

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

## Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Relazione di calcolo

INTERAZIONE STATICA TRENO – BINARIO – STRUTTURA

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 0 9 C L V I 1 3 0 0 0 0 6 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	Emissione Esecutiva	L. Genca <i>L. Genca</i>	Luglio 2019	F. Bonifacio <i>F. Bonifacio</i>	Luglio 2019	F. Gernone <i>F. Gernone</i>	Luglio 2019	A. Vitozzi <i>A. Vitozzi</i>

File: IA5F01D09CLV11300006A.docx

n. Elab.:

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

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
3	VIADOTTO NUOVO BASENTO.....	3
4	CRITERI DI MODELLAZIONE.....	5
4.1	ARMAMENTO.....	7
4.2	IMPALCATO A SEZIONE MISTA (L=31m).....	8
4.3	IMPALCATO METALLICO.....	8
4.4	SCHEMA APPOGGI.....	9
4.5	SOTTOSTRUTTURE.....	9
5	ANALISI.....	10
5.1	AZIONI APPLICATE.....	10
5.2	COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	12
5.3	RISULTATI.....	13
6	CONCLUSIONI.....	18

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di calcolo <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive gli effetti dovuti all'interazione statica treno-binario-struttura sul nuovo viadotto Basento della linea Ferrandina – Matera.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture

### 3 VIADOTTO NUOVO BASENTO

Il viadotto ferroviario in esame è a singolo binario ed è costituito da impalcati a sezione mista acc.-cls da 31m e travate metalliche reticolari da 60m e da 85m. Si rimanda agli elaborati di progetto per le sezioni di dettaglio.

