16	1.45	0.80	1.16
VT	F-A_SW2	1.45	1.00	1.45	1.45	0.80	1.16	1.45	0.80	1.16
AE	<b>Eff_Aerodinamici</b>	1.50	1.00	1.50	1.50	0.80	1.20	1.50	0.80	1.20
VV	Vento_scarico	1.50	0.60	0.90	1.50	1.00	1.50	1.50	0.60	0.90
VV	Vento_carico	1.50	0.60	0.90	1.50	1.00	1.50	1.50	0.60	0.90
T	<b>Temp SLU</b>	1.50	0.60	0.90	1.50	0.60	0.90	1.50	1.00	1.50

Per l'analisi della struttura sono stati considerati due gruppi di carico: il gruppo di carico 1 e il gruppo 3.

I coefficienti relativi ai gruppi di carico dei veicoli sono riportati nella tabella seguente:

**Combinazioni delle azioni: coefficienti riduttivi dovuti ai soli gruppi di carico**

AZIONE VARIABILE PRINCIPALE ---->	VEICOLI				VENTO		TEMPERATURA				
	SW2		LM71		Struttura scarica		SW2		LM71		Struttura scarica
	GR1	GR3	GR1	GR3			GR1	GR3	GR1	GR3	
Peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Permanenti portati</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
LM71	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Serp_LM71	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0.5	0
Serp_SW2	1	1	0.5	0.5	0	0	1	0.5	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0.5	1	0
F-A_SW2	0.5	0.5	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0
Eff_Aerodinamici	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Vento_scarico	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Vento_carico	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Temp SLU	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1

Queste condizioni elementari, tenendo conto dei gruppi di carico dei carichi da traffico, danno origine alle combinazioni di carico riportate nelle seguenti tabelle.

**Combinazioni delle azioni con relativi coefficienti di amplificazione**

AZIONE VARIABILE PRINCIPALE ---->	VEICOLI												VENTO			TEMPERATURA							
	SW2			LM71			GR1			GR3			Struttura scarica			SW2		LM71		GR1		GR3	
	SLU01	SLU02	SLU03	SLU04	SLU05	SLU06	SLU07	SLU08	SLU09	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13	SLU14	SLU15	GR1	GR3	SLU11	SLU12	SLU13	SLU14	SLU15	
L	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	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
C	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
L	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.16	0.00	0.00	0.00	
L	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.16	0.00	
C	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.16	0.58	
C	1.45	1.45	0.73	0.73	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.73	1.45	1.45	0.73	0.73	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	1.16	0.00	
L	0.73	0.73	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	1.16	0.00	
C	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	1.20	1.20	1.20	1.20	0.00	
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	
C	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00	
C	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	

### COMBINAZIONI SISMICHE

I coefficienti riportati nelle verifiche sismiche sono riportati nella tabella seguente:

Attribuzione dei coefficienti amplificativi dei carichi				
AZIONI		$\gamma$	$\psi$	$\gamma^*\psi$
P	Peso proprio	1.00	1.00	1.00
PP	<b>Permanenti portati</b>	1.00	1.00	1.00
VT	SW2	1.00	0.20	0.20
E	$S+1X+0.3Y+0.3Z$	1.00	1.00	1.00
E	$S+0.3X+1Y+0.3Z$	1.00	1.00	1.00
E	$S+0.3X+0.3Y+1Z$	1.00	1.00	1.00

Queste condizioni elementari, tenendo danno origine alle combinazioni di carico riportate nelle seguenti tabelle.

Combinazioni delle azioni con relativi coefficienti di amplificazione						
TIPO DI CARICO	TRENO CARICO			TRENO SCARICO		
	SISMA01	SISMA02	SISMA03	SISMA04	SISMA05	SISMA06
L	Peso proprio	1	1	1	1	1
C	<b>Permanenti portati</b>	1	1	1	1	1
L	SW2	0.2	0.2	0	0	0
L	$S+1X+0.3Y+0.3Z$	1	0	0	1	0
L	$S+0.3X+1Y+0.3Z$	0	1	0	0	1
L	$S+0.3X+0.3Y+1Z$	0	0	1	0	0

### COMBINAZIONI ECCEZIONALI

I coefficienti riportati nelle verifiche delle condizioni eccezionali sono riportati nella tabella seguente:

Attribuzione dei coefficienti amplificativi ai carichi				
AZIONI		$\gamma$	$\psi$	$\gamma^*\psi$
P	Peso proprio	1.00	1.00	1.00
PP	<b>Permanenti portati</b>	1.00	1.00	1.00
VT	SW2	1.00	0.20	0.20
T	Temp SLU	1.00	0.50	0.50
EC	C1m_deragl	0	0.00	0.00
EC	C2_deragl	0	0.00	0.00
EC	C1a_deragl	0	0.00	0.00



**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	24 DI 90

Queste condizioni elementari, tenendo danno origine alle combinazioni di carico riportate nelle seguenti tabelle.

**Combinazioni delle azioni con relativi coefficienti di amplificazione**

TIPO DI CARICO	TRENO CARICO						TRENO SCARICO					
	ecc01	ecc02	ecc 03	ecc 04	ecc 05	ecc 06	ecc 07	ecc 08	ecc 09	ecc 10	ecc 11	ecc 12
L	Peso proprio <b>Permanenti portati</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L	SW2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0
L	Temp SLU	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0
L	C1m_deragl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	C2_deragl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	C1a_deragl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI FREQUENTI

I coefficienti riportati nelle verifiche delle condizioni frequenti sono riportati nella tabella seguente:

**Attribuzione dei coefficienti amplificativi ai carichi**

AZIONE VARIABILE PRINCIPALE - -->		Traffico:			VT	Vento:		VV	Temperatura:		T
		$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_1^*\psi_2$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_1^*\psi_2$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_1^*\psi_2$	
P	Peso proprio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PP	<b>Permanenti portati</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
VT	SW2	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VT	LM71	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VT	<b>Serp_LM71</b>	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VT	<b>Serp_SW2</b>	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VT	F-A_LM71	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VT	F-A_SW2	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
AE	<b>Eff_Aerodinamici</b>	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VV	Vento_scarico	0.50	0.00	0.00	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
VV	Vento_carico	0.50	0.00	0.00	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
T	<b>Temp_V_SLE</b>	0.60	0.50	0.30	0.60	0.50	0.30	0.60	1.00	0.60	0.60
T	<b>Temp_O_SLE</b>	0.60	0.50	0.30	0.60	0.50	0.30	0.60	1.00	0.60	0.60

I coefficienti relativi ai gruppi di carico dei veicoli sono riportati nella tabella seguente:

Combinazioni delle azioni: coefficienti riduttivi dovuti ai soli gruppi di carico																	
AZIONE VARIABILE PRINCIPALE →	VEICOLI									VENTO			TEMPERATURA				
	SW2						LM71						Struttura scarica			Struttura scarica	
	GR1			GR3			GR1			GR3							
Peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Permanenti portati</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LM71	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Serp_LM71	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0
Serp_SW2	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0	0	0	0	0
F-A_SW2	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eff_Aerodinamici	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Vento_scarico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Vento_carico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Temp_V_SLE	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Temp_O_SLE	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1

Queste condizioni elementari, tenendo conto dei gruppi di carico dei carichi da traffico, danno origine alle combinazioni di carico riportate nelle seguenti tabelle.

**Combinazioni delle azioni con relativi coefficienti di amplificazione**

AZIONE VARIABILE PRINCIPALE -->	VEICOLI																		TEMPERATURA							
	SW2									LM71									Struttura scarica		Struttura scarica					
	GR1			SLE03			SLE04			SLE05			SLE06			GR1			GR3			SLE13	SLE14	SLE15	SLE16	SLE17
L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
L	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
L	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

COMBINAZIONI RARE

**Combinazioni delle azioni con relativi coefficienti di amplificazione**

AZIONE VARIABILE PRINCIPALE -->	VEICOLI																		TEMPERATURA								
	SW2									LM71									VENTO		Struttura scarica						
	GR1			GR3			GR1			GR3			SLE09			SLE12			SLE13		SLE14		SLE15		SLE16		SLE17
TIPO DI CARICO	SLE01	SLE02	SLE03	SLE04	SLE05	SLE06	SLE07	SLE08	SLE09	SLE10	SLE11	SLE12	SLE13	SLE14	SLE15	SLE16	SLE17	SLE13	SLE14	SLE15	SLE16	SLE17	SLE16	SLE17			
L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
C	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
L	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
C	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60			
L	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00			
L	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

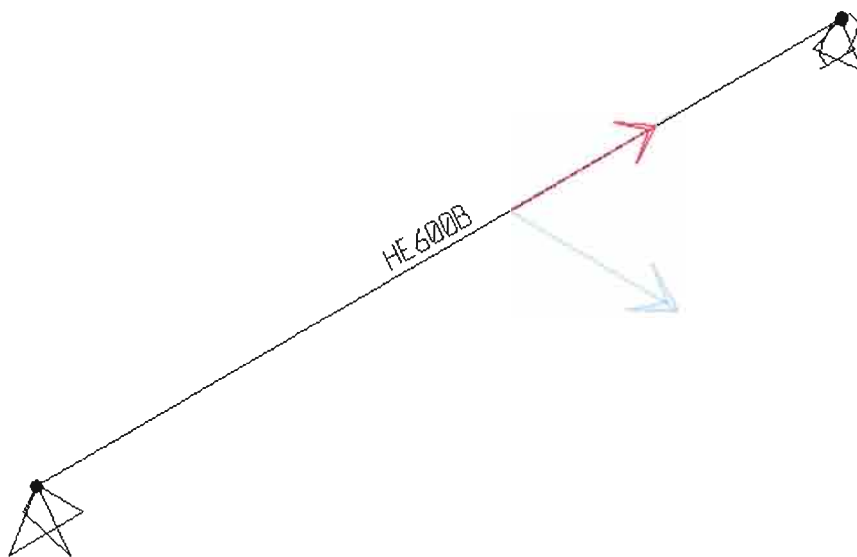
### 3 VERIFICHE SLU

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

#### 3.1 LONGHERINE

##### 3.1.1 Verifiche di resistenza e di instabilità longherine - SLU

È stato realizzato il modello di calcolo del singolo elemento (HEB600) avente luce di calcolo pari a 2.625 m per effettuare le verifiche a fatica e allo SLU delle longherine.



Per il dimensionamento delle longherine è stato considerato il seguente sforzo assiale di trazione, concomitante con gli effetti flettenti e taglianti dei carichi locali da traffico:

TRAZIONE MAX EFFETTO GLOBALE: **613 kN** (valore già amplificato sul modello globale, del coeff. di combinazione e del coefficiente dinamico dei carichi viaggianti)



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	29 DI 90



Le verifiche di resistenza risultano soddisfatte: coefficiente di verifica =  $0,5 < 1$ .

**RELAZIONE DI CALCOLO - CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	V100 07 001	B	30 DI 90

**Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK**

Combo : SL005  
Units : KN, m, C

Frame : 160	Design Sect: HE600B
X Mid : 13.725	Design Type: Beam
Y Mid : 0.180	Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 24.261	Sect Class : Class 1
Length : 2.625	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 1.575	RLLP : 1.000

Area : 0.027	SMajor : 0.006	rMajor : 0.252	AVMajor: 0.009
IMajor : 0.002	SMinor : 9.020E-04	rMinor : 0.071	AVMinor: 0.015
IMinor : 1.353E-04	ZMajor : 0.006	E : 210000000.00	
Ixy : 0.000	ZMinor : 0.001	Fy : 355000.000	

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
1.575	613.000	328.028	-0.968	-129.640	-0.307	-38.700

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(6.2.1)	0.210	= 0.064	+ 0.144	+ 0.002	0.950	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned Force	Nc, Rd Capacity	Nt, Rd Capacity	Nb33, Rd Major	Nb22, Rd Minor
Axial	613.000	8537.035	9585.000	9585.000	8537.035

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major Moment	328.028	2280.875	2280.875	2280.875
Minor Moment	-0.968	493.805	493.805	

	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kxz Factor	Cl Factor
Major Moment	1.000	1.000	0.996	0.995		1.000
Minor Moment	1.000	1.000	1.027		0.616	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major Shear	265.101	1906.122	0.139	OK	0.000
Minor Shear	0.307	3074.390	9.982E-05	OK	0.000

<b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA          METALLICA PONTE AD ARCO</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	31 DI 90

### 3.1.2 Verifiche a fatica

E' possibile ricondurre la verifica a fatica ad una verifica convenzionale di resistenza, confrontando il delta ideale convenzionale di tensione di progetto,  $\Delta\sigma_{E,d}$ , descritto nel seguito, con la classe del particolare  $\Delta\sigma_C$ .

Il delta di tensione convenzionale di calcolo  $\Delta\sigma_{E,d}$  è dato da:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{71}$$

Per essere in sicurezza nei riguardi della fatica dovrà verificarsi la seguente condizione:

$$\Delta\sigma_{E,d} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_M}$$

esprimibile con identica forma anche in termini di tensioni tangenziali:

$$\Delta\tau_{E,d} \leq \frac{\Delta\tau_C}{\gamma_M}$$

Dove:

$\lambda$  è un fattore di correzione i cui valori numerici sono definiti in 2.1;

$\Delta\sigma_{71}$  è la differenza di tensione tra i valori estremi  $\sigma_{max}$  e  $\sigma_{min}$  dovuti a sovraccarico teorico di calcolo adottato per il ponte (LM71) posto nella posizione più sfavorevole;

$\Delta\sigma_C$  è la resistenza alla fatica corrispondente a  $2 \times 10^6$  cicli da ricavare sulle curve SN corrispondenti al particolare strutturale esaminato (Figure 1.5-1 e 1.5-3);



Il fattore di correzione è dato dalla seguente formula:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \quad \text{ma} \quad \lambda \leq \lambda_{\max}$$

Dove:

$\lambda_1$  è un fattore che, per differenti tipi di travature, porta in conto l'effetto di danneggiamento dovuto al traffico e dipende dalla lunghezza di influenza caratteristica dell'elemento da verificare;

$\lambda_2$  è un fattore che porta in conto il volume di traffico (definito in 2.2);

$\lambda_3$  è un fattore che porta in conto la vita di progetto del ponte (definito in 2.3);

$\lambda_4$  è un fattore da applicarsi quando l'elemento strutturale è caricato da più di un binario (definito in 2.4).

Nel caso che l'influenza dello spessore sulla resistenza a fatica non sia trascurabile (spessore  $t > 25\text{mm}$ ), la classe del dettaglio deve essere ridotta secondo la formula:

$$\Delta\sigma_{C,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_C$$

dove il coefficiente riduttivo  $k_s$  dipende dal dettaglio strutturale considerato ed i cui valori indicativi sono indicati, per alcuni dettagli costruttivi, nelle Tabelle dell'Allegato 2.

Dove non esplicitamente indicato il coefficiente  $k_s$  nelle tabelle sopraccitate, lo stesso può essere determinato con la seguente espressione:

$$k_s = \sqrt[4]{\frac{25}{t}} \leq 1.$$

Dove  $t$  è lo spessore in mm.

Analogamente si procederà per i  $\Delta$  di tensione tangenziale.


La TRAZIONE MAX EFFETTO GLOBALE per il solo effetto del carico viaggiante LM71 risulta pari a: **153 kN**

SEZIONE MEZZERIA (PROFILO HEB600)

<i>Caratteristiche del profilo</i>		
$A_{LORDA}$	cm <sup>2</sup>	270.00
$W_x$	cm <sup>3</sup>	5700.00
$W_y$	cm <sup>3</sup>	902.00
<i>Tensioni - LM71</i>		
<i>Locali</i>		
$M_x$	KNm	152.60
$\sigma_M$	N/mm <sup>2</sup>	26.77
<i>Globali</i>		
N	KN	153
$\sigma_N$	N/mm <sup>2</sup>	5.67

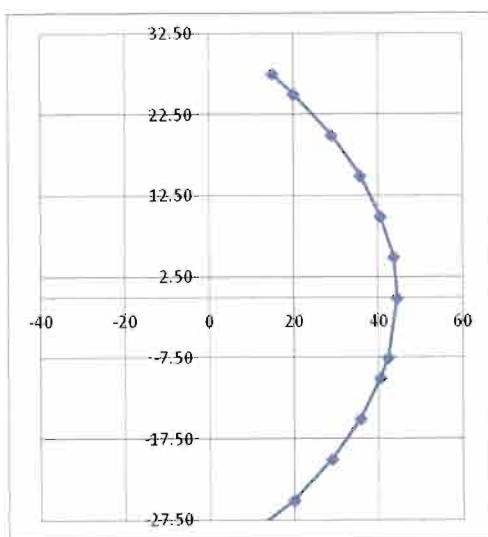
<i>VERIFICA A FATICA DEL PROFILO - PRESSO-FLESSIONE</i>					
<i>Longherine - mezzeria - verifica a tenso-flessione (MEZZERIA) (pioli saldati su piattabanda superiore)</i>					
$\gamma_{Mf}$		-			1.35
$\Delta\sigma_C$		N/mm <sup>2</sup>			80.00
t		mm			28.00
$k_s$		-			0.97
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$		N/mm <sup>2</sup>			<b>57.60</b>
<i>Longherine</i>			<i>Travi principali</i>		
$\lambda_1$	-	1.03	$\lambda_1$	-	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
$\lambda_{Ed}$	-	1.03	$\lambda_{Ed}$	-	0.63
<b><math>\lambda</math></b>	-	<b>1.03</b>	<b><math>\lambda</math></b>	-	<b>0.63</b>
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	26.77	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	5.67
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm <sup>2</sup>	27.58	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm <sup>2</sup>	3.57
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			<b>N/mm<sup>2</sup></b>		<b>31.15</b>
<b>Verifica</b>				<b>soddisfatta</b>	

VERIFICA A TAGLIO (FATICA)

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	requisiti
100		6) e 7) Prodotti laminati ed estrusi (come quelli di tabella 2-1.a) soggetti a tensioni tangenziali	$\Delta\tau$ calcolati con: $\Delta\tau = \frac{\Delta V \cdot S(t)}{I \cdot t}$

Caratteristiche del profilo		
$h_1$	cm	53.00
$h_2$	cm	14.40
$b_1$	cm	1.55
$b_2$	cm	1.55
$A_{LORDA}$	cm <sup>2</sup>	104.47
Tensioni - LM71		
Locali		
$T_x$	KN	310
$\tau_T$	N/mm <sup>2</sup>	44.51

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO A TAGLIO		
Longherine - incastro - verifica a taglio		
$\gamma_{Mf}$	-	1.35
$\Delta\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	100.00
$\Delta\tau_c / \gamma_{Mf}$	N/mm <sup>2</sup>	74.07
Longherine		
$\lambda_1$	-	1.03
$\lambda_2$	-	1.00
$\lambda_3$	-	1.00
$\lambda_4$	-	1.00
$\lambda_{MAX}$	-	1.40
$\lambda_{Ed}$	-	1.03
$\lambda$	-	1.03
$\phi_2 \cdot \Delta\tau_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	44.51
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\tau_{Ed,loc}$	N/mm <sup>2</sup>	45.85
<b>Verifica</b>	<b>soddisfatta</b>	



### 3.2 TRAVERSI

I traversi previsti per l'impalcato, sono profili in composizione saldata. Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche ed inerziali:

I/Wide Flange Section

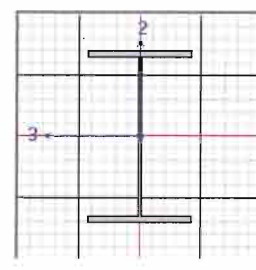
**Section Name** TRAVERSI\_IMP

Section Notes

+ ACCIAIO

**Dimensions**

Outside height ( t3 )	1.085
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



Display Color

#### Property Data

**Section Name** TRAVERSI\_IMP

Properties

Cross-section (axial) area	0.0721	Section modulus about 3 axis	0.0293
Torsional constant	2.930E-05	Section modulus about 2 axis	5.635E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0.0159	Plastic modulus about 3 axis	0.0322
Moment of Inertia about 2 axis	1.832E-03	Plastic modulus about 2 axis	8.551E-03
Shear area in 2 direction	0.0217	Radius of Gyration about 3 axis	0.4695
Shear area in 3 direction	0.0433	Radius of Gyration about 2 axis	0.1534

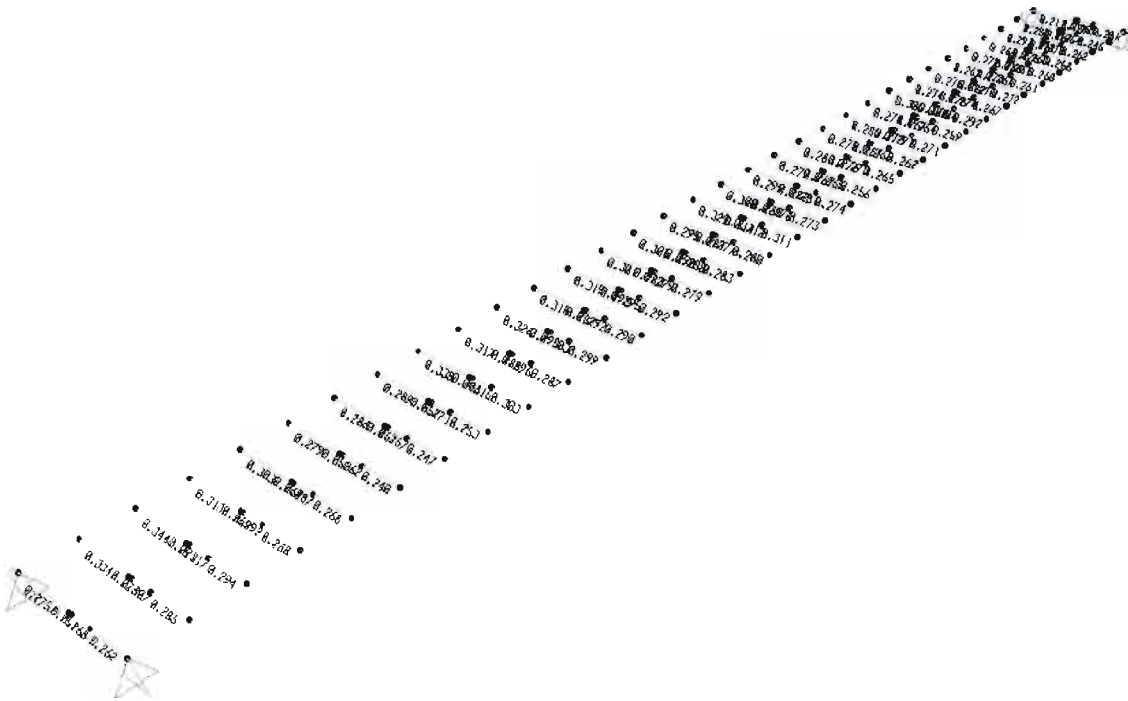


QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	V100 07 001	B	36 DI 90

3.2.1 Verifiche di resistenza e di instabilità traversi - SLU



Le verifiche dei traversi risultano soddisfatte: coefficiente massimo= 0,34 < 1

### 3.2.2 Verifiche a fatica

SEZIONE IN CORRISPONDENZA DEL COLLEGAMENTO BULLONATO LONGHERINA-TRAVERSO

#### **bordo piattabanda**

<i>Caratteristiche del profilo forato+piatti</i>		
$A_{NETTA}$	cm <sup>2</sup>	612.85
$W_{x,NETTA}$	cm <sup>3</sup>	25019.97
$W_{y,NETTA}$	cm <sup>3</sup>	4447.93
<i>Tensioni - LM71</i>		
N	KN	44
$M_x$	KNm	1213
$M_y$	KNm	47.00
$\sigma_N$	N/mm <sup>2</sup>	0.72
$\sigma_{Mx}$	N/mm <sup>2</sup>	48.48
$\sigma_{My}$	N/mm <sup>2</sup>	10.57
$\sigma_{tot}$	N/mm <sup>2</sup>	59.77