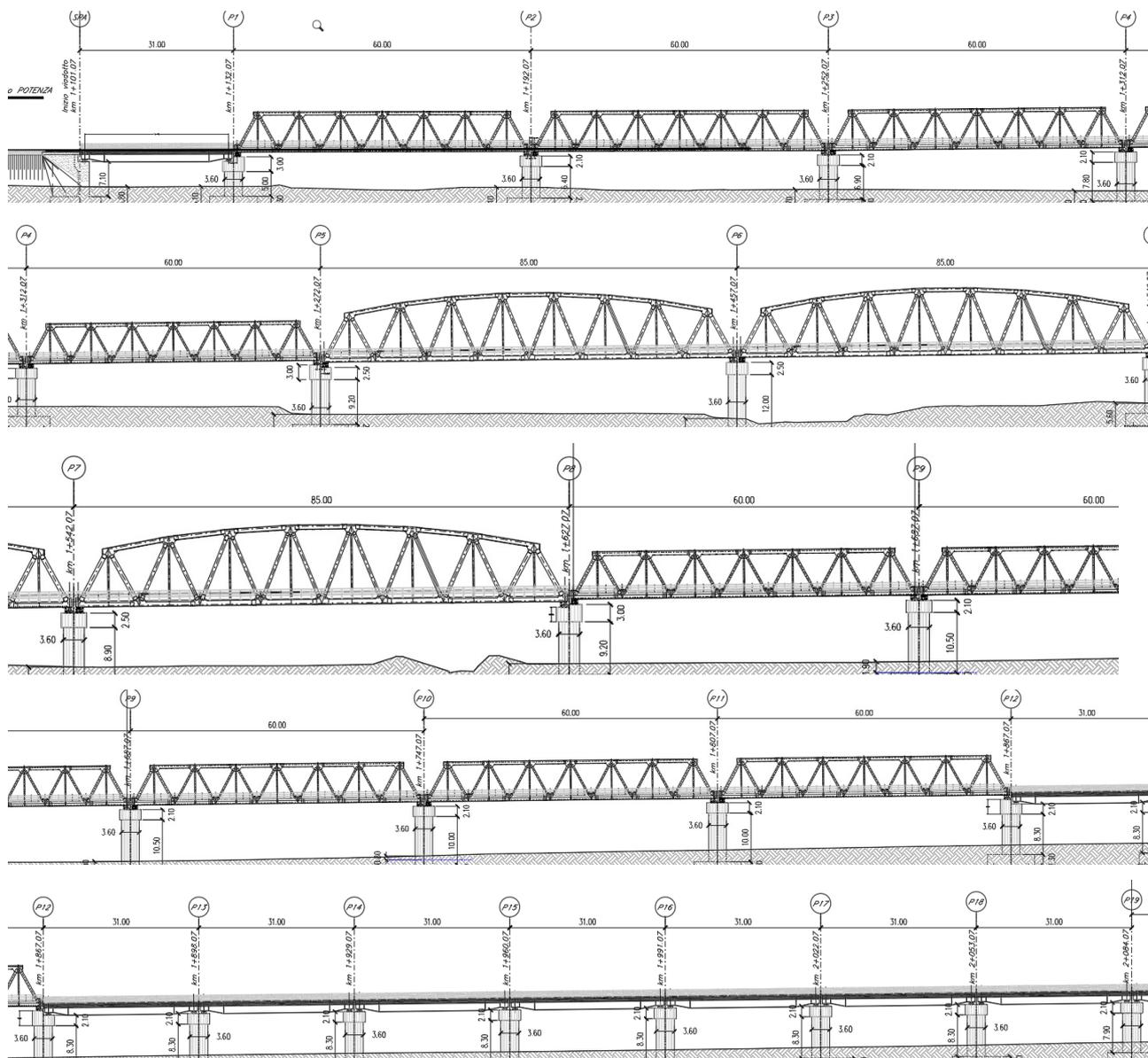


Figura 1\_Prospetto VI Basento

La scansione delle campate, riprodotta nel modello di calcolo, è ridotta alla zona di interesse per l'interazione treno - binario – struttura, ovvero la transizione da impalcati di luce 30m a sezione mista a travate reticolari di luce 60 e 85m.

Si modellano, dunque, 100m di rilevato, 19 campate del viadotto e ulteriori 100m (con armamento con le caratteristiche di impalcato ovvero le campate successive, tutte appoggiate da 31m su pile con altezza praticamente costante).

Indicata con “x” la direzione longitudinale del viadotto, da sinistra verso destra, la scansione risulta la seguente:

	<b>xi</b>	<b>xf</b>	<b>x app sx</b>	<b>x app dx</b>	<b>Lt</b>	<b>TIPOLOGIA</b>	<b>ARMAMENTO</b>	<b>SCHEMA APP</b>
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]			
Rilevato	<b>0</b>	<b>100</b>			<b>100</b>	<b>Rilevato</b>	<b>BALLAST</b>	
<b>SP A - P1</b>	<b>100</b>	<b>131</b>	101	130	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>P1 - P2</b>	<b>131</b>	<b>191</b>	131.7	190.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P2 - P3</b>	<b>191</b>	<b>251</b>	191.7	250.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P3 - P4</b>	<b>251</b>	<b>311</b>	251.7	310.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P4 - P5</b>	<b>311</b>	<b>371</b>	311.7	370.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P5 - P6</b>	<b>371</b>	<b>456</b>	371.8	455.2	<b>83.4</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P6 - P7</b>	<b>456</b>	<b>541</b>	456.8	540.2	<b>83.4</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P7 - P8</b>	<b>541</b>	<b>626</b>	541.8	625.2	<b>83.4</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P8 - P9</b>	<b>626</b>	<b>686</b>	626.7	685.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P9 - P10</b>	<b>686</b>	<b>746</b>	686.7	745.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P10 - P11</b>	<b>746</b>	<b>806</b>	746.7	805.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P11 - P12</b>	<b>806</b>	<b>866</b>	806.7	865.3	<b>58.6</b>	<b>Reticolare</b>	<b>Attacco diretto</b>	<b>M-F</b>
<b>P12 - P13</b>	<b>866</b>	<b>897</b>	867	896	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>P13 - P14</b>	<b>897</b>	<b>928</b>	898	927	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>P14 - P15</b>	<b>928</b>	<b>959</b>	929	958	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>P15 - P16</b>	<b>959</b>	<b>990</b>	960	989	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>P16 - P17</b>	<b>990</b>	<b>1021</b>	991	1020	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>P17 - P18</b>	<b>1021</b>	<b>1052</b>	1022	1051	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>P18 - P19</b>	<b>1052</b>	<b>1083</b>	1053	1082	<b>29</b>	<b>Imp. Sez. mista</b>	<b>BALLAST</b>	<b>M-F</b>
<b>...IMP.</b>	<b>1083</b>	<b>1183</b>	1083	1183	<b>100</b>	<b>Impalcato</b>	<b>BALLAST</b>	