<b>VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO</b>					
<b>VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato (SEZIONE A) - bordo piattabanda</b>					
$\gamma_{Mf}$		-			1.35
$\Delta\sigma_C$		N/mm <sup>2</sup>			140.00
t		mm			40.00
$k_s$		-			0.89
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$		N/mm <sup>2</sup>			<b>92.21</b>
<i>EFFETTI LOCALI</i>			<i>EFFETTI GLOBALI</i>		
$\lambda_1$	-	1.03	$\lambda_1$	-	0.66
$\lambda_2$	-	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
$\lambda_{Ed}$	-	1.03	$\lambda_{Ed}$	-	0.66
$\lambda$	-	<b>1.03</b>	$\lambda$	-	<b>0.66</b>
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	48.48	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	11.28
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm <sup>2</sup>	49.94	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm <sup>2</sup>	7.45
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			N/mm <sup>2</sup>		<b>57.38</b>
<b>Verifica</b>					<b>soddisfatta</b>

**zona centrale piattabanda piolata**

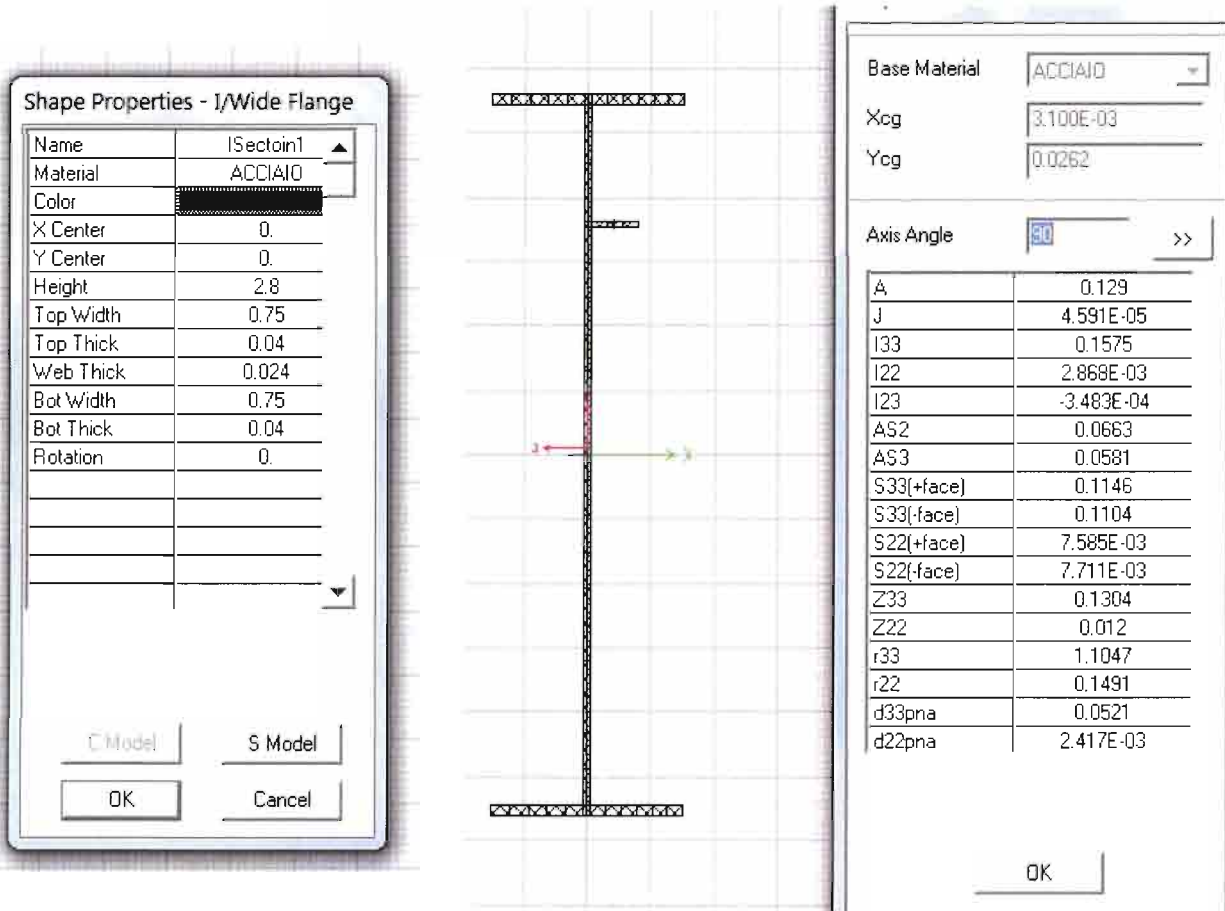
Caratteristiche del profilo forato+piatti		
$A_{NETTA}$	cm <sup>2</sup>	612.85
$W_{x,NETTA}$	cm <sup>3</sup>	25019.97
$W_{y,NETTA}$	cm <sup>3</sup>	4447.93
Tensioni - LM71		
N	KN	44
$M_x$	KNm	1213
$M_y$	KNm	0.00
$\sigma_N$	N/mm <sup>2</sup>	0.72
$\sigma_{Mx}$	N/mm <sup>2</sup>	48.48
$\sigma_{My}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\sigma_{tot}$	N/mm <sup>2</sup>	49.20

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato (SEZIONE A) - piattabanda centrale piolata					
$\gamma_{Mf}$		-			1.35
$\Delta\sigma_c$		N/mm <sup>2</sup>			80.00
t		mm			40.00
$k_s$		-			0.89
$k_s \cdot \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$		N/mm <sup>2</sup>			52.69
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
$\lambda_1$	-	1.03	$\lambda_1$	-	0.66
$\lambda_2$	-	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
$\lambda_{Ed}$	-	1.03	$\lambda_{Ed}$	-	0.66
$\lambda$	-	<b>1.03</b>	$\lambda$	-	<b>0.66</b>
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	48.48	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm <sup>2</sup>	0.72
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm <sup>2</sup>	49.94	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm <sup>2</sup>	0.47
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			N/mm <sup>2</sup>		50.41
<b>Verifica</b>					<b>soddisfatta</b>

### 3.3 TRAVI PRINCIPALI IMPALCATO E CONTROVENTI

#### 3.3.1 *Caratteristiche geometriche dei profili impiegati (TRAVI PRINCIPALI)*

Le travi principali costituenti l'impalcato metallico, sono profili in composizione saldata aventi le seguenti caratteristiche geometriche ed inerziali:



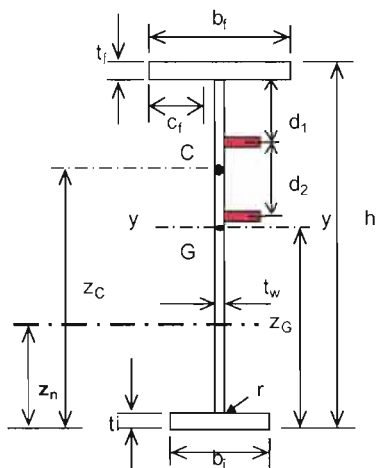
La classe della suddetta sezione, con un irrigidente longitudinale d'anima posto a 500 mm dalla piattabanda superiore, è pari a 3.



**RELAZIONE DI CALCOLO - CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	40 DI 90

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE (I o T) :



**SEZIONE A DOPPIA SIMMETRIA**

Moduli di resistenza elastici : .....

Modulo di resistenza plastico : .....

Anima irrigidita ?	<input checked="" type="checkbox"/> Y	N° irrigid.	<input type="text" value="1"/>	<= 4	d1 = cm	<input type="text" value="50.00"/>
--------------------	---------------------------------------	-------------	--------------------------------	------	---------	------------------------------------

Altezza totale (h)	cm	280
Larghezza piattab. sup. (b <sub>f</sub> )	cm	75
Larghezza piattab. inf. (b <sub>f</sub> )	cm	75
Spessore anima (t <sub>w</sub> )	cm	2.4
Spessore piattab. sup. (t <sub>f</sub> )	cm	4
Spessore piattab. inf. (t <sub>f</sub> )	cm	4
Raccordo anima-piattabanda (r)	cm	0
Altezza netta anima (d)	cm	272
Sporgenza ala superiore (c <sub>f</sub> )	cm	36.30
Sporgenza ala inferiore (c <sub>f</sub> )	cm	36.30
Area della sezione irrigidita (A)	cm <sup>2</sup>	1301.28
Posiz. asse baricentrico (z <sub>G</sub> )	cm	142.57
Posiz. asse neutro plastico (z <sub>n</sub> )	cm	146.34
Posiz. a.n.p. per fless. pura (d <sub>2</sub> )	cm	148.10
Posiz. centro di taglio (z <sub>C</sub> )	cm	140.99
Momento di inerzia max. (J <sub>y</sub> )	cm <sup>4</sup>	15910280
Momento di inerzia min. (J <sub>z</sub> )	cm <sup>4</sup>	284575
Momento di inerzia tors. (J <sub>t</sub> )	cm <sup>4</sup>	4546
W <sub>ys</sub> esterno piattab. sup.	cm <sup>3</sup>	115770
W <sub>yi</sub> esterno piattab. inf.	cm <sup>3</sup>	111597
W <sub>yas</sub> interno piattab. sup.	cm <sup>3</sup>	119240
W <sub>yai</sub> interno piattab. inf.	cm <sup>3</sup>	114818
W <sub>el,min</sub> = MIN (W <sub>ys</sub> , W <sub>yi</sub> )	cm <sup>3</sup>	111597
W <sub>pl,y</sub>	cm <sup>3</sup>	131692

**CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE**

		d ; d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>			
Larghezza/spessore :	Anima	d/t <sub>w</sub> = 20.83	92.50			α <sub>y</sub> =	0.477	
	Piattabande	c/t = 9.08				ψ <sub>y</sub> =	-0.991	
		α <sub>d</sub> = 1.000	0.359					
asse neutro el. = cm 139.343		ψ <sub>d</sub> = 0.634	-1.562					
		c <sub>ψ</sub> = -0.640	1.577					
Limite larghezza/spessore anima :	classe 1	26.85	81.62					
	classe 2	30.92	94.09					
	classe 3	38.86	161.50					
	k <sub>σ</sub> =							
		<b>classe dell'anima</b>				<input type="text" value="2"/>		
Limite larghezza/spessore piattab.	classe 1	7.32						
	classe 2	8.14						
	classe 3	11.39						
		<b>classe piattabanda</b>				<input type="text" value="3"/>		
	<b>CLASSE SEZIONE</b>	<input checked="" type="text" value="3"/>						

### 3.3.2 Caratteristiche geometriche dei profili impiegati (CONTROVENTI)

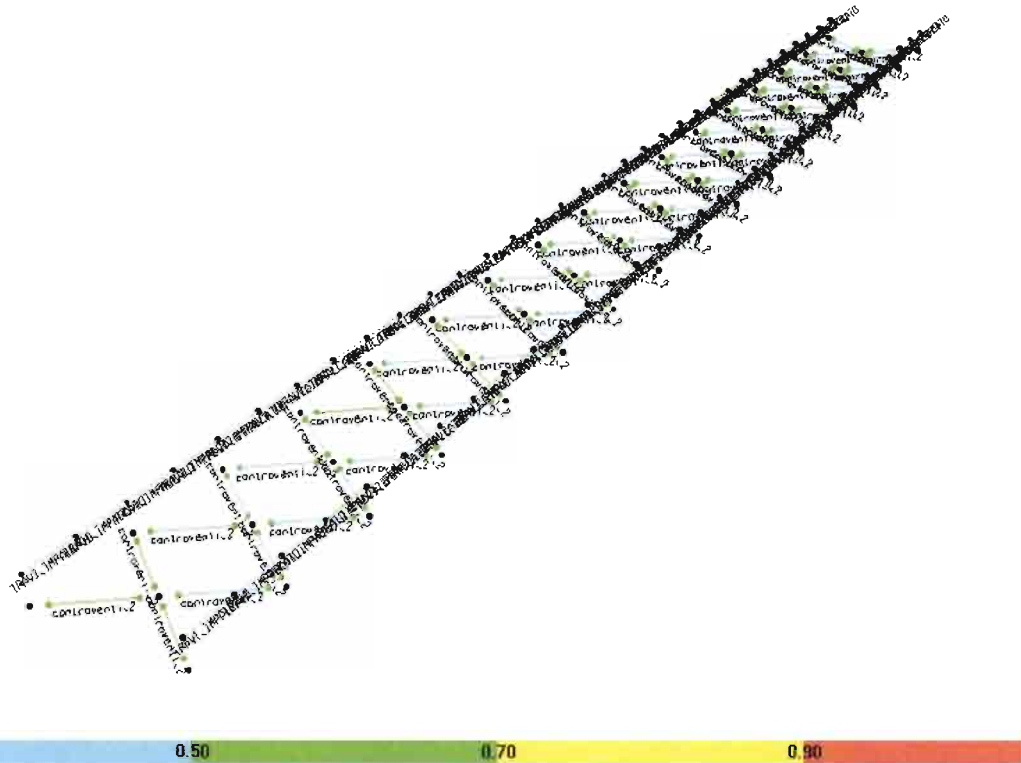
Per gli elementi di controvento, vengono previsti elementi a T in composizione saldata.

<b>Section Name</b>		controventi_2	
Section Notes		Modify/Show Notes...	
Properties		Property Modifiers	
Section Properties...		Set Modifiers...	
		Material	
		+ ACCIAIO	
<b>Dimensions</b>			
Outside stem [ t3 ]		0.124	
Outside flange [ t2 ]		0.24	
Flange thickness [ tf ]		0.024	
Stem thickness [ tw ]		0.024	
			
		Display Color	

#### Property Data

<b>Section Name</b>		controventi_2	
<b>Properties</b>			
Cross-section (axial) area	8.160E-03	Section modulus about 3 axis	9.373E-05
Torsional constant	1.512E-06	Section modulus about 2 axis	2.314E-04
Moment of Inertia about 3 axis	8.789E-06	Plastic modulus about 3 axis	1.774E-04
Moment of Inertia about 2 axis	2.776E-05	Plastic modulus about 2 axis	3.600E-04
Shear area in 2 direction	2.976E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0328
Shear area in 3 direction	4.800E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0583
OK			

### 3.3.3 Verifiche di resistenza e di instabilità travi principali e controventi- SLU



Le verifiche di resistenza degli elementi costituenti le pareti, risultano soddisfatte. Di seguito si riportano i rapporti (Ratio)  $E_d/R_d$  (sempre  $<1$ ) per tutti gli elementi "frames" delle travi principali e dei controventi.

**TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005**

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m
58	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.643551	PMM	SLU04	0
59	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.42394	PMM	SLU04	0
60	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.434572	PMM	SLU04	2.625
61	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.493986	PMM	SLU04	2.625
62	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.502284	PMM	SLU04	0
63	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.495785	PMM	SLU04	0
64	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.429738	PMM	SLU04	0
65	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.305388	PMM	SLU12	0
66	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.297376	PMM	SLU11	2.625
67	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.415367	PMM	SLU04	2.625
68	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.483071	PMM	SLU02	2.625
69	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.486535	PMM	SLU04	0
70	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.48413	PMM	SLU04	0
71	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.42474	PMM	SLU04	0
72	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.420981	PMM	SLU11	2.625
73	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.662802	PMM	SLU04	2.625
74	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.57122	PMM	SLU04	0
75	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.409495	PMM	SLU12	0
76	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.394531	PMM	SLU02	2.625
77	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.426564	PMM	SLU02	2.625
78	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.434975	PMM	SLU02	2.625
79	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.408813	PMM	SLU02	0
80	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.373192	PMM	SLU02	0
81	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.283184	PMM	SLU11	0
82	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.289227	PMM	SLU11	2.625
83	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.371336	PMM	SLU02	2.625
84	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.426517	PMM	SLU02	2.625
85	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.424472	PMM	SLU02	0
86	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.417644	PMM	SLU02	0
87	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.389511	PMM	SLU02	0
88	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.394353	PMM	SLU11	2.625
89	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.547844	PMM	SLU04	2.625
90	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.26662	PMM	SLU04	2.5615
91	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.384917	PMM	SLU04	2.5615
92	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.463117	PMM	SLU02	2.5615
93	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.485553	PMM	SLU02	2.5615
94	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.486421	PMM	SLU04	0
95	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.431513	PMM	SLU04	0
96	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.451891	PMM	SLU04	2.5615
97	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.646057	PMM	SLU04	2.5615
98	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.636825	PMM	SLU02	0



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	44 DI 90

99	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.47308	PMM	SLU04	0
100	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.435805	PMM	SLU04	2.5615
101	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.491039	PMM	SLU04	2.5615
102	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.48327	PMM	SLU04	0
103	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.472167	PMM	SLU04	0
104	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.381614	PMM	SLU04	0
105	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.235449	PMM	SLU04	0
106	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.354108	PMM	SLU04	2.5615
107	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.442646	PMM	SLU04	2.5615
108	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.471909	PMM	SLU04	2.5615
109	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.460923	PMM	SLU04	2.5615
110	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.441048	PMM	SLU04	0
111	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.388119	PMM	SLU04	0
112	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.404096	PMM	SLU04	2.5615
113	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.577141	PMM	SLU04	2.5615
114	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.550557	PMM	SLU11	0
115	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.400722	PMM	SLU04	0
116	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.364949	PMM	SLU04	2.5615
117	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.385162	PMM	SLU02	2.5615
118	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.387953	PMM	SLU02	0
119	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.397259	PMM	SLU02	0
120	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.333984	PMM	SLU02	0
121	TRAVI_IMPALCATO	Beam	No Messages	0.241386	PMM	SLU02	0
298	controventi_2	Beam	No Messages	0.288565	PMM	SLU06	2.29136
299	controventi_2	Beam	No Messages	0.28208	PMM	SLU06	2.29136
300	controventi_2	Beam	No Messages	0.3544	PMM	SLU02	2.29136
301	controventi_2	Beam	No Messages	0.32574	PMM	SLU02	2.29136
302	controventi_2	Beam	No Messages	0.28928	PMM	SLU04	2.29136
303	controventi_2	Beam	No Messages	0.287251	PMM	SLU02	2.29136
304	controventi_2	Beam	No Messages	0.555247	PMM	SLU02	2.29136
305	controventi_2	Beam	No Messages	0.562951	PMM	SLU02	2.29136
306	controventi_2	Beam	No Messages	0.464973	PMM	SLU13	2.29136
307	controventi_2	Beam	No Messages	0.440374	PMM	SLU06	2.29136
308	controventi_2	Beam	No Messages	0.330404	PMM	SLU02	2.29136
309	controventi_2	Beam	No Messages	0.319277	PMM	SLU02	2.29136
310	controventi_2	Beam	No Messages	0.376423	PMM	SLU02	2.29136
311	controventi_2	Beam	No Messages	0.358749	PMM	SLU02	2.29136
312	controventi_2	Beam	No Messages	0.216791	PMM	SLU04	2.29136
313	controventi_2	Beam	No Messages	0.216087	PMM	SLU02	1.83309
314	controventi_2	Beam	No Messages	0.197252	PMM	SLU02	2.77111
315	controventi_2	Beam	No Messages	0.194173	PMM	SLU02	2.30925
316	controventi_2	Beam	No Messages	0.185663	PMM	SLU02	2.30925
317	controventi_2	Beam	No Messages	0.222957	PMM	SLU02	2.30925
318	controventi_2	Beam	No Messages	0.249527	PMM	SLU02	2.30925

RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA METALLICA PONTE AD ARCO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	45 DI 90

319	controventi_2	Beam	No Messages	0.253752	PMM	SLU02	2.30925
320	controventi_2	Beam	No Messages	0.160262	PMM	SLU04	2.30925
321	controventi_2	Beam	No Messages	0.150632	PMM	SLU02	2.30925
322	controventi_2	Beam	No Messages	0.192435	PMM	SLU04	2.30925
323	controventi_2	Beam	No Messages	0.193274	PMM	SLU04	2.30925
324	controventi_2	Beam	No Messages	0.212419	PMM	SLU02	2.30925
325	controventi_2	Beam	No Messages	0.200702	PMM	SLU02	2.30925
326	controventi_2	Beam	No Messages	0.199038	PMM	SLU04	2.30925
327	controventi_2	Beam	No Messages	0.207333	PMM	SLU04	2.30925
328	controventi_2	Beam	No Messages	0.187473	PMM	SLU04	2.30925
329	controventi_2	Beam	No Messages	0.183594	PMM	SLU04	2.30925
330	controventi_2	Beam	No Messages	0.377019	PMM	SLU02	2.29136
331	controventi_2	Beam	No Messages	0.38682	PMM	SLU02	2.29136
332	controventi_2	Beam	No Messages	0.24444	PMM	SLU02	2.29136
333	controventi_2	Beam	No Messages	0.235845	PMM	SLU02	2.29136
334	controventi_2	Beam	No Messages	0.164556	PMM	SLU04	2.29136
335	controventi_2	Beam	No Messages	0.177537	PMM	SLU04	2.29136
336	controventi_2	Beam	No Messages	0.22048	PMM	SLU06	2.29136
337	controventi_2	Beam	No Messages	0.218247	PMM	SLU06	2.29136
338	controventi_2	Beam	No Messages	0.235649	PMM	SLU13	2.29136
339	controventi_2	Beam	No Messages	0.209226	PMM	SLU13	2.29136
340	controventi_2	Beam	No Messages	0.262395	PMM	SLU02	2.29136
341	controventi_2	Beam	No Messages	0.26366	PMM	SLU02	2.29136
342	controventi_2	Beam	No Messages	0.206073	PMM	SLU02	2.29136
343	controventi_2	Beam	No Messages	0.178402	PMM	SLU02	2.29136
344	controventi_2	Beam	No Messages	0.16732	PMM	SLU02	2.29136
345	controventi_2	Beam	No Messages	0.173996	PMM	SLU02	1.83309
346	controventi_2	Beam	No Messages	0.312791	PMM	SLU02	2.30925
347	controventi_2	Beam	No Messages	0.306811	PMM	SLU02	2.30925
348	controventi_2	Beam	No Messages	0.20046	PMM	SLU02	2.30925
349	controventi_2	Beam	No Messages	0.205794	PMM	SLU02	2.30925
350	controventi_2	Beam	No Messages	0.226179	PMM	SLU04	2.30925
351	controventi_2	Beam	No Messages	0.223308	PMM	SLU04	2.30925
352	controventi_2	Beam	No Messages	0.150456	PMM	SLU02	2.30925
353	controventi_2	Beam	No Messages	0.158442	PMM	SLU02	2.30925
354	controventi_2	Beam	No Messages	0.199609	PMM	SLU02	2.30925
355	controventi_2	Beam	No Messages	0.198461	PMM	SLU02	2.30925
356	controventi_2	Beam	No Messages	0.182816	PMM	SLU02	2.30925
357	controventi_2	Beam	No Messages	0.196061	PMM	SLU04	2.30925
358	controventi_2	Beam	No Messages	0.248683	PMM	SLU02	2.30925
359	controventi_2	Beam	No Messages	0.249122	PMM	SLU02	2.30925
360	controventi_2	Beam	No Messages	0.503733	PMM	SLU02	2.30925
361	controventi_2	Beam	No Messages	0.491797	PMM	SLU02	2.30925

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	46 DI 90

### 3.3.4 Verifiche a fatica travi principali

Si riporta di seguito la verifica a fatica per le travi principali considerando la saldatura degli irrigidenti trasversali d'anima ( $\Delta\sigma_a=71$  Mpa). I valori di sollecitazione flessionale riportati di seguito sono associati ad un coefficiente dinamico pari a 1,10.

Caratteristiche del profilo		
A	cm <sup>2</sup>	1290.40
W <sub>x</sub>	cm <sup>3</sup>	110415.00
W <sub>y</sub>	cm <sup>3</sup>	7585.00
Tensioni - LM71		
N	KN	289
M <sub>x</sub>	KNm	5130
M <sub>y</sub>	KNm	76.00
$\sigma_N$	N/mm <sup>2</sup>	2.24
$\sigma_{Mx}$	N/mm <sup>2</sup>	46.46
$\sigma_{My}$	N/mm <sup>2</sup>	10.02
$\sigma_{tot}$	N/mm <sup>2</sup>	58.72

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO CON IRRIGIDENTE SALDATO					
VERIFICA A FATICA - TRAVI PRINCIPALI					
Y <sub>Mf</sub>		-			1.35
$\Delta\sigma_c$		N/mm <sup>2</sup>			71.00
t		mm			40.00
k <sub>s</sub>		-			0.89
<b>ks·Δσc/γMf</b>		N/mm <sup>2</sup>			<b>46.76</b>
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ <sub>1</sub>	-	0.67	λ <sub>1</sub>	-	0.67
λ <sub>2</sub>	-	1.00	λ <sub>2</sub>	-	1.00
λ <sub>3</sub>	-	1.00	λ <sub>3</sub>	-	1.00
λ <sub>4</sub>	-	1.00	λ <sub>4</sub>	-	1.00
λ <sub>MAX</sub>	-	1.40	λ <sub>MAX</sub>	-	1.40
λ <sub>Ed</sub>	-	0.67	λ <sub>Ed</sub>	-	0.67
<b>λ</b>	-	<b>0.67</b>	<b>λ</b>	-	<b>0.67</b>
φ <sub>2</sub> ·Δσ <sub>Ed</sub>	N/mm <sup>2</sup>	0.00	φ <sub>2</sub> ·Δσ <sub>Ed</sub>	N/mm <sup>2</sup>	58.72
λ <sub>loc</sub> ·φ <sub>2,loc</sub> ·Δσ <sub>Ed,loc</sub>	N/mm <sup>2</sup>	0.00	λ <sub>glo</sub> ·φ <sub>2,glo</sub> ·Δσ <sub>Ed,glo</sub>	N/mm <sup>2</sup>	39.34
λ <sub>loc</sub> ·φ <sub>2,loc</sub> ·Δσ <sub>Ed,loc</sub> +λ <sub>glo</sub> ·φ <sub>2,glo</sub> ·Δσ <sub>Ed,glo</sub>			N/mm <sup>2</sup>		<b>39.34</b>
<b>Verifica</b>					<b>soddisfatta</b>

### 3.4 ARCO

Gli elementi costituenti l'arco sono previsti a cassone (sezione rettangolare 2,2x1,7 m) in composizione saldata diaframmata ed interamente ispezionabili.

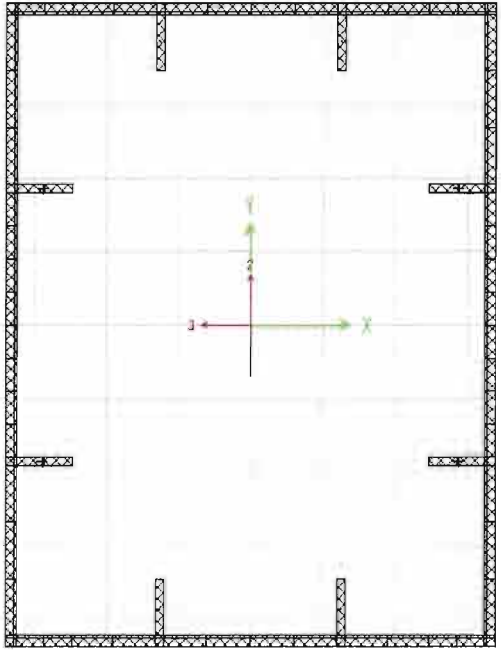
#### 3.4.1 Caratteristiche geometriche dei cassoni costituenti l'arco

**Shape Properties - Box/Tube**

Name	Box1
Material	ACCIAIO
Color	
X Center	0.
Y Center	0.
Height	2.2
Width	1.7
Flange Thick	0.04
Web Thick	0.04
Rotation	0.

Model:  G Model  S Model

OK Cancel



**Properties**

Base Material: ACCIAIO

Xcg: 0.  
Ycg: 0.

Axis Angle: 90 >>

A	0.3512
J	0.2763
I33	0.2484
I22	0.1636
I23	0.
AS2	0.1832
AS3	0.1489
S33(+face)	0.2258
S33(-face)	0.2258
S22(+face)	0.1925
S22(-face)	0.1925
Z33	0.2694
Z22	0.2221
r33	0.841
r22	0.6825
d33pna	0.
d22pna	0.

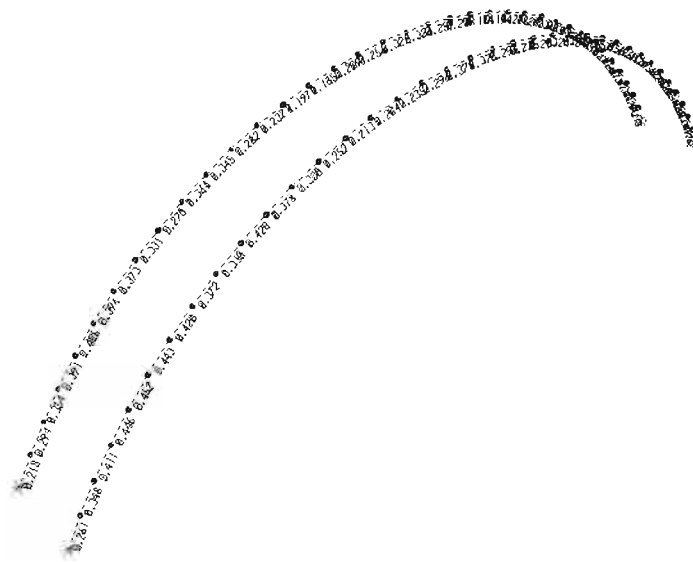
OK





 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b>          QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA          LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</p>					
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA          METALLICA PONTE AD ARCO</b></p>	<p>PROGETTO IBL1</p>	<p>LOTTO 10</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI00 07 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 49 DI 90</p>

3.4.2 Verifiche di resistenza e di instabilità elementi a cassone costituenti l'arco - SLU



Le verifiche di resistenza degli elementi costituenti gli archi risultano soddisfatte. Di seguito si riportano i rapporti (Ratio)  $E_d/R_d$  (sempre  $<1$ ) per tutti gli elementi frames.

Il tasso di lavoro maggiore è risultato pari a  $0.45 < 1$

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	50 DI 90

**TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005**

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
52	ARCO_40	Brace	No Messages	0.378355	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
55	ARCO_40	Brace	No Messages	0.307845	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
186	ARCO_40	Brace	No Messages	0.251677	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
189	ARCO_40	Brace	No Messages	0.212834	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
192	ARCO_40	Brace	No Messages	0.203693	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
195	ARCO_40	Brace	No Messages	0.235442	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
198	ARCO_40	Brace	No Messages	0.295626	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
201	ARCO_40	Brace	No Messages	0.375502	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
204	ARCO_40	Brace	No Messages	0.376354	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
207	ARCO_40	Brace	No Messages	0.296029	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
210	ARCO_40	Brace	No Messages	0.23541	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
213	ARCO_40	Brace	No Messages	0.203177	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
216	ARCO_40	Brace	No Messages	0.210859	PMM	INV_SLU	2.73037	No Messages	No Messages
219	ARCO_40	Brace	No Messages	0.24923	PMM	INV_SLU	2.73037	No Messages	No Messages
222	ARCO_40	Brace	No Messages	0.305026	PMM	INV_SLU	2.73037	No Messages	No Messages
224	ARCO_40	Brace	No Messages	0.375181	PMM	INV_SLU	2.73037	No Messages	No Messages
258	ARCO_40	Brace	No Messages	0.344661	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
261	ARCO_40	Brace	No Messages	0.282243	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
264	ARCO_40	Brace	No Messages	0.231915	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
266	ARCO_40	Brace	No Messages	0.196689	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
267	ARCO_40	Brace	No Messages	0.185401	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
268	ARCO_40	Brace	No Messages	0.209079	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
269	ARCO_40	Brace	No Messages	0.256497	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
270	ARCO_40	Brace	No Messages	0.322364	PMM	INV_SLU	2.73036	No Messages	No Messages
271	ARCO_40	Brace	No Messages	0.323399	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
272	ARCO_40	Brace	No Messages	0.256935	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
273	ARCO_40	Brace	No Messages	0.20887	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
274	ARCO_40	Brace	No Messages	0.184152	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
275	ARCO_40	Brace	No	0.193691	PMM	INV_SLU	2.73037	No Messages	No



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

<b>RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA METALLICA PONTE AD ARCO</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	51 DI 90

			Messages						Messages
276	ARCO_40	Brace	No	0.228334	PMM	INV_SLU	2.73037	No	No
			Messages					Messages	Messages
277	ARCO_40	Brace	No	0.278166	PMM	INV_SLU	2.73037	No	No
			Messages					Messages	Messages
278	ARCO_40	Brace	No	0.340075	PMM	INV_SLU	2.73037	No	No
			Messages					Messages	Messages
484	ARCO_40	Brace	No	0.309551	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
485	ARCO_40	Brace	No	0.428083	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
486	ARCO_40	Brace	No	0.372214	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
487	ARCO_40	Brace	No	0.41965	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
488	ARCO_40	Brace	No	0.443409	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
489	ARCO_40	Brace	No	0.452328	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
490	ARCO_40	Brace	No	0.446077	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
491	ARCO_40	Brace	No	0.411212	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
492	ARCO_40	Brace	No	0.348164	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
493	ARCO_40	Brace	No	0.260634	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
494	ARCO_40	Brace	No	0.278289	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
495	ARCO_40	Brace	No	0.364342	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
496	ARCO_40	Brace	No	0.331287	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
497	ARCO_40	Brace	No	0.372609	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
498	ARCO_40	Brace	No	0.394329	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
499	ARCO_40	Brace	No	0.40501	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
500	ARCO_40	Brace	No	0.391062	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
501	ARCO_40	Brace	No	0.354186	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
502	ARCO_40	Brace	No	0.294062	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
503	ARCO_40	Brace	No	0.218301	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
505	ARCO_40	Brace	No	0.312225	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
506	ARCO_40	Brace	No	0.426119	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
507	ARCO_40	Brace	No	0.374717	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
508	ARCO_40	Brace	No	0.422227	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
509	ARCO_40	Brace	No	0.446032	PMM	INV_SLU	0	No	No
			Messages					Messages	Messages
510	ARCO_40	Brace	No	0.454666	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
511	ARCO_40	Brace	No	0.447991	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
512	ARCO_40	Brace	No	0.412658	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages
513	ARCO_40	Brace	No	0.349043	PMM	INV_SLU	2.67612	No	No
			Messages					Messages	Messages

**RELAZIONE DI CALCOLO - CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	52 DI 90

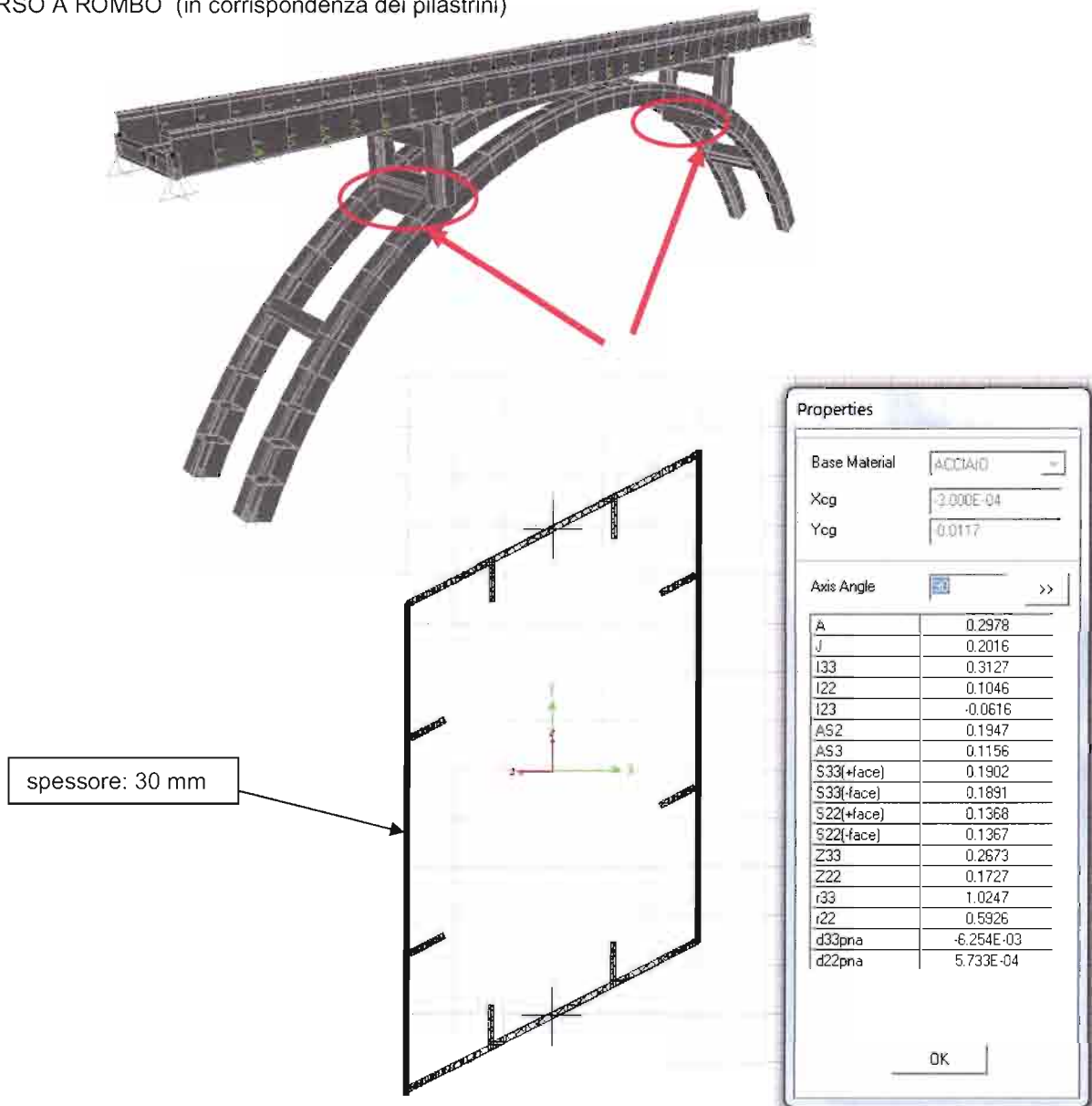
514	ARCO_40	Brace	No Messages	0.262257	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
515	ARCO_40	Brace	No Messages	0.281104	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
516	ARCO_40	Brace	No Messages	0.358742	PMM	INV_SLU	2.67612	No Messages	No Messages
517	ARCO_40	Brace	No Messages	0.333493	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
518	ARCO_40	Brace	No Messages	0.374488	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
519	ARCO_40	Brace	No Messages	0.395952	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
520	ARCO_40	Brace	No Messages	0.406808	PMM	INV_SLU	2.67612	No Messages	No Messages
521	ARCO_40	Brace	No Messages	0.391987	PMM	INV_SLU	2.67612	No Messages	No Messages
522	ARCO_40	Brace	No Messages	0.354338	PMM	INV_SLU	2.67612	No Messages	No Messages
523	ARCO_40	Brace	No Messages	0.293531	PMM	INV_SLU	2.67612	No Messages	No Messages
524	ARCO_40	Brace	No Messages	0.218331	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages

### 3.5 TRAVERSI ARCO E PILASTRINI

Gli elementi costituenti i traverzi dell'arco ed i pilastri sono previsti a cassone in composizione saldata diaframmata ed interamente ispezionabili.

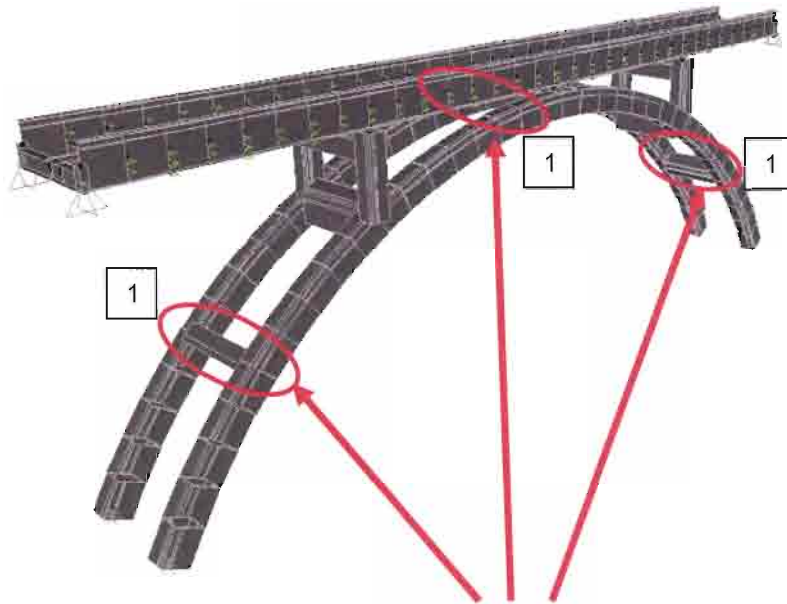
#### 3.5.1 *Caratteristiche geometriche dei cassoni costituenti i traverzi dell'arco*

TRAVERSO A ROMBO (in corrispondenza dei pilastri)



TRAVERSI RETTANGOLARI

tipo\_1

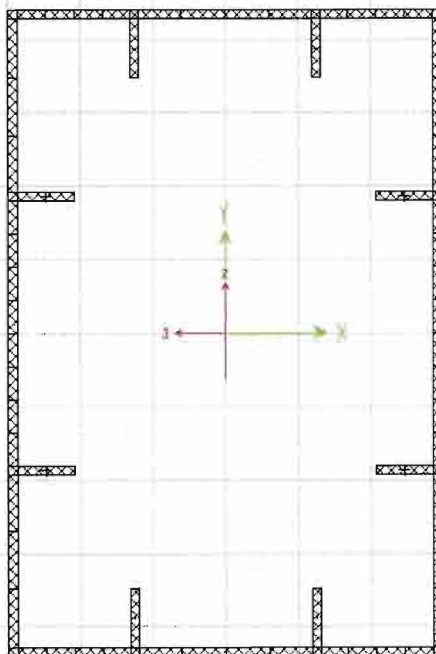


Shape Properties - Box/Tube

Name	Box1
Material	ACCIAIO
Color	
X Center	0.
Y Center	0.
Height	2.2
Width	1.5
Flange Thick	0.03
Web Thick	0.03
Rotation	0.

C Model      S Model

OK      Cancel



Properties

Base Material: ACCIAIO

Xcg: 0.  
Ycg: 0.