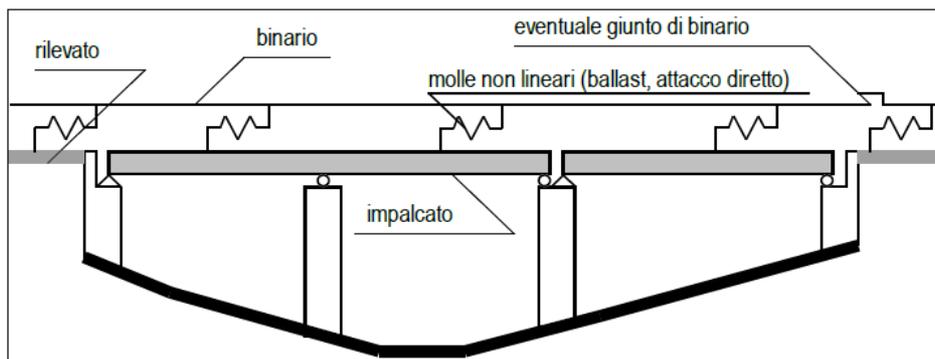
X app sx/dx= posizione dei dispositivi di vincolo a inizio e fine della campata;

Sono modellati, in accordo alle prescrizioni normative [1], 100m di rilevato/viadotto prima e dopo il tratto in esame.

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

#### 4 CRITERI DI MODELLAZIONE

Per la determinazione delle grandezze in esame, relative all'interazione statica treno-binario-struttura, viene sviluppato un modello agli elementi finiti nel rispetto dello schema seguente:



Per la sottostruttura, per l'impalcato e per le rotaie si assume un comportamento di tipo elastico mentre per l'interfaccia binario-struttura (ballast o attacco diretto) si assume una legge di tipo elasto-plastico a rigidità e soglia, v. figura seguente, variabile in funzione del carico verticale applicato, in accordo a quanto riportato nel [1].

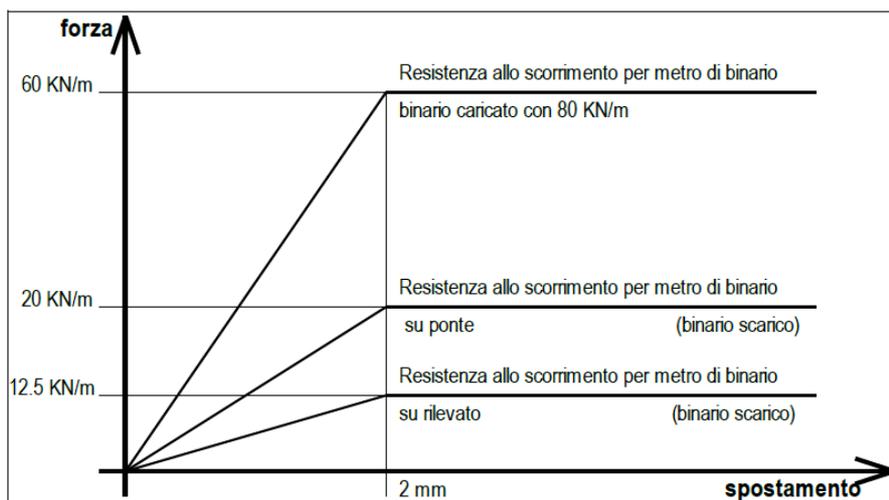


Fig. 2.5.1.4.5.3-5 - Legame forza-spostamento del ballast in direzione longitudinale