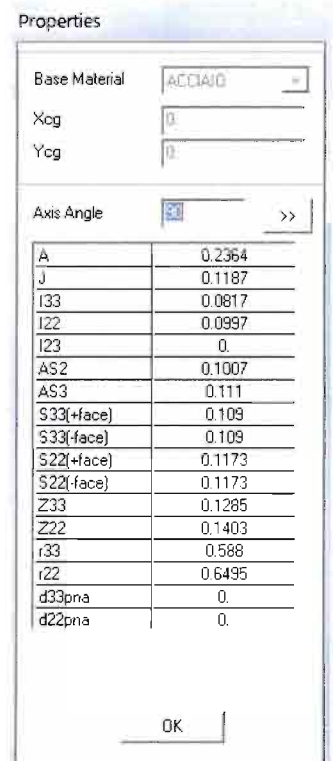
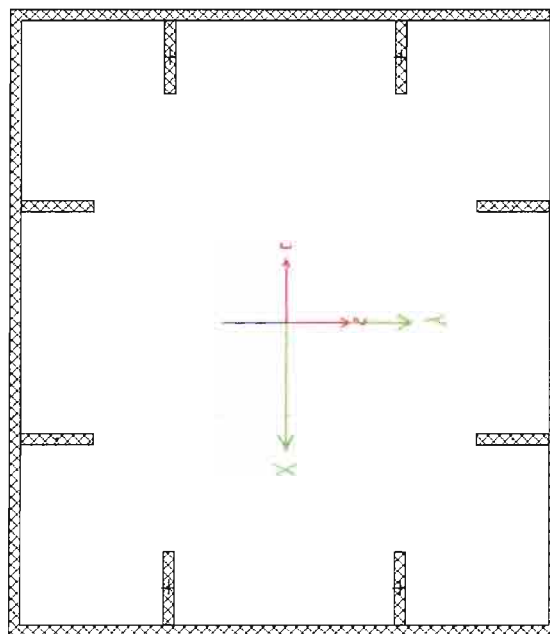
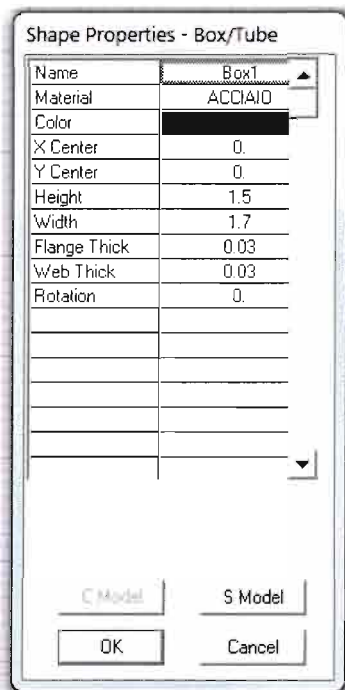
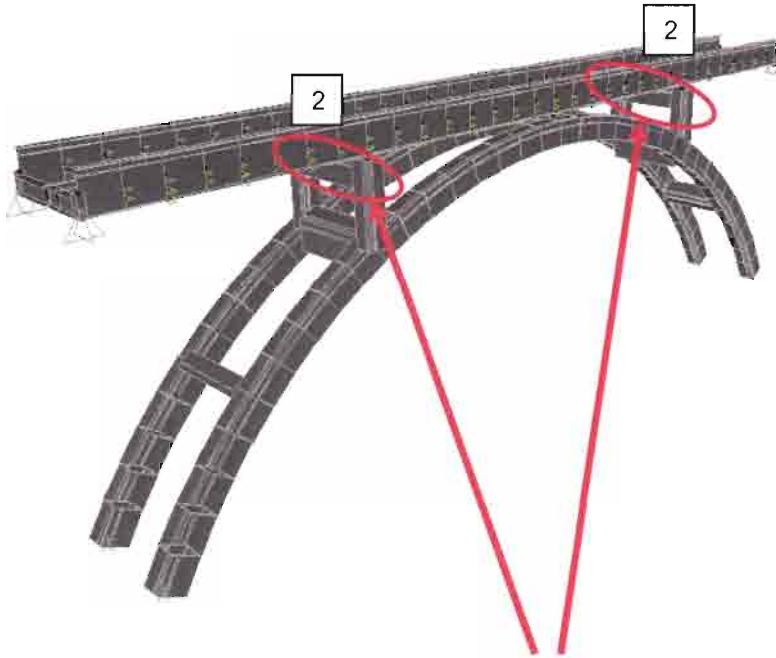
Axis Angle: 0.0

A	0.2664
J	0.1725
I33	0.1828
I22	0.0979
I23	0.
AS2	0.1377
AS3	0.1023
S33(+face)	0.1662
S33(-face)	0.1662
S22(+face)	0.1306
S22(-face)	0.1306
Z33	0.2008
Z22	0.1506
r33	0.8284
r22	0.6063
d33pna	0.
d22pna	0.

OK

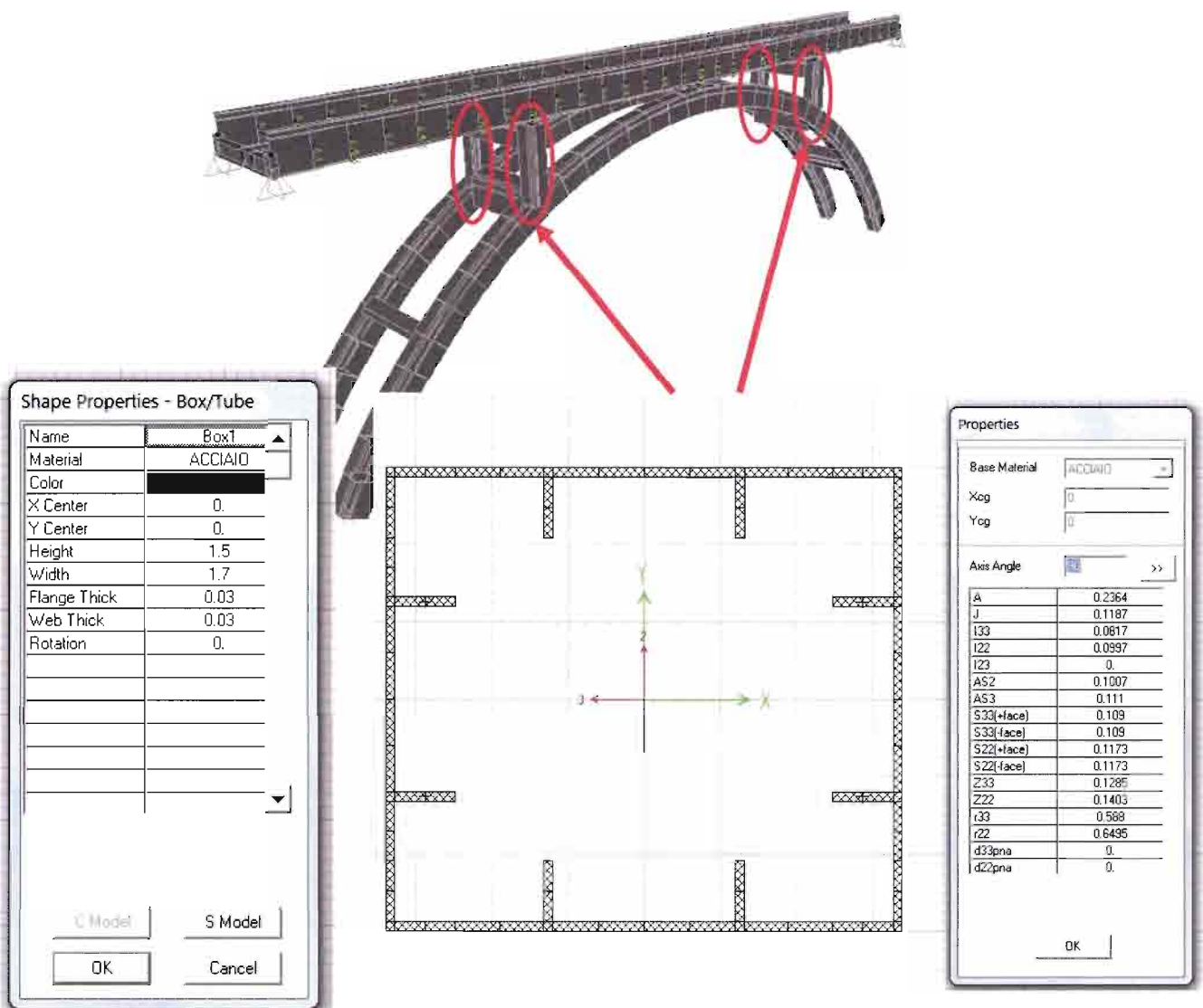


tipo\_2





3.5.2 Caratteristiche geometriche dei cassoni costituenti i pilastrini dell'arco

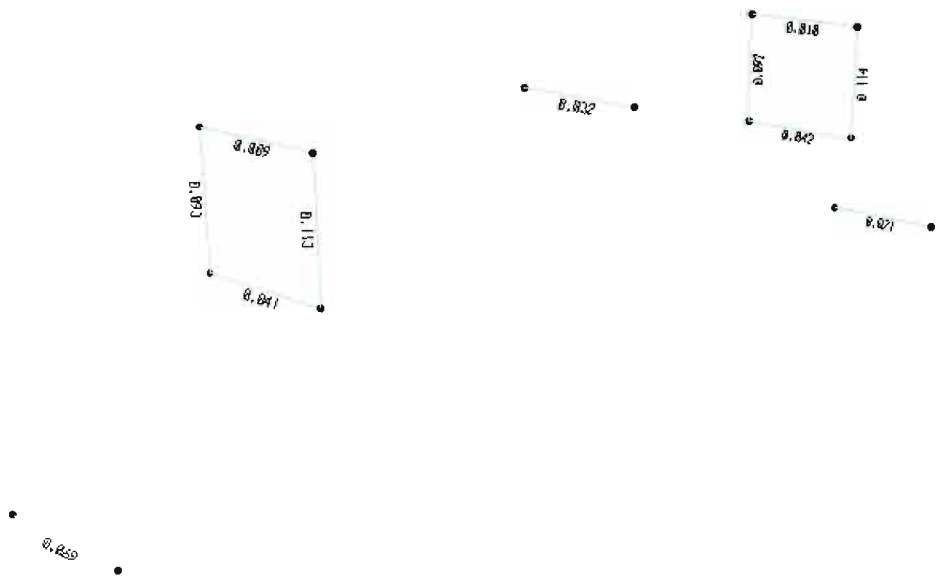




QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	57 DI 90



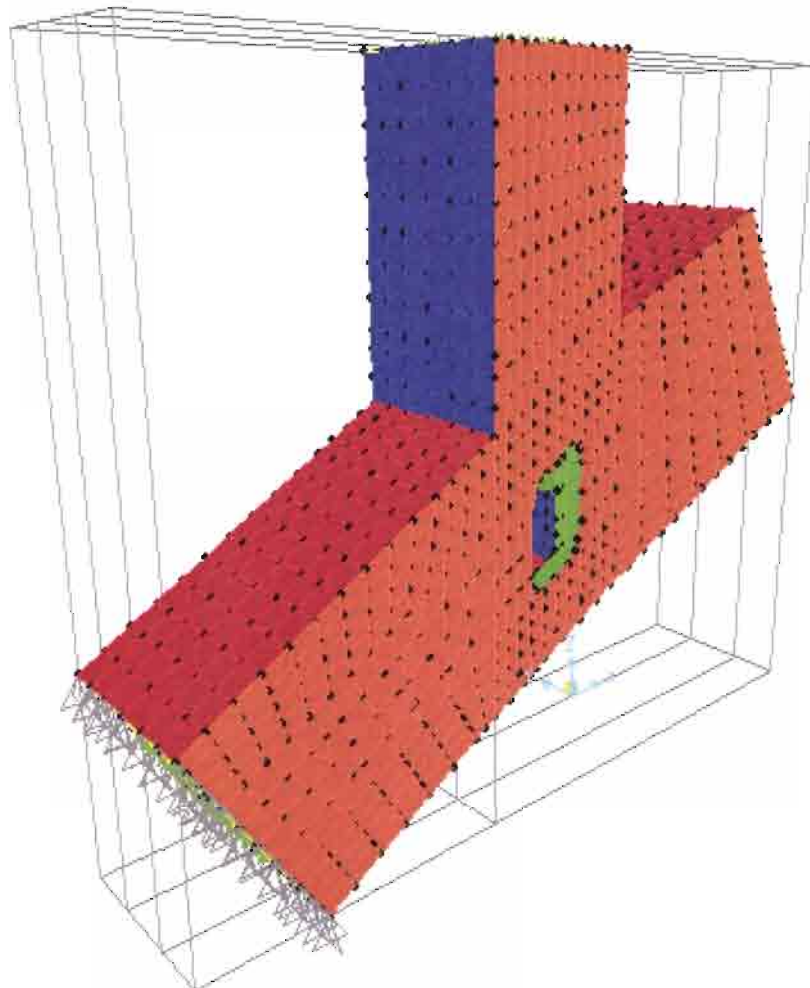
Le verifiche di resistenza degli elementi costituenti i traversi ed i pilastri risultano soddisfatte. Di seguito si riportano i rapporti (Ratio) Ed/Rd (sempre <1) per tutti gli elementi frames.

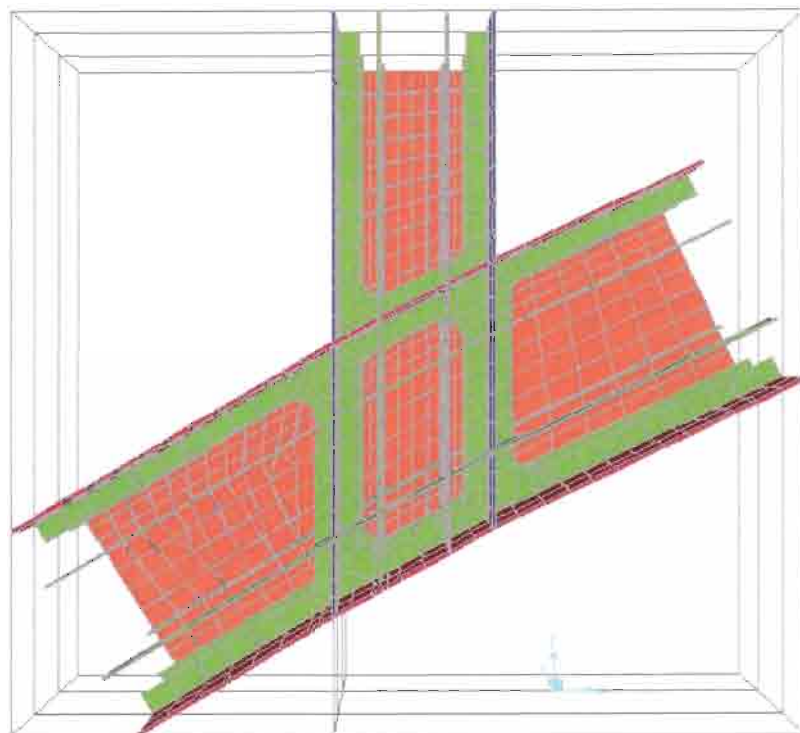
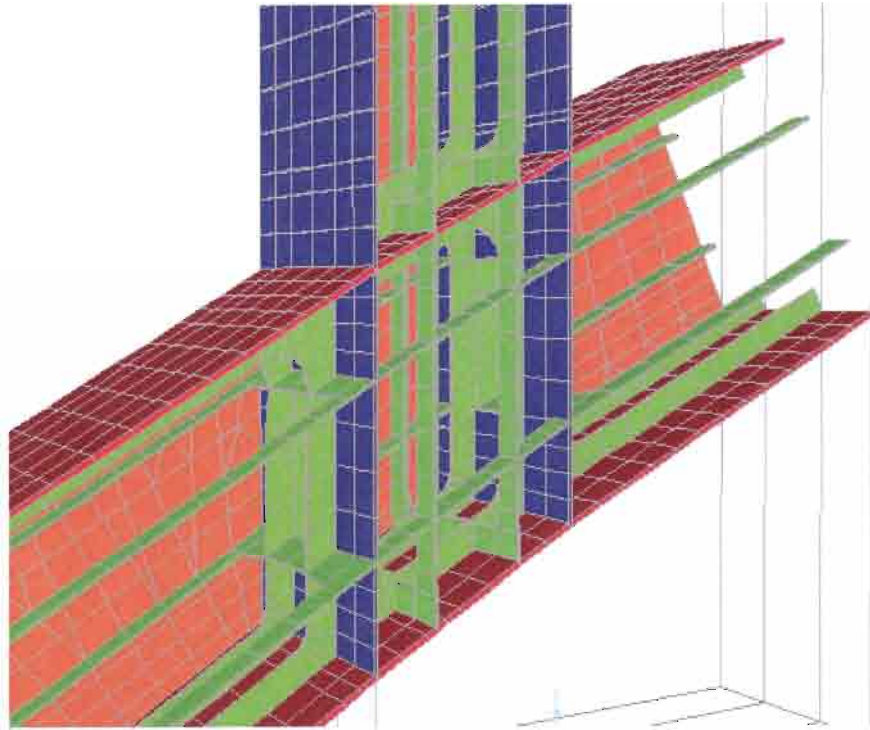
TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
14	PILASTRINI	Column	No Messages	0.113023	PMM	INV_SLU	6.641	No Messages	No Messages
16	PILASTRINI	Column	No Messages	0.113838	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
25	PILASTRINI	Column	No Messages	0.092891	PMM	INV_SLU	6.641	No Messages	No Messages
27	PILASTRINI	Column	No Messages	0.092192	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
28	TRAVERSO_ARCO_1	Beam	No Messages	0.040611	PMM	INV_SLU	7.6	No Messages	No Messages
29	TRAVERSO_ARCO_2	Beam	No Messages	0.03168	PMM	INV_SLU	0	No Messages	No Messages
30	TRAVERSO_ARCO_1	Beam	No Messages	0.042235	PMM	INV_SLU	7.6	No Messages	No Messages
2	TRAVERSO_ARCO_2	Beam	No Messages	0.009291	PMM	INV_SLU	7.6	No Messages	No Messages
9	TRAVERSO_ARCO_2	Beam	No Messages	0.00952	PMM	INV_SLU	7.6	No Messages	No Messages
504	TRAVERSO_ARCO_2	Beam	No Messages	0.068504	PMM	INV_SLU	7.6	No Messages	No Messages
525	TRAVERSO_ARCO_2	Beam	No Messages	0.070753	PMM	INV_SLU	7.6	No Messages	No Messages

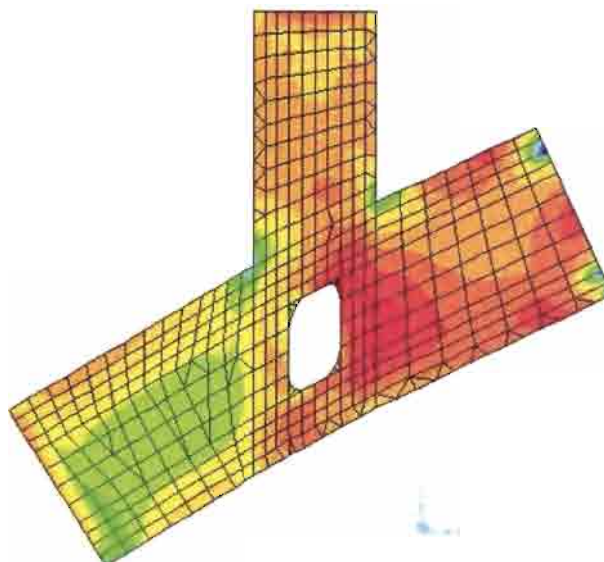
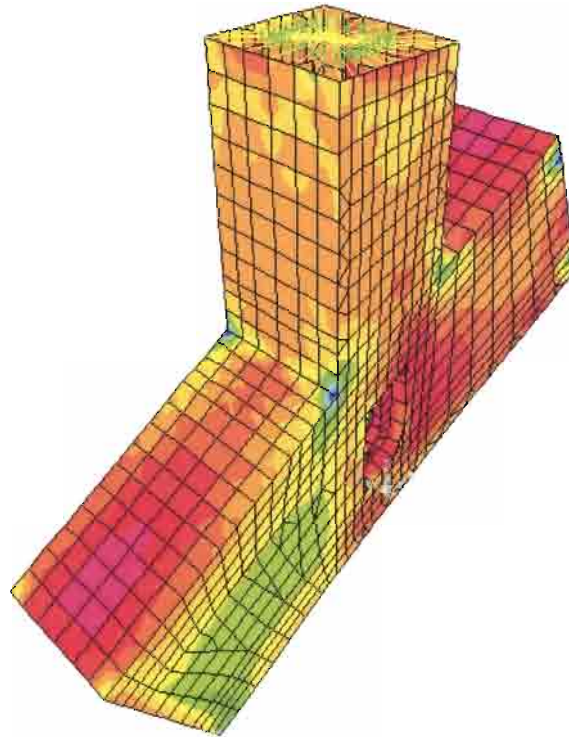
### 3.6 NODO ARCO-PILASTRINO

Al fine di analizzare il comportamento del nodo arco-pilastrino, è stato sviluppato un sub-modello di calcolo 3D con elementi lastra-piastra (shell) che tiene conto dei 2 passi d'uomo presenti sull'arco (foro nell'anima ed foro nella piattabanda superiore del cassone). Inoltre con tale analisi numerica è stato possibile valutare le tensioni locali, considerando la presenza degli irrigidenti longitudinali e trasversali, per le verifiche di resistenza e di fatica.