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di calcolo <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

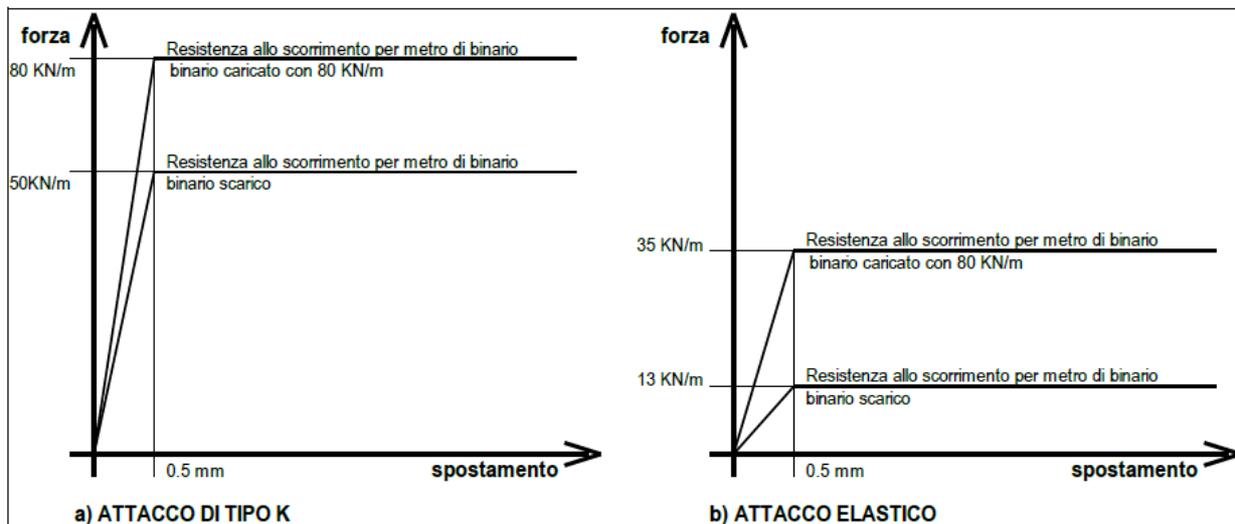
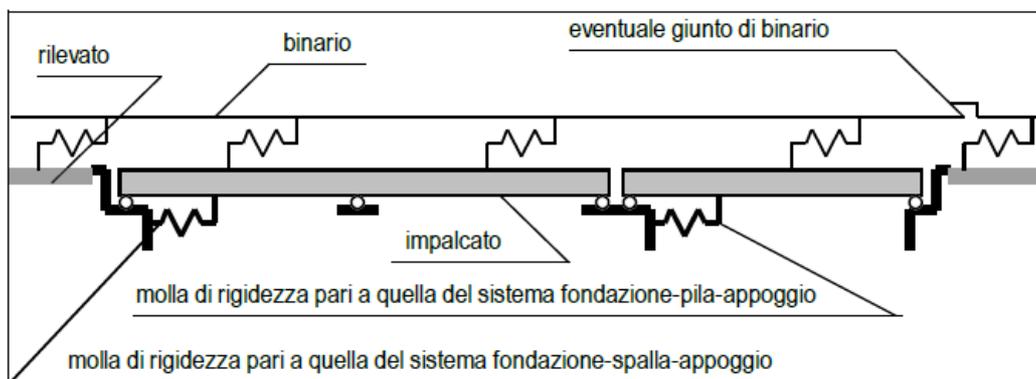