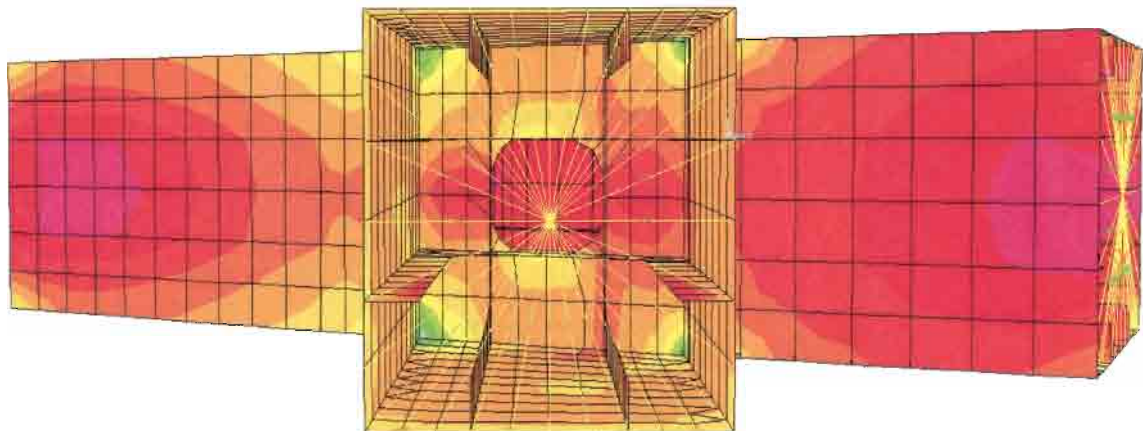
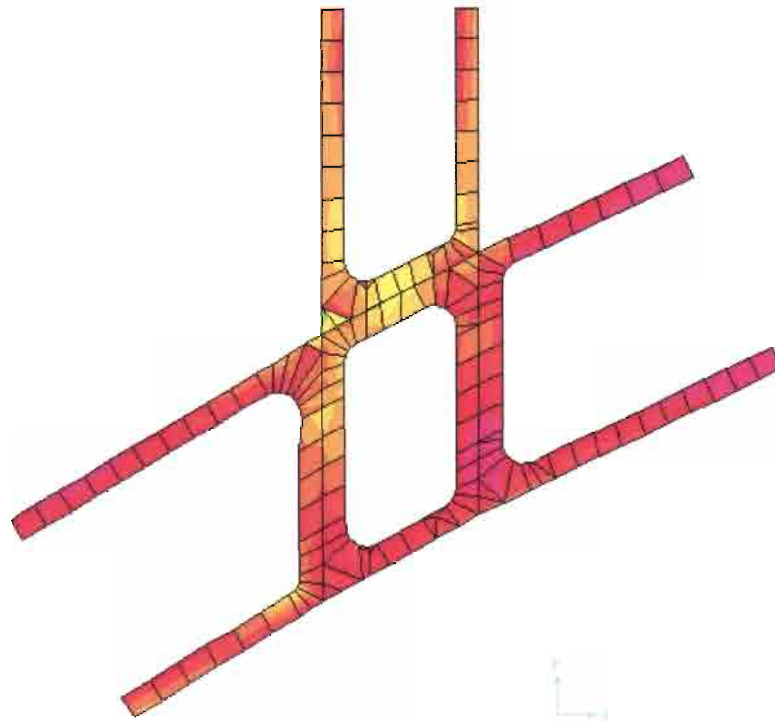




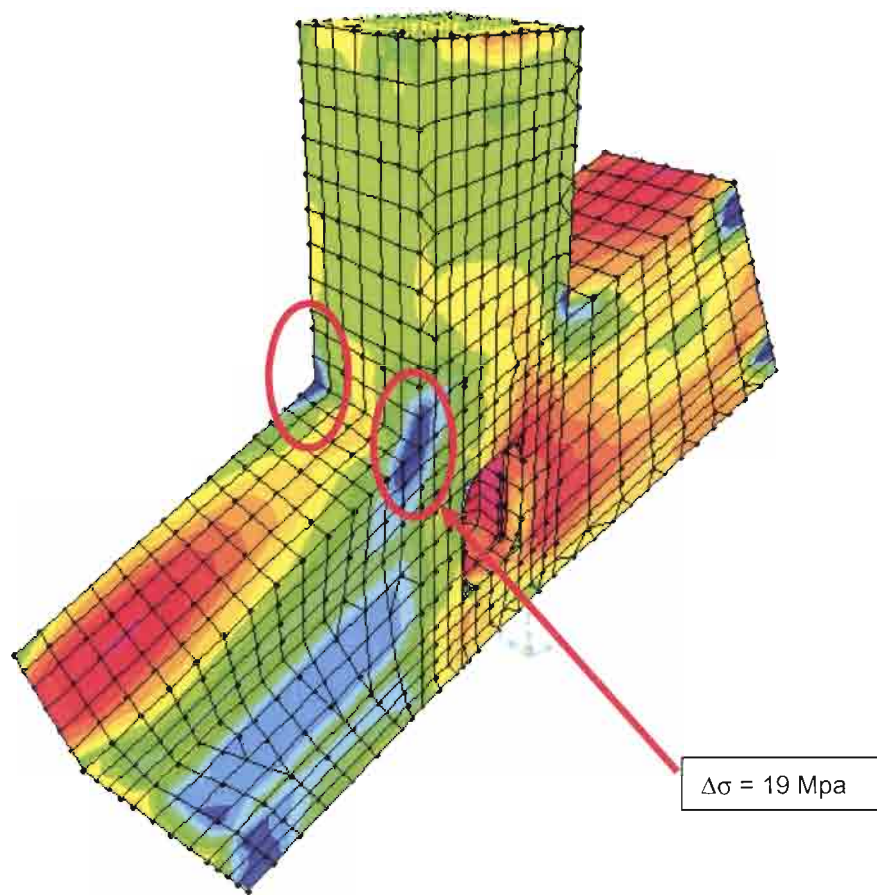
3.6.1 Verifiche S.L.U.







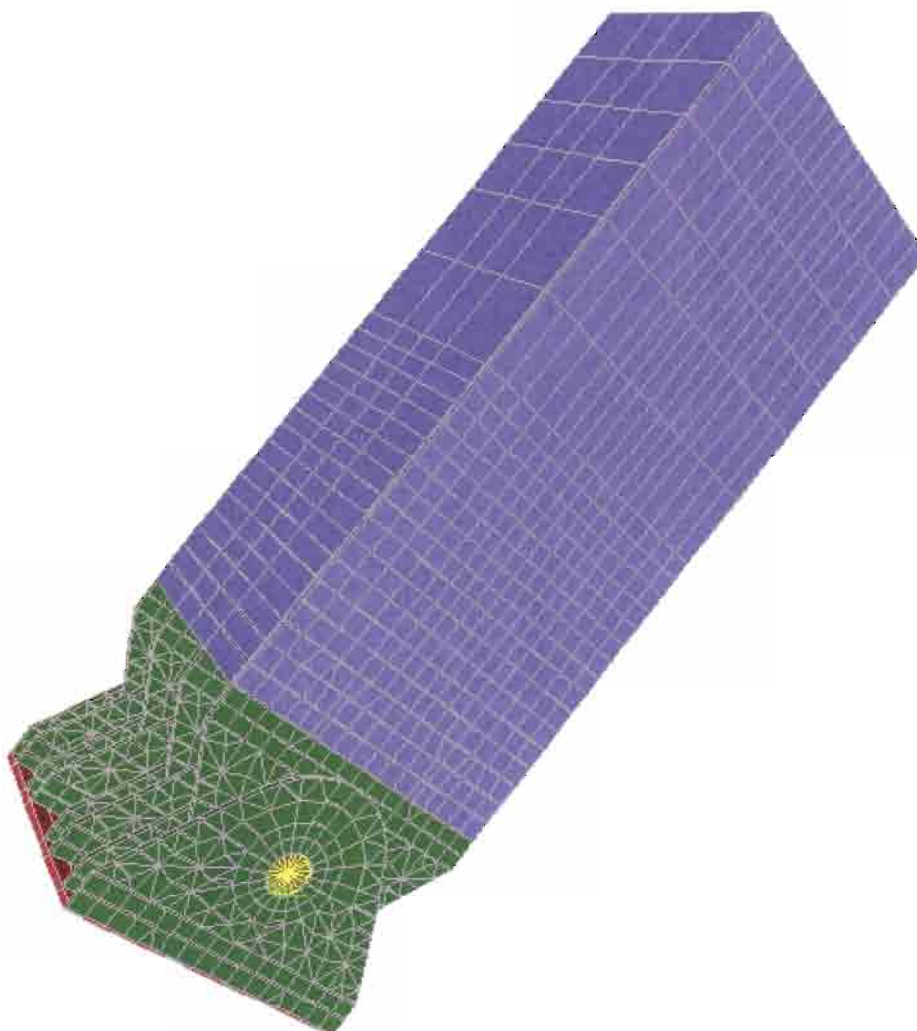
### 3.6.2 Verifiche a fatica.



Lo stato tensionale associato alle condizioni di carico per il treno teorico LM71, non rappresenta una criticità per le verifiche a fatica. In ogni caso nella successiva fase di progetto esecutivo tutti i particolari costruttivi dovranno essere opportunamente geometrizzati per un ottimale comportamento strutturale nei confronti dei carichi ciclici.

### 3.7 NODO CERNIERA ARCO

E' stato sviluppato un sub-modello di calcolo 3D con elementi lastra-piastra (shell) per le verifiche strutturali della cerniera dell'arco in carpenteria metallica. Tale dispositivo consente le rotazioni alla base dell'arco tramite un perno in acciaio S355 di diametro pari a 300 mm. Tale perno è stato modellato con elementi finiti di tipo "solid". Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi per le verifiche degli elementi in carpenteria metallica agli S.L.U. e per le verifiche a fatica.



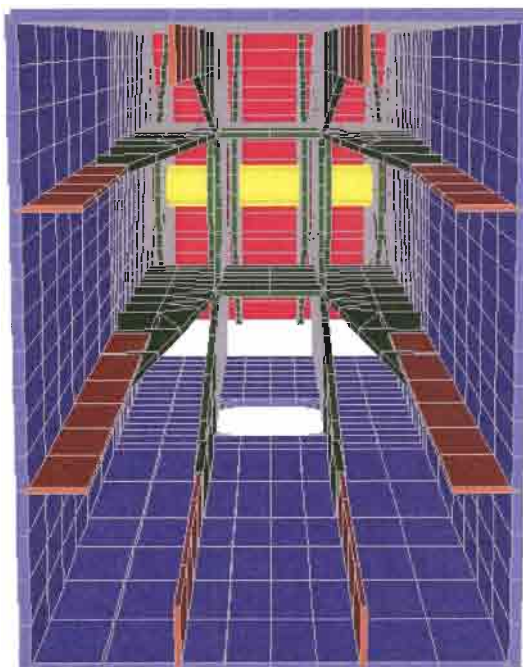
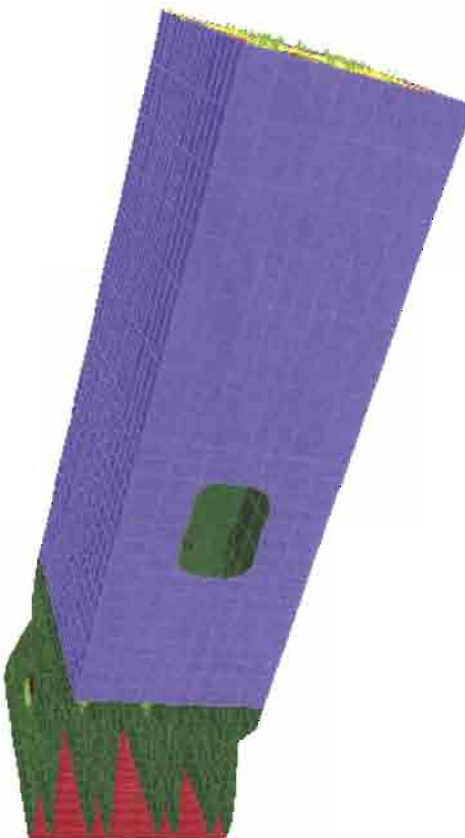




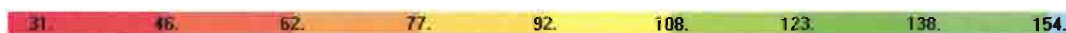
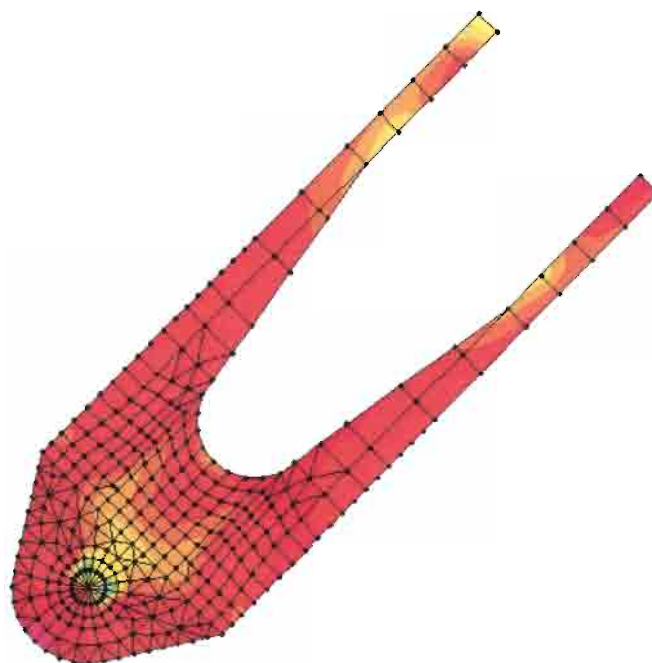
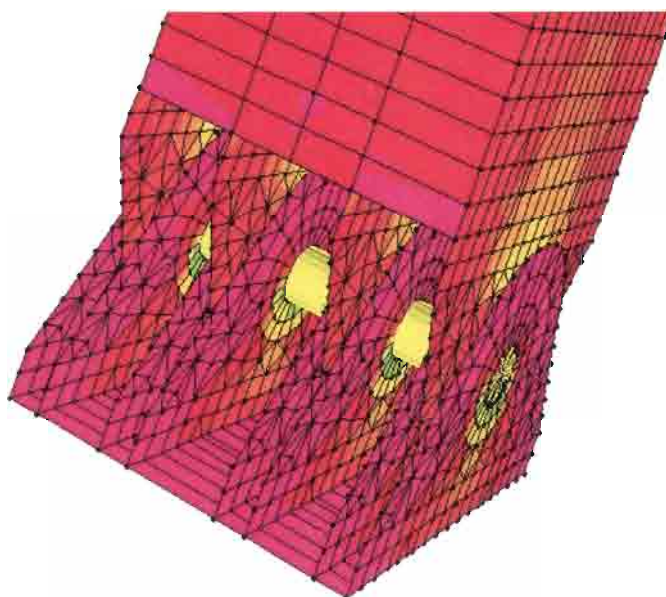
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

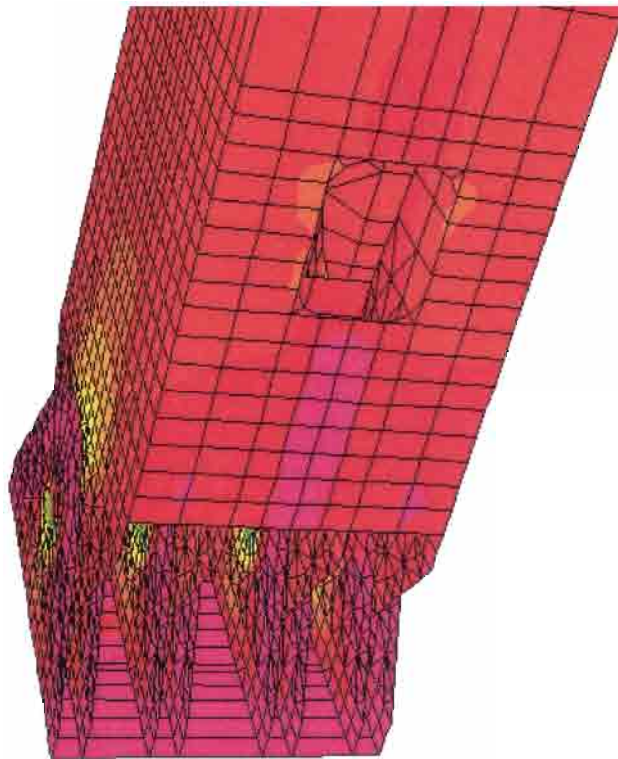
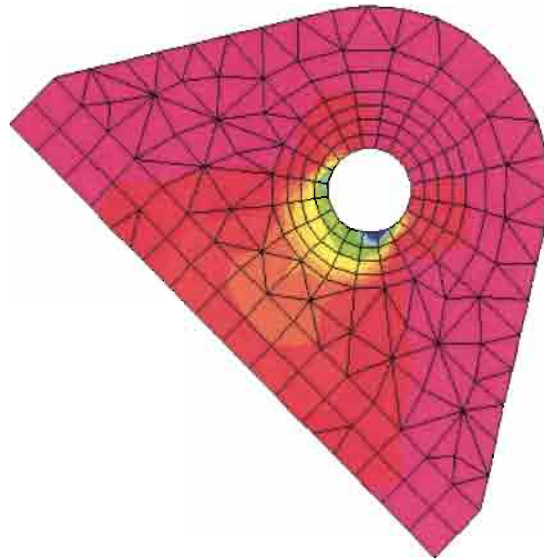
RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	64 DI 90

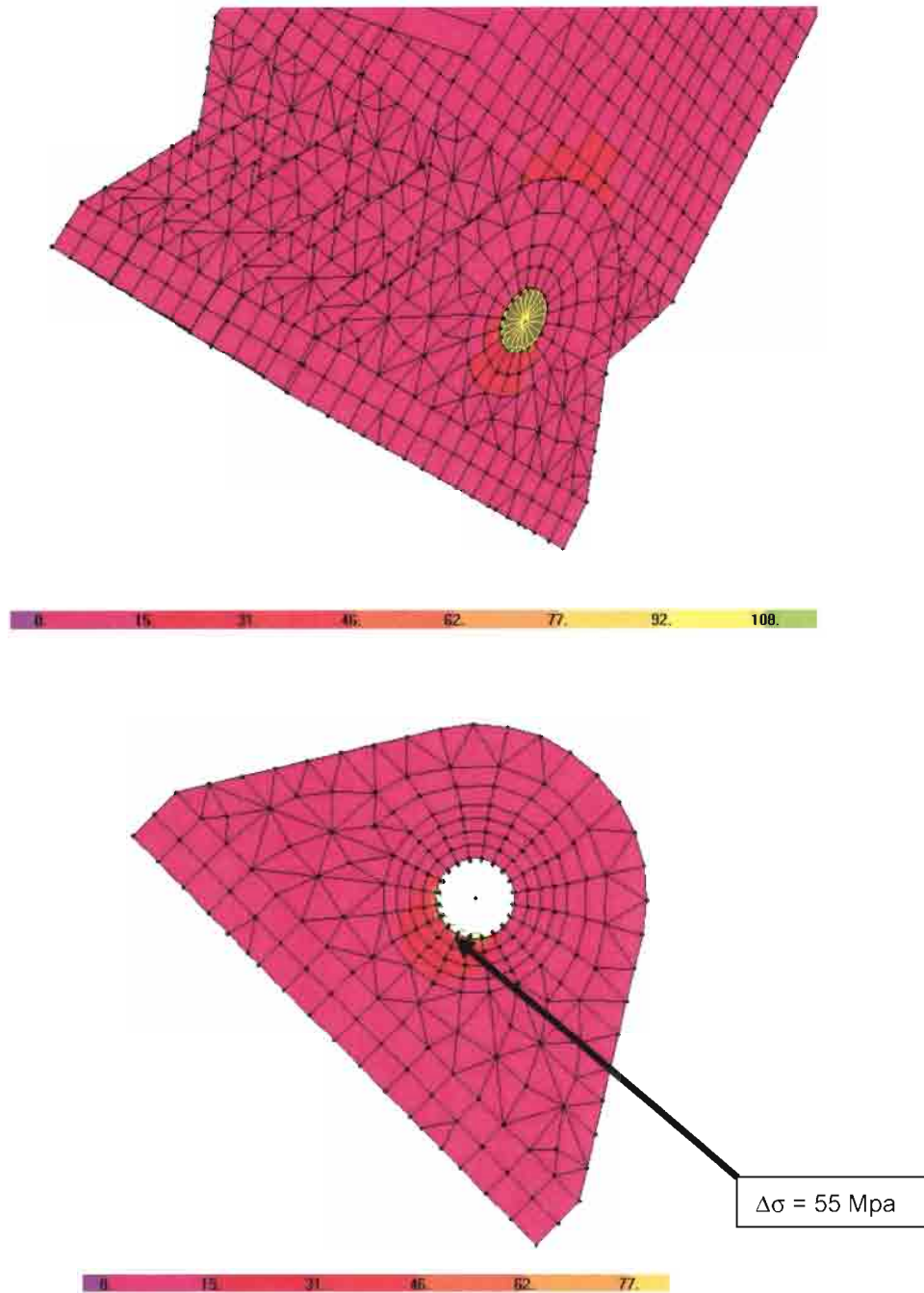


3.7.1 Verifiche S.L.U.

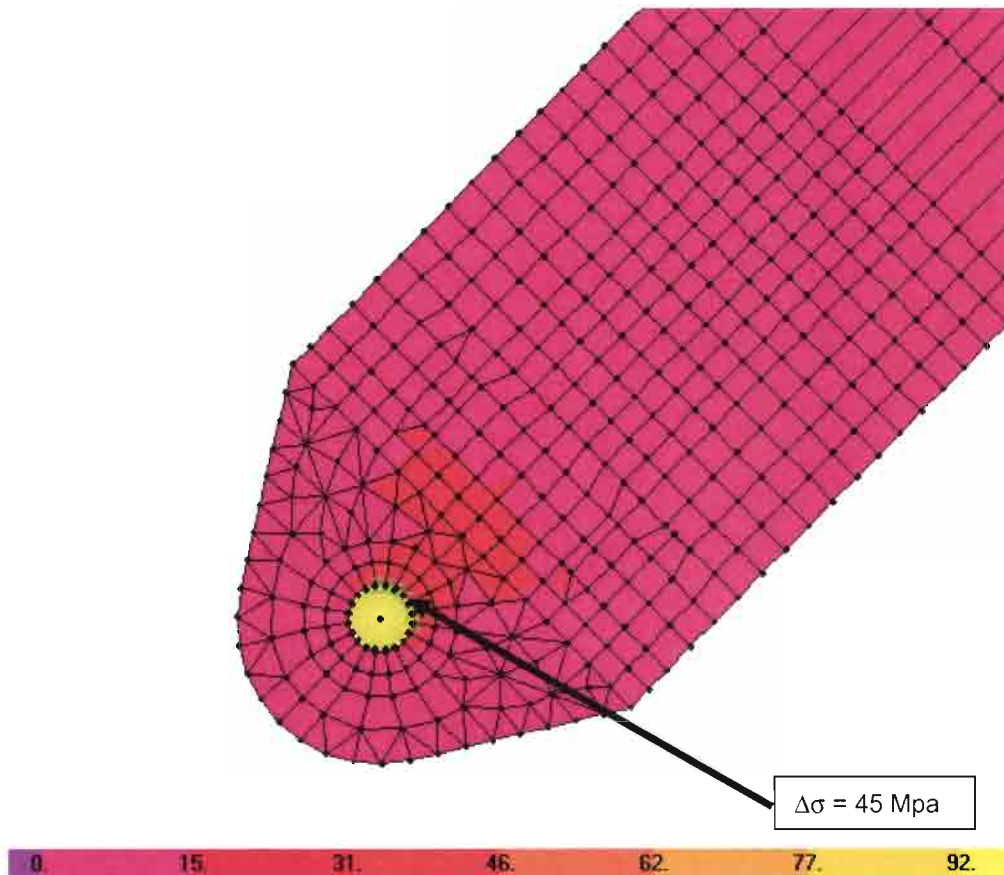




3.7.2 Verifiche a fatica.





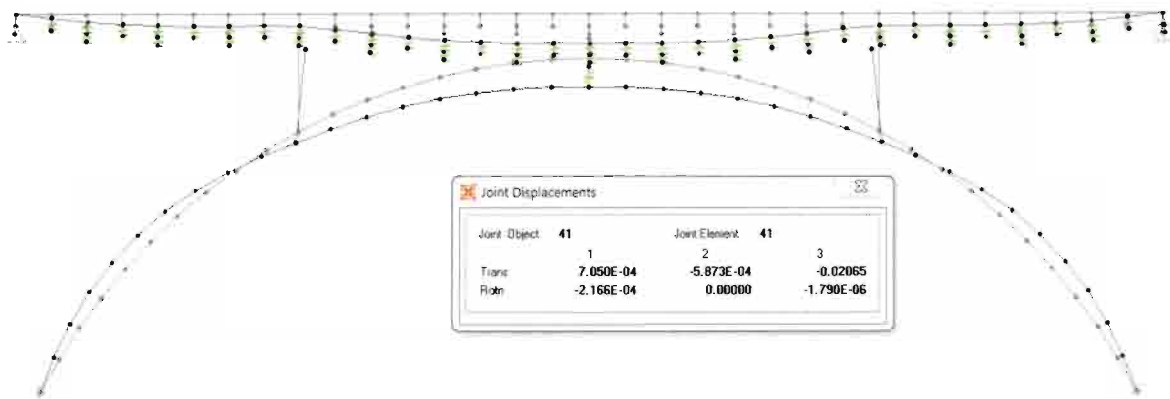


Lo stato tensionale associato alle condizioni di carico per il treno teorico LM71, non rappresenta una criticità per le verifiche a fatica. In ogni caso nella successiva fase di progetto esecutivo tutti i particolari costruttivi dovranno essere opportunamente geometrizzati per un ottimale comportamento strutturale nei confronti dei carichi ciclici.

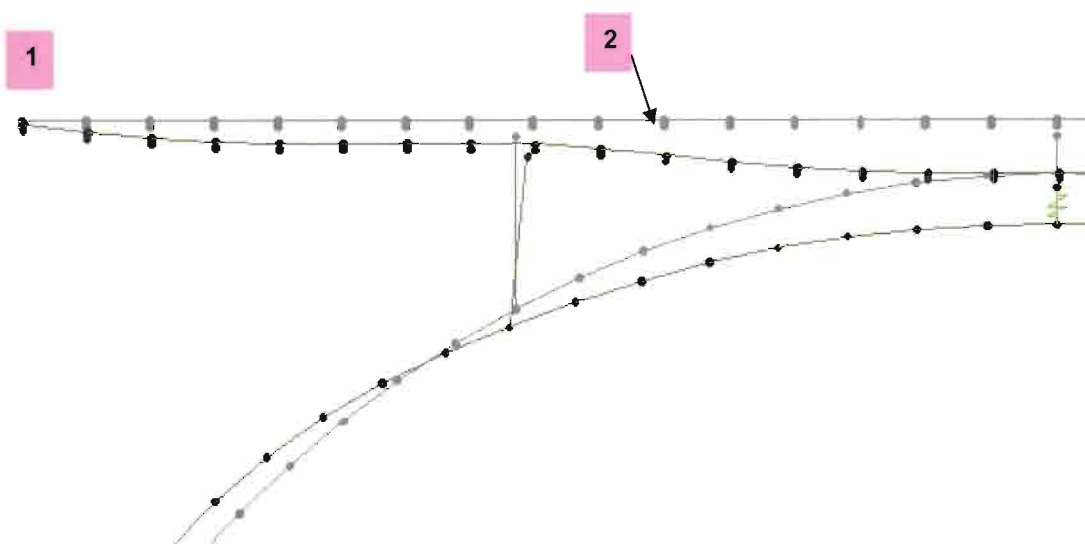
## 4 VERIFICHE SLE

### 4.1 Deformazioni verticali della struttura

COMBINAZIONE DI CARICO: PESI PROPRI + PERMANENTI PORTATI



freccia impalcato in corrispondenza della chiave dell'arco: **20,7 mm**

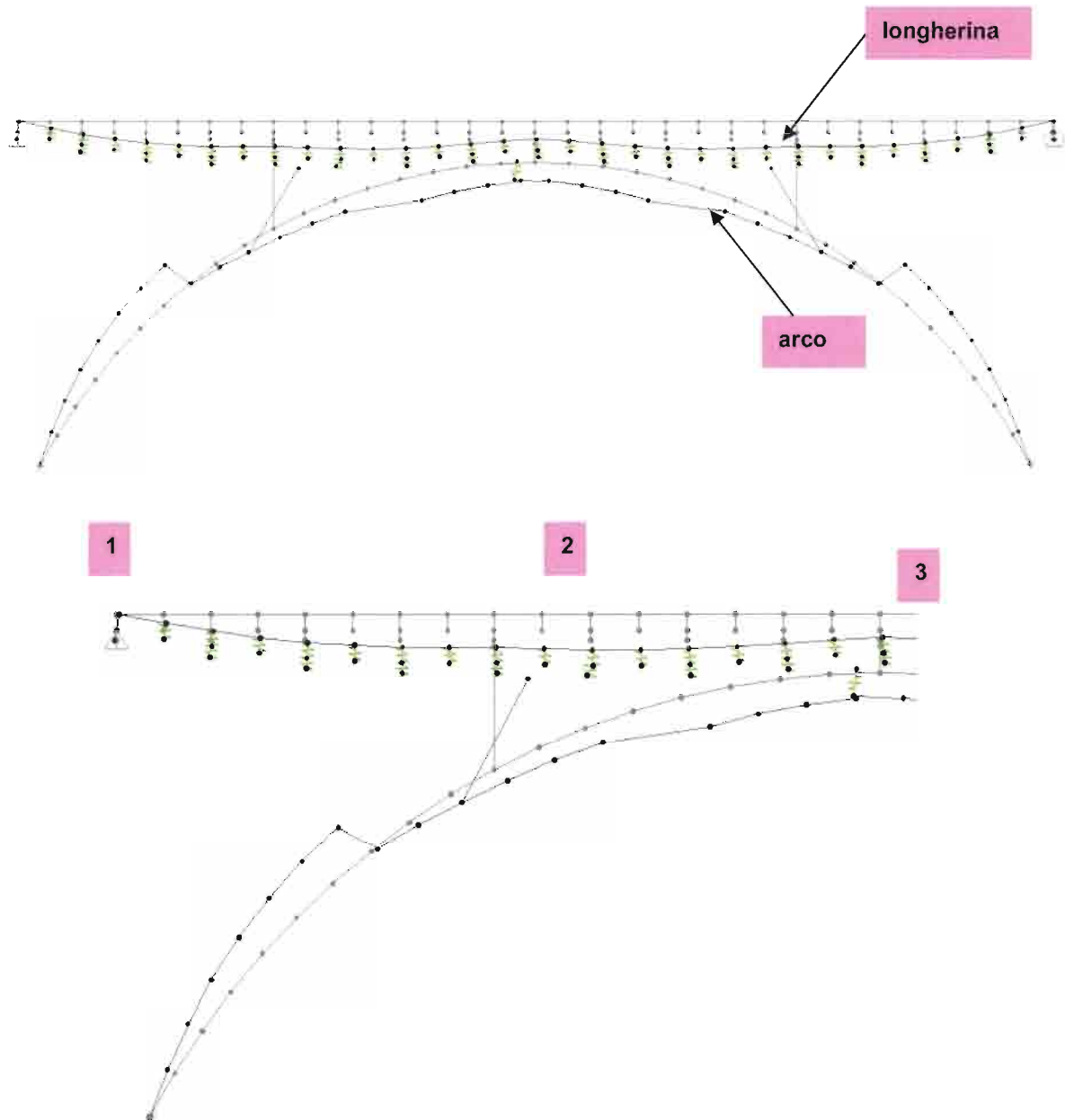


rotazioni:

$$\varphi 1 = 0.000991 \text{ rad}$$

$$\varphi 2 = 0.000931 \text{ rad}$$

CONDIZIONE DI CARICO ELEMENTARE: LM71 (moving load case)



SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	0.00186	19.5	0.000816	13.8	0.00146

$\delta_{max} = 19.5 \text{ mm} \approx 1/2100$  di  $0.5 \times L_{TOT}$  ( $L_{TOT}$  = luce complessiva tra gli appoggi sulle pile)

$\varphi_{max} = 0.00186 \text{ rad}$



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	71 DI 90

Dovrà verificarsi inoltre che il raggio di curvatura del binario nel piano verticale per deformazioni verso il basso, non risulti inferiore a quello che induce sul mezzo una accelerazione pari a 0,48 m/sec<sup>2</sup>. Tale prescrizione si traduce nel controllo del raggio.

$$\frac{v^2}{r} \leq 0.48 \text{ m/s}^2 \rightarrow r_{\min} = \frac{v^2}{0.48}$$

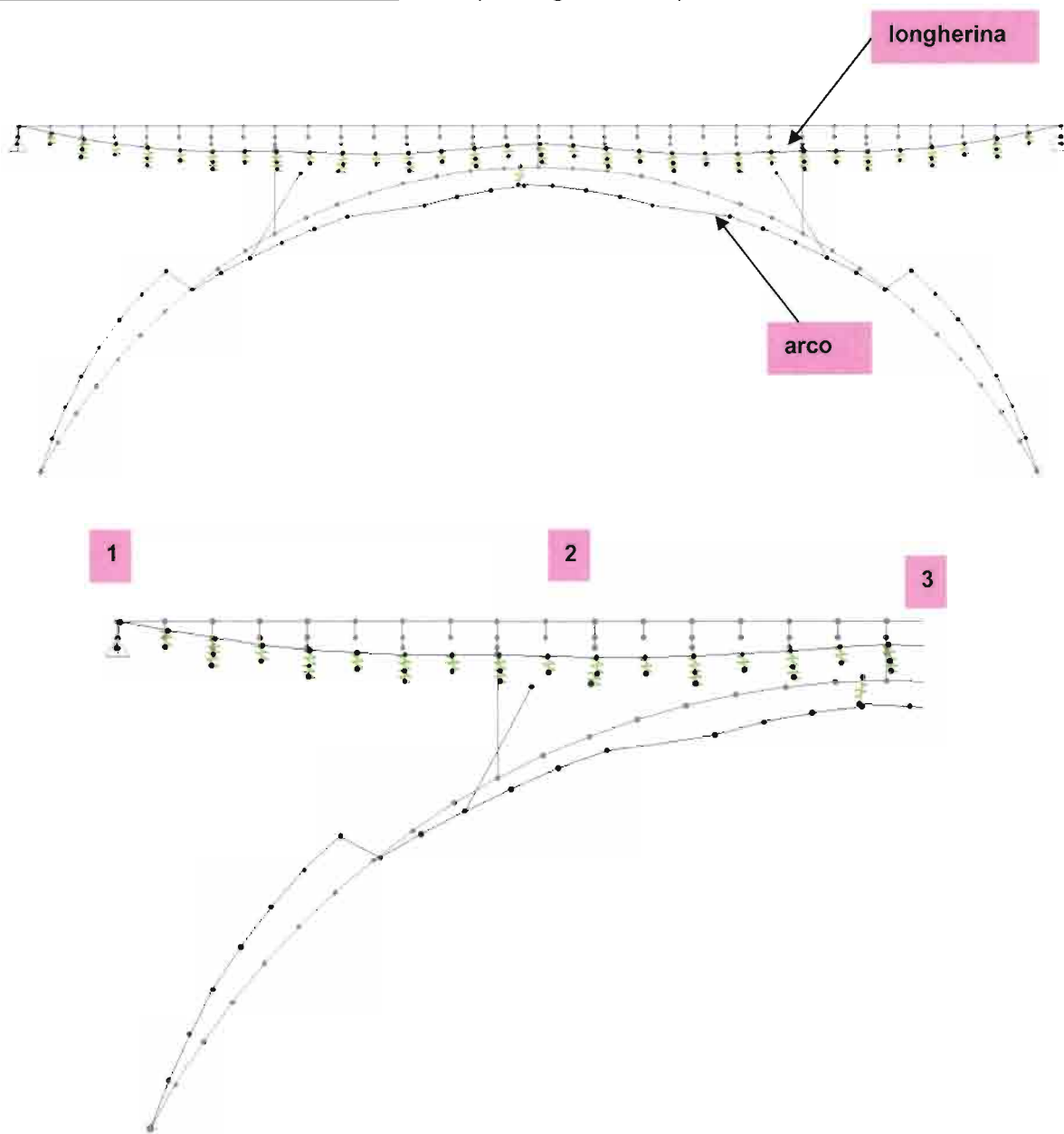
per  $v=240 \text{ km/h} = 66.7 \text{ m/s}^2$

$$r_{\min} = 9269 \text{ m}$$

$$r_{\text{esercizio}} = \frac{L^2}{8d} = \frac{7056}{8 \times 0.0195} = 45230 \text{ m} > r_{\min}$$



CONDIZIONE DI CARICO ELEMENTARE: SW2 (moving load case)



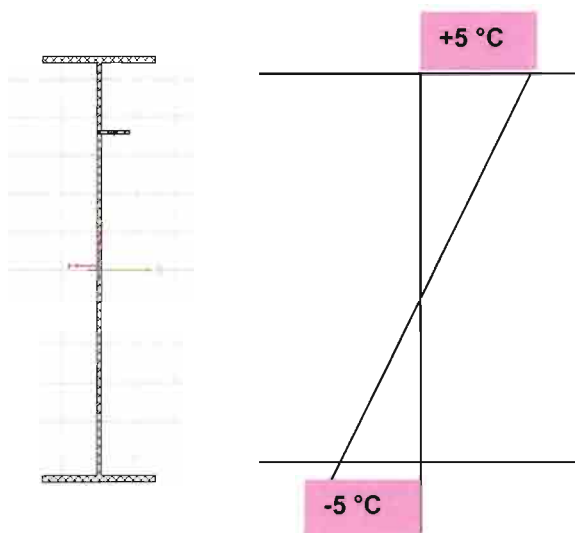
SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	0.00221	22.02	0.000971	15.6	0.00171

$\delta_{max} = 22.1$  mm  
 $\varphi_{max} = 0.00221$  rad

CONDIZIONI DI CARICO TERMICO ELEMENTARE PER VERIFICHE CON LM71

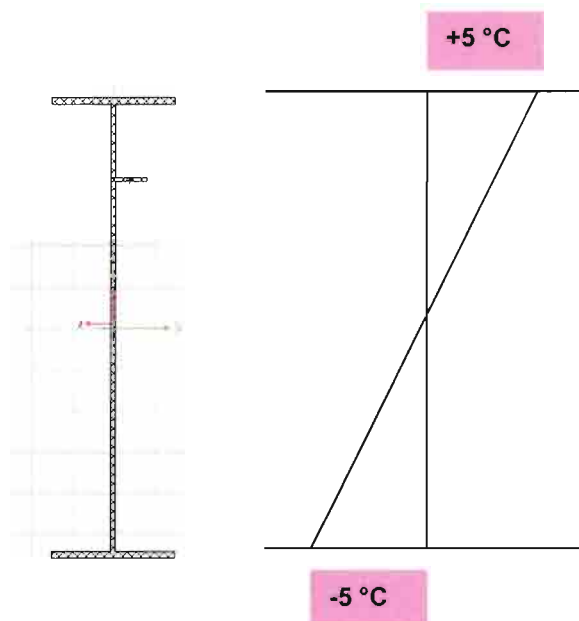
**Temp\_V**

(grad. termico  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  sull'impalcato (+5/-5):  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/2,8\text{m}=+3.6$ )



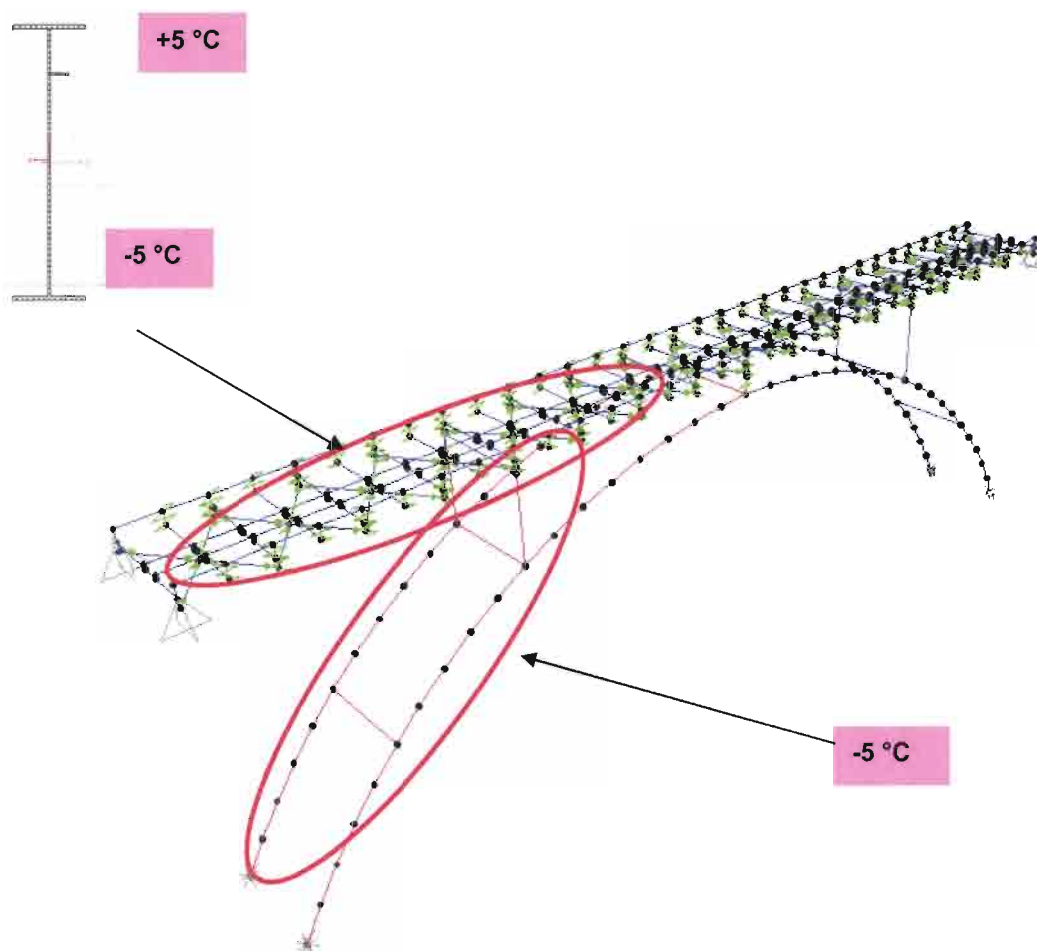
**Temp\_V\_a**

(grad. termico  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  sull'impalcato (+5/-5):  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/2,8\text{m}=+3.6$   
termica uniforme sull'arco pari a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ )



**Temp\_V\_b**

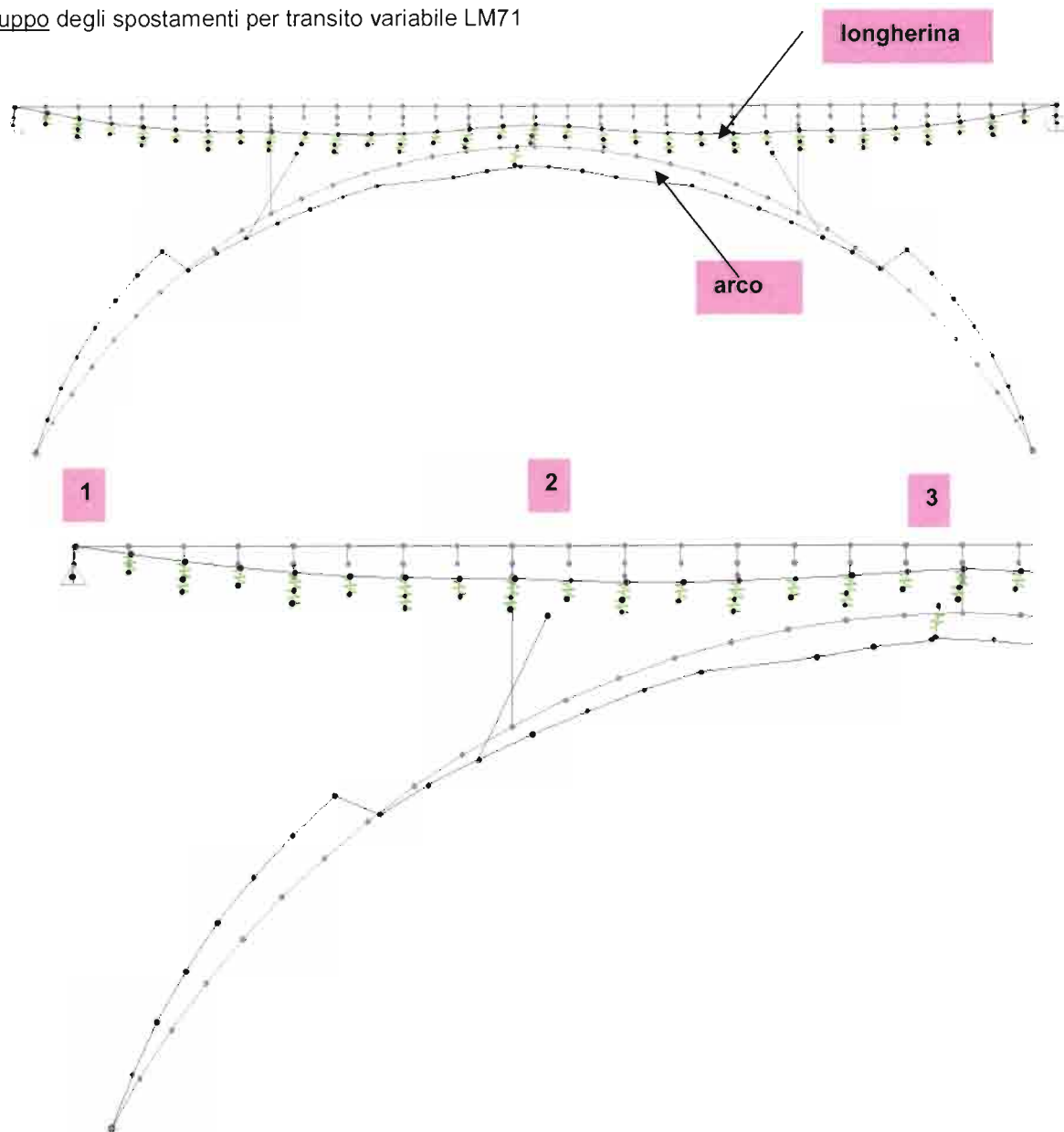
(grad. termico 10 °C sull'impalcato (+5/-5):  $10^{\circ}\text{C}/2,8\text{m}=+3.6$  SU META' IMPALCATO  
termica uniforme pari a -5 °C SU METÀ' ARCO (inclusi pilastrini)).



COMBINAZIONE DI CARICO: LM71+EFFETTI TERMICI  
(verifiche per la sicurezza del binario)

LM71+TERMICA\_1 (LM71 + Temp\_V)

inviluppo degli spostamenti per transito variabile LM71



SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	-0.00158	-19.23	-0.000887	-14.10	-0.00146

$\delta_{max} = -19.123$  mm



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	76 DI 90

$\varphi_{\max} = 0.00158 < 0.005 \text{ rad}$

**LM71+TERMICA\_2 (LM71 + Temp\_V-)**

SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	-0.00214	-19.69	-0.000746	-13.57	-0.00146

$\delta_{\max} = -19.69 \text{ mm}$

$\varphi_{\max} = 0.00214 < 0.005 \text{ rad}$

**LM71+TERMICA\_3 (LM71 + Temp\_V\_a)**

SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	-0.00177	-22.62	-0.000998	-18.49	-0.00146

$\delta_{\max} = -22.62 \text{ mm}$

$\varphi_{\max} = 0.00177 < 0.005 \text{ rad}$

**LM71+TERMICA\_4 (LM71 + Temp\_V\_a-)**

SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	-0.00195	-17.50	-0.000739	-9.19	-0.00146

$\delta_{\max} = -17.50 \text{ mm}$

$\varphi_{\max} = 0.00195 < 0.005 \text{ rad}$

**LM71+TERMICA\_5 (LM71 + Temp\_V\_b)**

SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	-0.00159	-19.59	-0.000906	-16.17	-0.00168

$\delta_{\max} = -19.59 \text{ mm}$

$\varphi_{\max} = 0.00159 < 0.005 \text{ rad}$

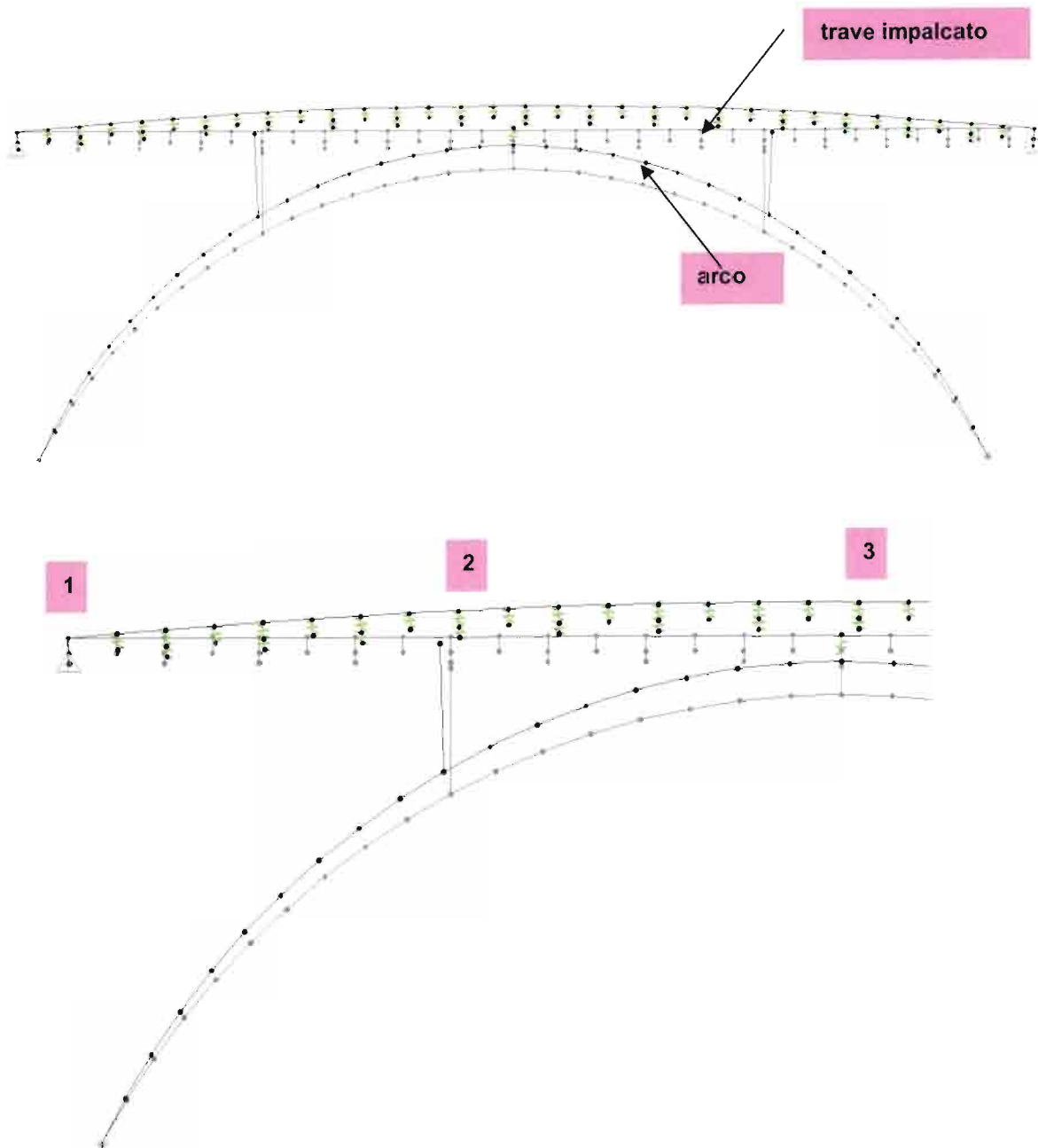
**LM71+TERMICA\_6 (LM71 + Temp\_V\_b-)**

SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	-0.00213	-19.34	-0.000727	-11.51	-0.00168

$\delta_{\max} = -19.34 \text{ mm}$

$\varphi_{\max} = 0.00213 < 0.005 \text{ rad}$

Temp\_U (termica costante +25 °C)



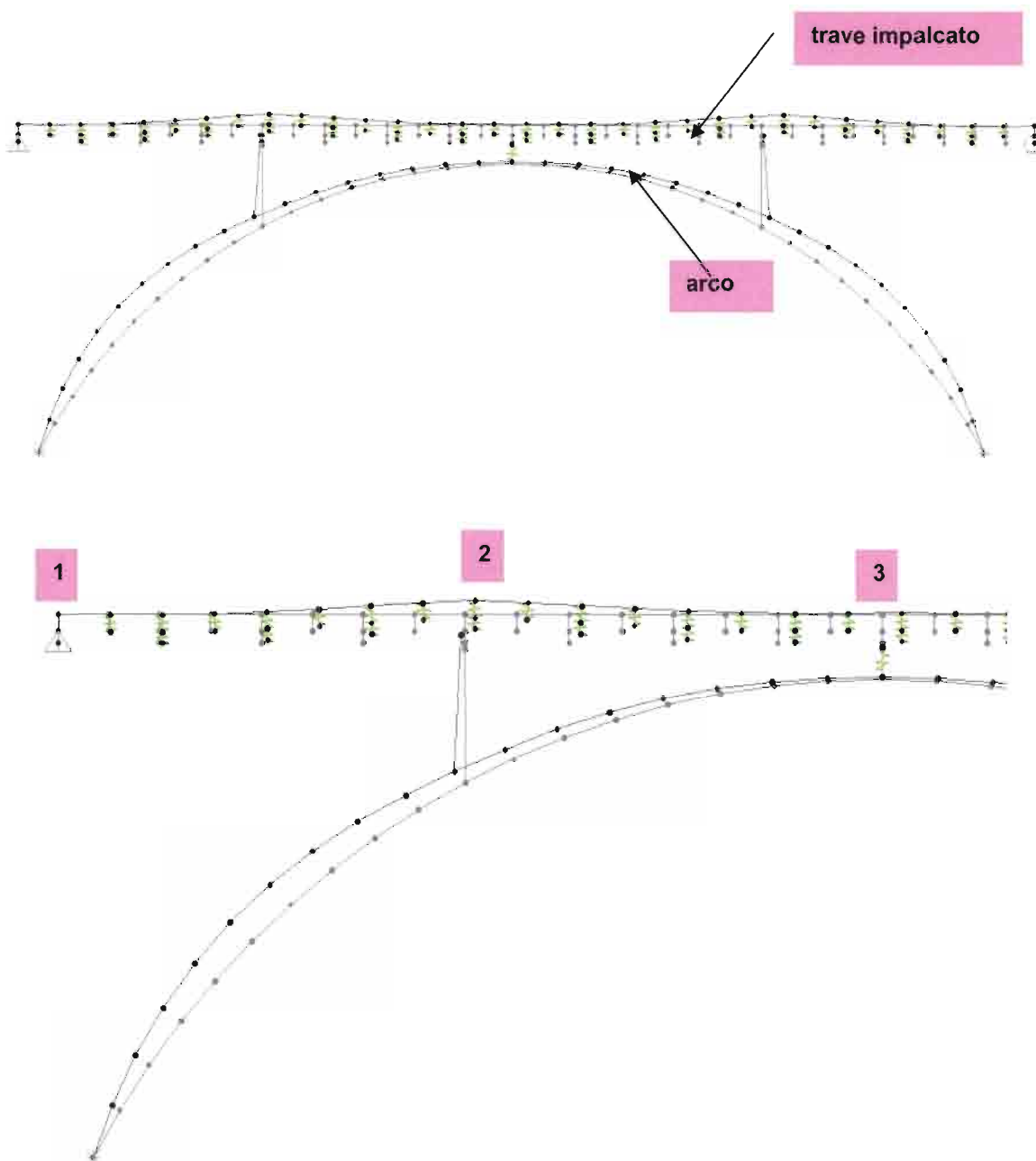
SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	+0.000948	+16.96	+0.000558	+21.91	0

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	78 DI 90

$\delta_{max} = +21.91 \text{ mm}$

PP+PERM+Temp\_U (pesi propri + permanenti portati + termica costante +25 °C)



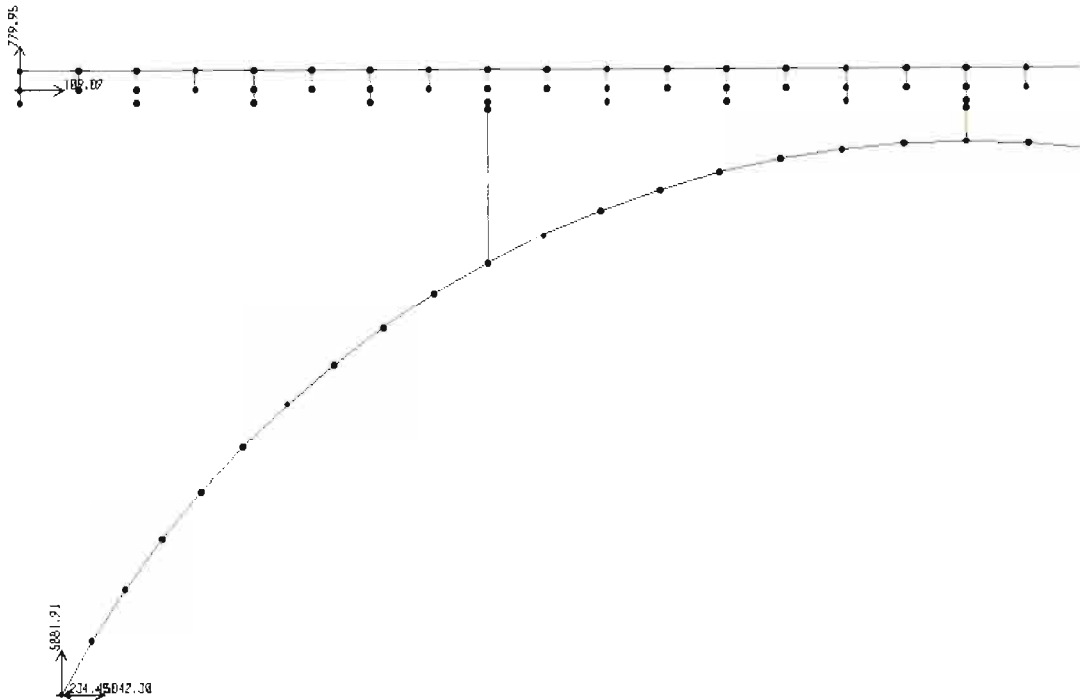
SEZIONE 1		SEZIONE 2		SEZIONE 3	
$\delta 1$ (mm)	$\varphi 1$ (rad)	$\delta 2$ (mm)	$\varphi 2$ (rad)	$\delta 3$ (mm)	$\varphi 3$ (rad)
-	+0.0000428	+8.62	+0.0000478	+1.26	0

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	79 DI 90

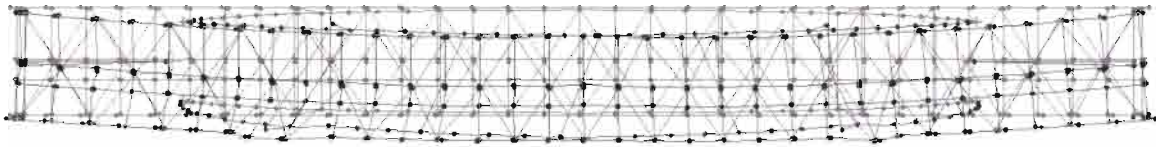
$$\delta_{\max} = +8.62 \text{ mm}$$

Per tale combinazione di carico le reazioni all'appoggio risultano comunque positive, dunque non risulta necessario impiegare dispositivi di vincolo bilateri.





## 4.2 Deformazioni orizzontali della struttura



Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
LM71	Moving Load	1.
serp_l	Linear Static	1.
Temp_0	Linear Static	1.
Vento_carico	Linear Static	1.
Vento_barriera	Linear Static	1.

Add  
Modify  
Delete

OK Cancel

Sommando tutti gli effetti dei carichi orizzontali di esercizio, la freccia orizzontale in mezzeria del ponte risulta pari a:

$$\delta_H \text{ (mm)} = 16.09 \text{ mm}$$

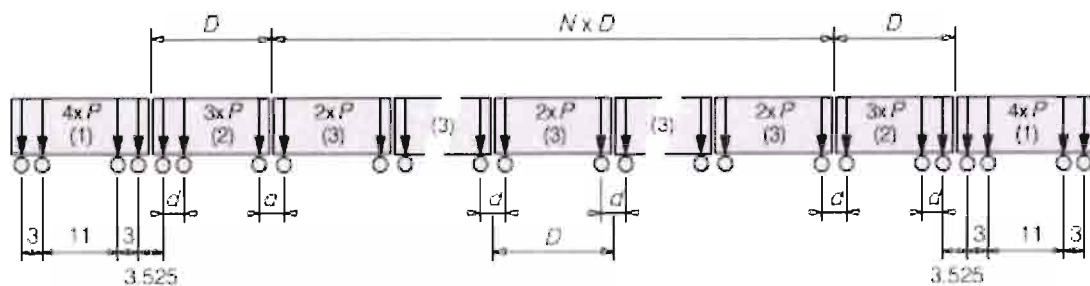
$$R = L^2 / 8\delta_H = 7056 / 0.129 = 54698 \text{ m} > 9500 \text{ m}$$

$$\varphi_{\text{max}} = 0.000535 \text{ rad} < 0.002 \text{ rad}$$

## 5 ANALISI DINAMICA

Si riportano nel presente paragrafo, i risultati delle analisi dinamiche effettuate per la struttura in oggetto, considerando il transito dei convogli tipo A-F e HSLM-A (A1 – A10).

Figura A.1.3-1 - HSLM-A



**Legenda:** (1) Locomotore (identico per locomotore di testa e di coda)

(2) Vagoni terminali (identico per i vagoni di testa e di coda)

(3) Vagoni intermedi

Treno Universale	Numero di vagoni intermedi N	Lunghezza dei vagoni D [m]	Interasse fra gli assi del carrello d [m]	Forza concentrata P [kN]
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

Tab. A.1.3-1 - HSLM-A

La massa a metro lineare dei carichi permanenti portati, deducibile dai carichi applicati al modello di calcolo (vedi § 2.1) risulta pari a:

$$M = 15.9 \text{ t/m}$$

Le frequenze associate ai primi modi di vibrare flessionale verticale sono state valutate con il modello di calcolo tridimensionale (§ 1.4).

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

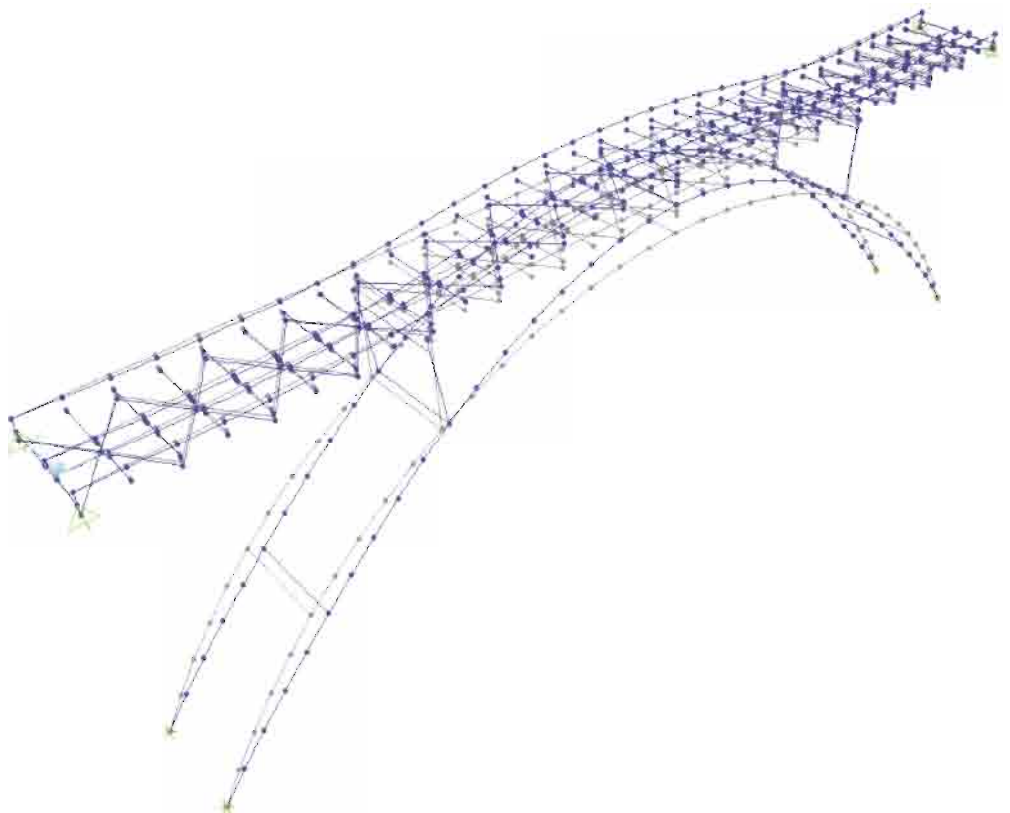
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	82 DI 90

1° MODO DI VIBRARE FLESSIONALE

Frequenza:  $f_1 = n_0 = 3.23142 \text{ Hz}$

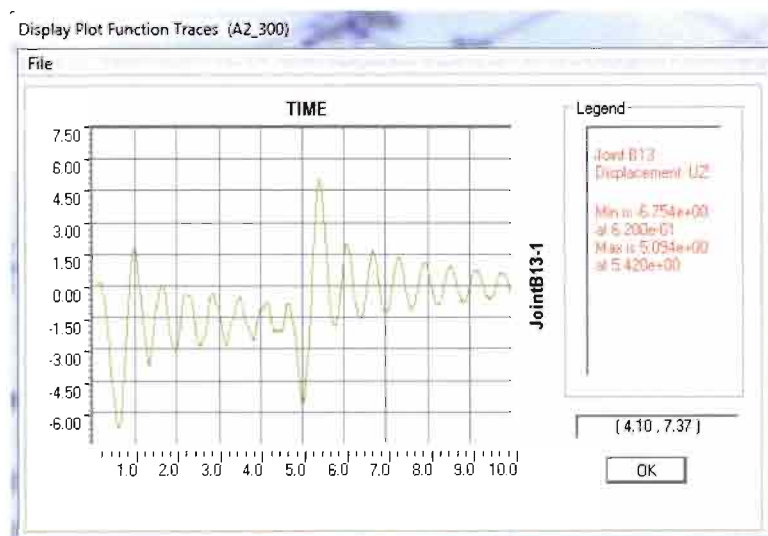
Periodo proprio:  $T_1 = 0.30946 \text{ s}$

Deformed Shape (MODAL) - Mode 5 - T = 0.30946; f = 3.23142

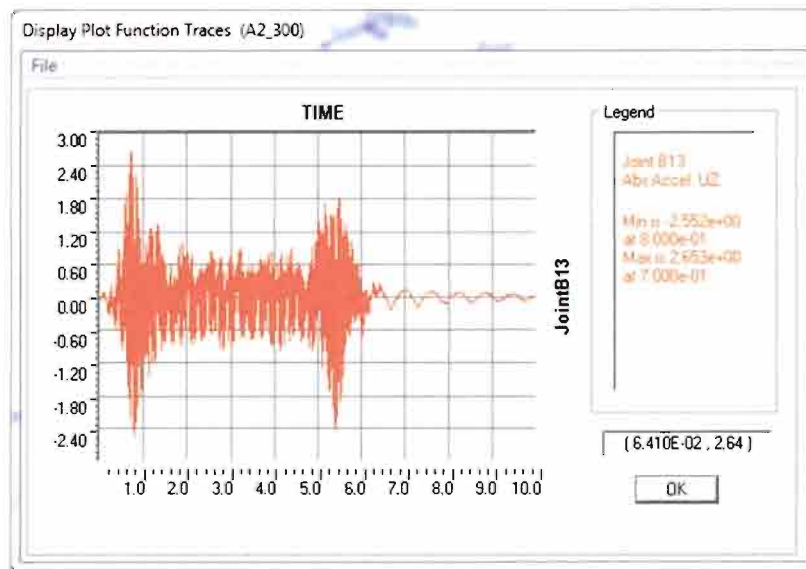


Il massimo coefficiente di amplificazione dinamica, nell'ambito delle velocità di interesse, si registra al passaggio del convoglio A alla velocità di 280 km/h. Si ha  $\phi'$  Reale,  $f = 1.51$ .

Si riporta la legge di variazione nel tempo dell'abbassamento del nodo B13 al passaggio del convoglio HSLM-A2 alla velocità di 300 km/h:



La massima accelerazione verticale si registra al passaggio del convoglio HSLM-A2 alla velocità di 300 km/h (velocità inizialmente fuori delle velocità analizzate, pari a  $V_{max} = 1.2 \cdot V_0$  ( $V_0$  è la massima velocità di progetto della linea considerata pari a 250 km/h) si ha  $a_{v,max} = 2.55 \text{ m/s}^2$ . Si riporta la legge di variazione nel tempo dell'accelerazione verticale nel nodo B13 al passaggio del convoglio HSLM-A2, alla velocità di 300 km/h:




Si osserva dunque che i valori massimi del coefficiente di amplificazione dinamica e dell'accelerazione verticale, nell'ambito delle velocità di interesse, risultano:

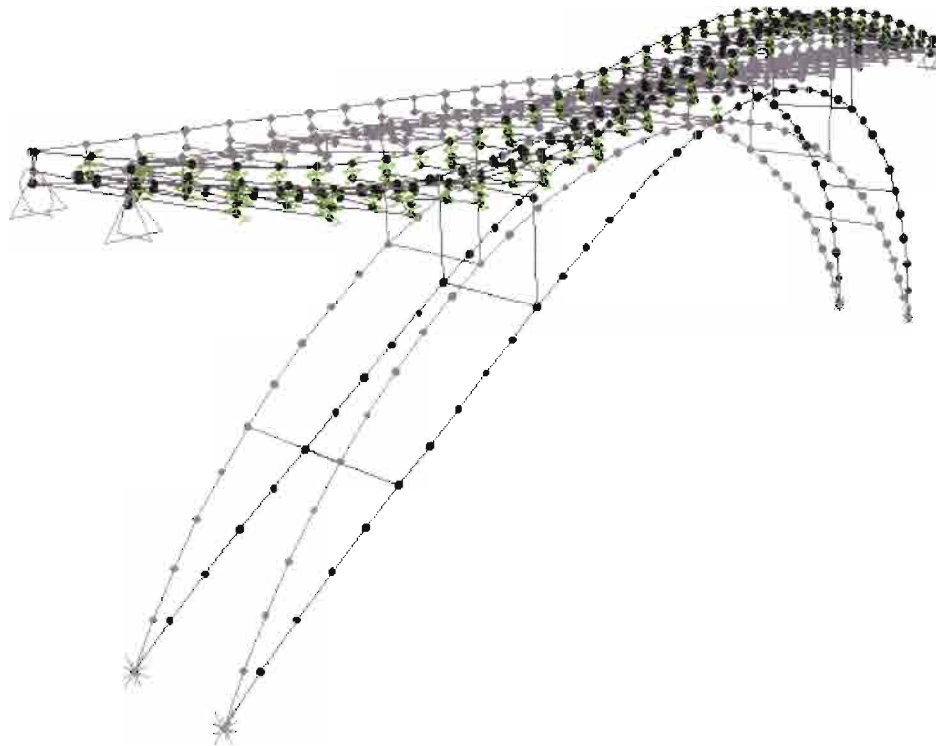
$$\phi_{max} = 1.51$$

$$a_{v,max} = 2.55 \text{ m/s}^2$$

Tali valori non rappresentano, per la struttura in esame, una criticità per i fenomeni di risonanza.

## 6 STABILITA' GLOBALE

 Deformed Shape (buckling) - Mode 1 - Factor 34.57282

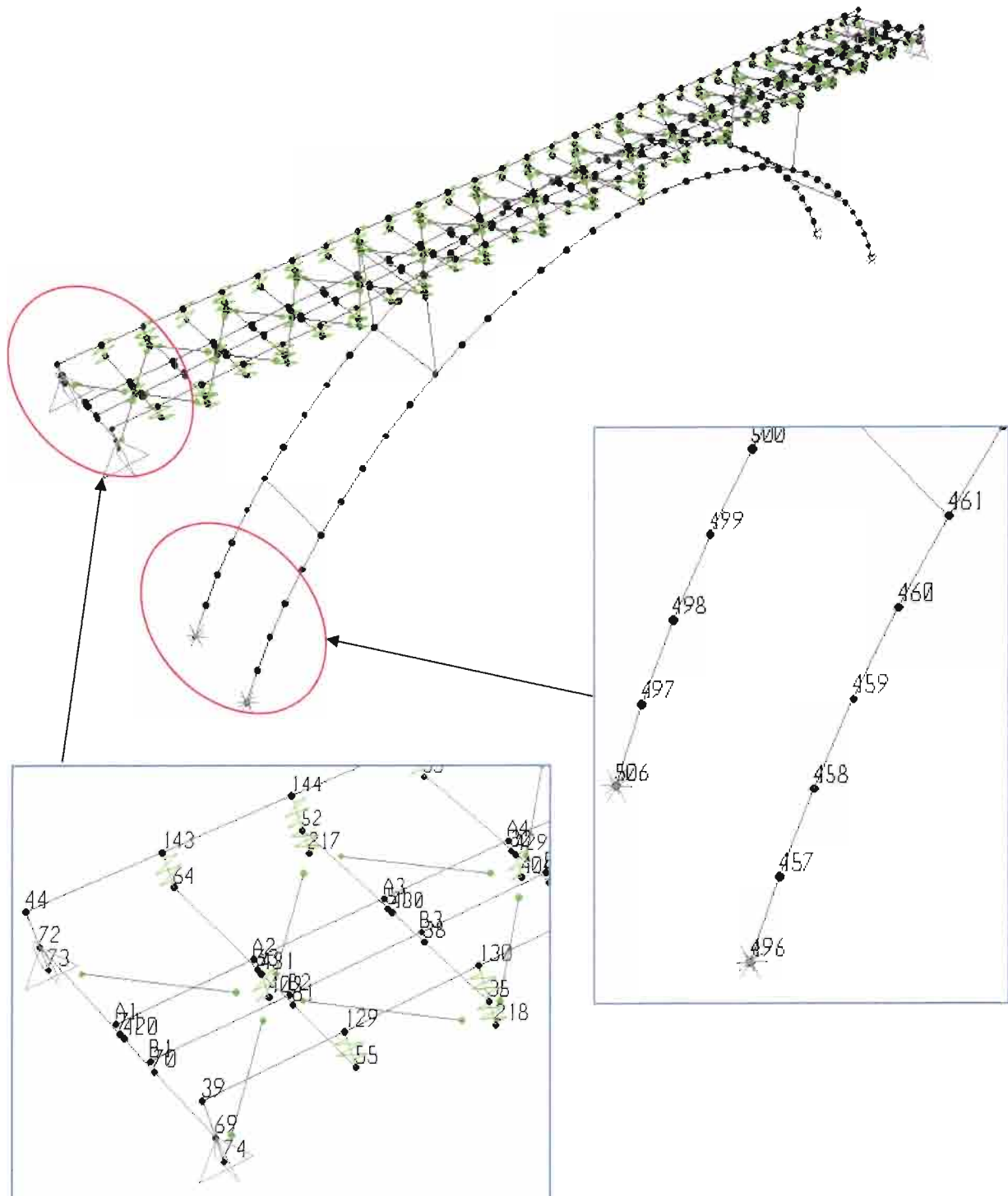


1° Modo di buckling:  $\lambda = 34,57$

Il coefficiente di buckling associato ai carichi del ponte, non rappresenta una criticità per la stabilità globale della struttura.

## 7 REAZIONI VINCOLARI

Nel presente paragrafo si riportano le reazioni vincolari della struttura, associate alle combinazioni di carico elementare.



**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	86 DI 90

F1 = Forza in direzione longitudinale (parallela all'asse longitudinale dell'impalcato)

F2 = Forza in direzione trasversale (ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato)

F3 = Forza in direzione verticale

**TABLE: Joint Reactions**

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
496	F-A_LM71	LinStatic		18.105	0.636	29.507	-4.1075	0	0
496	F-A_SW2	LinStatic		19.916	0.699	32.458	-4.5183	0	0
496	LM71	LinMoving	Max	2413.639	7.408	2656.099	209.6552	0	0
496	LM71	LinMoving	Min	0	-18.053	0	-150.7829	0	0
496	SW2	LinMoving	Max	2730.903	9.663	3009.675	240.9314	0	0
496	SW2	LinMoving	Min	-0.000005856	-20	0	-187.5562	0	0
496	S+1X+0.3Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	290.657	53.831	305.463	266.8865	0	0
496	S+0.3X+1Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	674.568	163.925	788.988	766.4942	0	0
496	S+0.3X+0.3Y+1Z	LinRespSpec	Max	222.635	49.67	254.706	233.8048	0	0
496	Serp_LM71	Combination	Max	56.701	8.752	66.73	-0.2125	0	0
496	Serp_LM71	Combination	Min	0.204	0.045	0.242	-29.895	0	0
496	Serp_SW2	Combination	Max	51.546	7.956	60.664	-0.1932	0	0
496	Serp_SW2	Combination	Min	0.185	0.041	0.22	-27.1773	0	0
496	Eff_Aerodinamici	Combination	Max	0.029	0.009817	0.033	0.0477	0	0
496	Eff_Aerodinamici	Combination	Min	-0.029	-0.009817	-0.033	-0.0477	0	0
496	Temp SLU	Combination	Max	124.497	49.473	115.94	283.207	0	0
496	Temp SLU	Combination	Min	-124.497	-49.473	-115.94	-283.207	0	0
496	combo_VENTO	Combination	Max	717.482	131.857	833.513	272.6129	0	0
496	combo_VENTO	Combination	Min	686.666	127.108	797.247	256.4224	0	0
496	PP+PERMANENTI	Combination		5121.214	-5.984	5995.498	56.6884	0	0
506	F-A_LM71	LinStatic		9.767	0.636	19.323	-4.1052	0	0
506	F-A_SW2	LinStatic		10.744	0.699	21.255	-4.5157	0	0
506	LM71	LinMoving	Max	1905.421	7.408	1977.485	209.6213	0	0
506	LM71	LinMoving	Min	-0.033	-18.053	-0.044	-150.7956	0	0
506	SW2	LinMoving	Max	2220.378	9.664	2320.673	240.8937	0	0
506	SW2	LinMoving	Min	-0.000243	-19.999	-0.000307	-187.5667	0	0
506	S+1X+0.3Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	300.309	53.831	308.364	266.8815	0	0
506	S+0.3X+1Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	668.967	163.923	782.459	766.3998	0	0
506	S+0.3X+0.3Y+1Z	LinRespSpec	Max	219.395	49.669	249.921	233.7792	0	0
506	Serp_LM71	Combination	Max	-0.199	8.751	-0.229	-0.2123	0	0
506	Serp_LM71	Combination	Min	-56.702	0.045	-66.742	-29.8567	0	0
506	Serp_SW2	Combination	Max	-0.181	7.956	-0.209	-0.193	0	0
506	Serp_SW2	Combination	Min	-51.547	0.041	-60.675	-27.1425	0	0
506	Eff_Aerodinamici	Combination	Max	0.061	0.009816	0.073	0.0477	0	0
506	Eff_Aerodinamici	Combination	Min	-0.061	-0.009816	-0.073	-0.0477	0	0
506	Temp SLU	Combination	Max	169.352	59.188	168.808	330.6444	0	0
506	Temp SLU	Combination	Min	-169.352	-59.188	-168.808	-330.6444	0	0
506	combo_VENTO	Combination	Max	-687.529	151.625	-797.732	248.5934	0	0
506	combo_VENTO	Combination	Min	-718.348	146.877	-834.012	232.4237	0	0
506	PP+PERMANENTI	Combination		4717.331	-10.329	5486.955	41.3751	0	0



**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	87 DI 90

**TABLE: Joint Reactions**

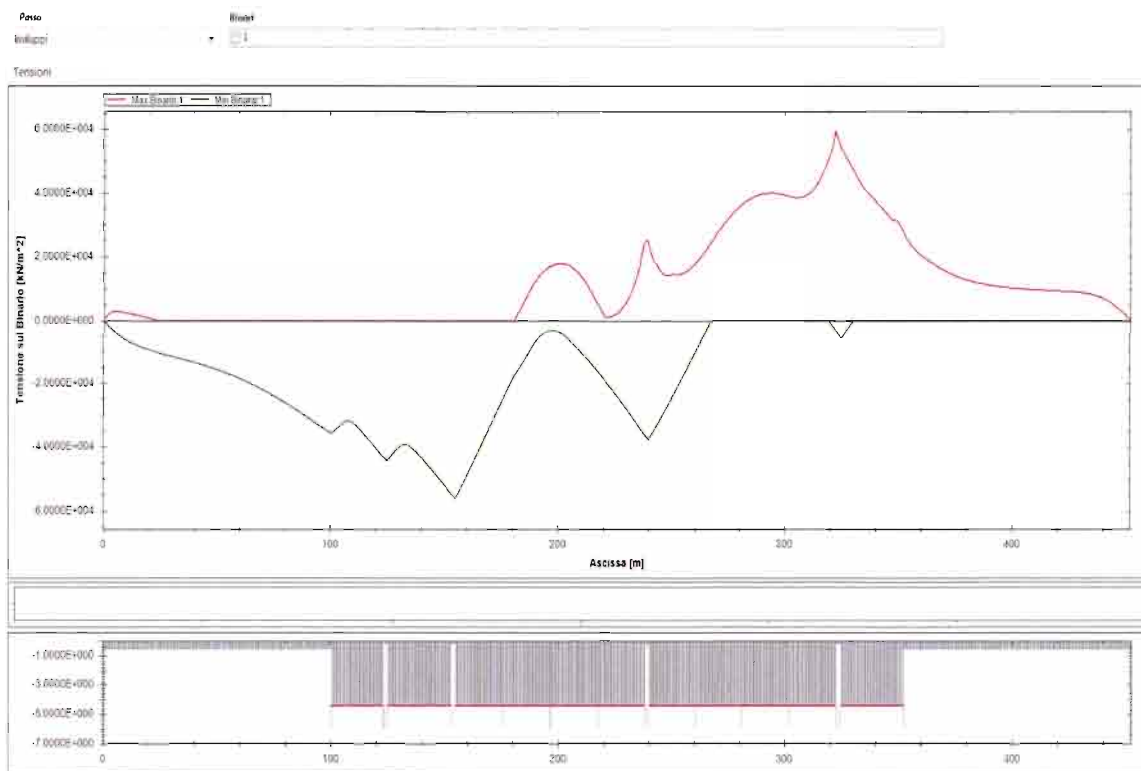
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
69	F-A_LM71	LinStatic		-876.027	5.863	-30.372	0	0	0
69	F-A_SW2	LinStatic		-963.63	6.449	-33.409	0	0	0
69	LM71	LinMoving	Max	155.158	37.104	1201.961	0	0	0
69	LM71	LinMoving	Min	-20.448	-5.024	-243.193	0	0	0
69	SW2	LinMoving	Max	183.212	43.742	1278.07	0	0	0
69	SW2	LinMoving	Min	-36.808	-8.657	-296.241	0	0	0
69	S+1X+0.3Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	1136.131	256.167	98.375	0	0	0
69	S+0.3X+1Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	1623.583	779.785	91.013	0	0	0
69	S+0.3X+0.3Y+1Z	LinRespSpec	Max	575.558	238.514	44.206	0	0	0
69	Serp_LM71	Combination	Max	113.164	109.82	21.525	0	0	0
69	Serp_LM71	Combination	Min	-0.968	47.461	-6.036	0	0	0
69	Serp_SW2	Combination	Max	102.877	99.837	19.568	0	0	0
69	Serp_SW2	Combination	Min	-0.88	43.146	-5.487	0	0	0
69	Eff_Aerodinamici	Combination	Max	0.07	0.026	0.022	0	0	0
69	Eff_Aerodinamici	Combination	Min	-0.07	-0.026	-0.022	0	0	0
69	Temp SLU	Combination	Max	39.714	13.293	142.947	0	0	0
69	Temp SLU	Combination	Min	-39.714	-13.293	-142.947	0	0	0
69	combo_VENTO	Combination	Max	2195.472	527.092	23.311	0	0	0
69	combo_VENTO	Combination	Min	2133.218	493.077	8.279	0	0	0
69	PP+PERMANENTI	Combination		88.066	24.068	883.104	0	0	0
72	F-A_LM71	LinStatic		-783.653	0	-22.699	0	0	0
72	F-A_SW2	LinStatic		-862.018	0	-24.968	0	0	0
72	LM71	LinMoving	Max	20.448	0	883.756	0	0	0
72	LM71	LinMoving	Min	-155.158	0	-218.138	0	0	0
72	SW2	LinMoving	Max	36.808	0	986.515	0	0	0
72	SW2	LinMoving	Min	-183.212	0	-261.868	0	0	0
72	S+1X+0.3Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	1003.503	0	88.261	0	0	0
72	S+0.3X+1Y+0.3Z	LinRespSpec	Max	1631.009	0	88.418	0	0	0
72	S+0.3X+0.3Y+1Z	LinRespSpec	Max	555.767	0	40.101	0	0	0
72	Serp_LM71	Combination	Max	0.968	0	6.049	0	0	0
72	Serp_LM71	Combination	Min	-113.164	0	-21.537	0	0	0
72	Serp_SW2	Combination	Max	0.88	0	5.499	0	0	0
72	Serp_SW2	Combination	Min	-102.877	0	-19.579	0	0	0
72	Eff_Aerodinamici	Combination	Max	0.07	0	0.018	0	0	0
72	Eff_Aerodinamici	Combination	Min	-0.07	0	-0.018	0	0	0
72	Temp SLU	Combination	Max	39.714	0	141.8	0	0	0
72	Temp SLU	Combination	Min	-39.714	0	-141.8	0	0	0
72	combo_VENTO	Combination	Max	-2133.218	0	-7.758	0	0	0
72	combo_VENTO	Combination	Min	-2195.472	0	-22.805	0	0	0
72	PP+PERMANENTI	Combination		-88.066	0	737.284	0	0	0



## 8 INTERAZIONE STATICA TRENO-BINARIO-STRUTTURA

Si riportano di seguito i risultati in forma sintetica delle analisi di interazione statica treno-binario-struttura effettuate con software dedicato "W.PRIS" versione 1.1.

In prima fase sono state effettuate le analisi numeriche senza giunto di dilatazione sul binario. E' risultato uno stato tensionale della rotaia come di seguito riportato:



Dal grafico sopra, si evince che:

- La massima compressione è risultata pari a 56 Mpa (valore di poco inferiore al limite di Normativa per la compressione pari a 60 Mpa).
- La massima trazione è risultata pari a circa 60Mpa (valore inferiore al limite di Normativa per la trazione pari a 70 Mpa).

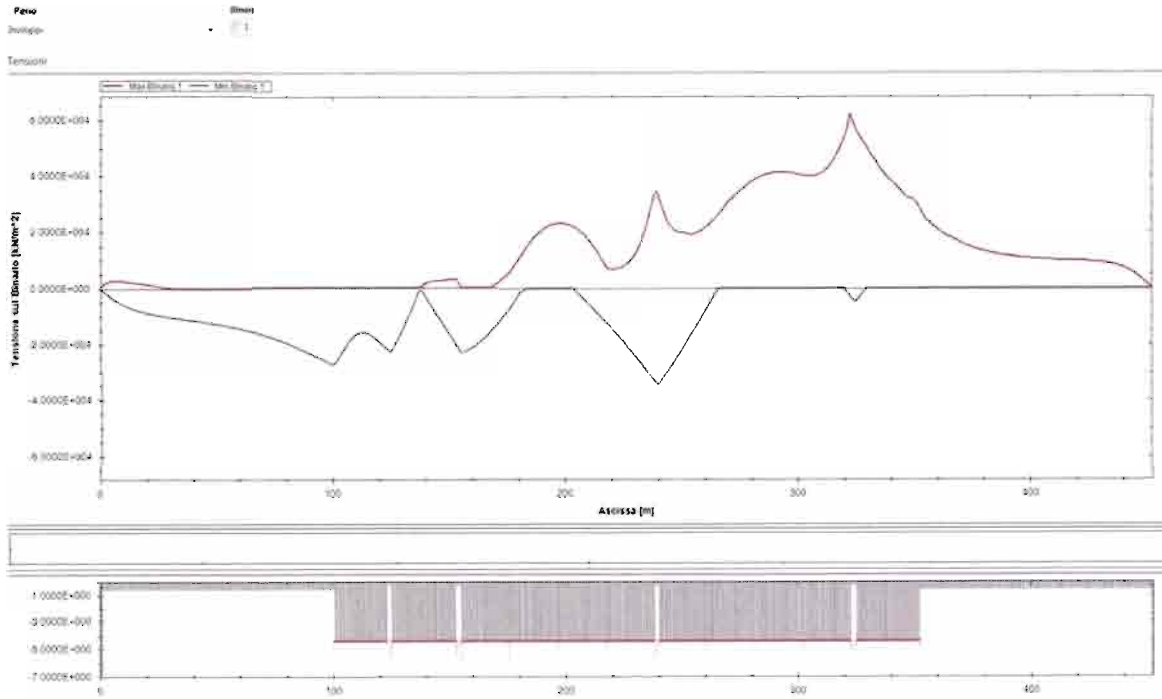
I valori sopra riportati, sono risultati condizionati in modo non trascurabile dalla interazione tra i pozzi ed i terreni di fondazione (vista la tipologia di opera e la geometria).

Pertanto, in questa fase progettuale in cui la parametrizzazione geognostica non è stata spinta a livello di progettazione esecutiva, si prevede comunque la predisposizione di un giunto di dilatazione di binario per ogni viadotto salvo successivamente verificarne l'effettiva necessità.

L'analisi eseguita prevedendo il giunto di binario, posizionato in corrispondenza della pila 2 del binario dispari, ha evidenziato i seguenti risultati in termini di tensione sulla rotaia di seguito riportato:

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
 METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	89 DI 90



Dal grafico sopra, si evince che:

- la massima compressione è risultata pari a 35 Mpa (valore inferiore al limite di Normativa per la compressione pari a 60 Mpa).
- La massima trazione è risultata pari a circa 62Mpa (valore inferiore al limite di Normativa per la trazione pari a 70 Mpa).



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

**RELAZIONE DI CALCOLO – CARPENTERIA  
METALLICA PONTE AD ARCO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI00 07 001	B	90 DI 90

## 9 ALLEGATI – INPUT E OUTPUT MODELLO DI CALCOLO

Si allega alla presente relazione, con supporto informatico CD-ROM, i file di input ed output dei modelli di calcolo globale SAP2000 per il ponte ad arco oggetto della presente relazione e per le relative campate isostatiche d'approccio da 28,16m e 23,04 m di luce.