Fig. 2.5.1.4.5.3-6 - Resistenza allo scorrimento nel caso di posa diretta con attacco indiretto di tipo tradizionale e con attacco elastico con interasse nominale delle traverse di 0,60 m

Nella modellazione della sottostruttura si dovrà considerare il contributo alla deformabilità fornito da tutti i suoi componenti e precisamente dalla fondazione, dalla struttura della pila o della spalla, dall'apparecchio di appoggio.

Ai fini della semplificazione del modello, la rigidezza e la resistenza globale di ciascun sistema di sottostruttura, fondazione-pila-appoggio o fondazione-spalla-appoggio, alle azioni orizzontali in direzione longitudinale, possono essere rappresentati (vedi fig. 2.5.1.4.5.3-3 da [1], riportata di seguito) con un unico elemento elastico (o elastoplastico, per tener conto dell'attrito nel caso di appoggio scorrevole) le cui caratteristiche sono ricavate sulla base della rigidezza e della resistenza dell'insieme.



In particolare, nel caso di un sistema fondazione - pila - appoggio, denominata con H la forza orizzontale applicata sull'apparecchio di appoggio, la rigidezza complessiva K dovrà valutarsi come:

$$K = H / \sum \delta_i$$

$\sum \delta_i = \delta_p + \delta_\varphi + \delta_h + \delta_a =$  spostamento totale prodotto dalla forza H;

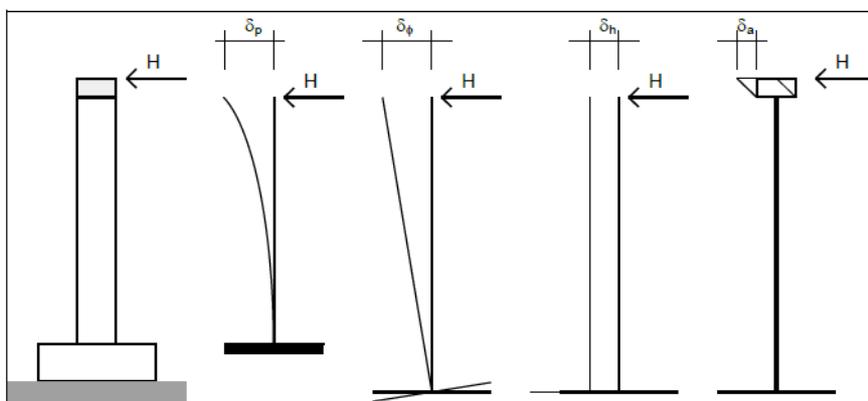
$\delta_p =$  spostamento determinato dalla deformabilità elastica della pila;

$\delta_\varphi =$  spostamento determinato dalla deformabilità alla rotazione della fondazione;

$\delta_h =$  spostamento determinato dalla deformabilità alla traslazione orizzontale della fondazione;

$\delta_a =$  spostamento determinato dalla deformabilità dell'apparecchio d'appoggio,

tenuto conto degli eventuali giochi e tolleranze negli apparecchi di appoggio fissi.



Il sistema di viadotti uniti dalla lunga rotaia saldata è modellato con il software di calcolo WPris, che permette di analizzare, in campo non lineare, gli effetti contemporanei dovuti alle azioni orizzontali di avviamento e frenatura, all'inflessione prodotta dai carichi verticali e alle variazioni termiche dell'impalcato.

#### 4.1 ARMAMENTO

Come descritto nel precedente paragrafo il legame costitutivo che contraddistingue il link tra rotaia e impalcato è di tipo elasto – plastico:

Armamenti

	Nome	Tipologia	$F_{xs}$ [kN/m]	$\delta_{xs}$ [m]	$F_{xc}$ [kN/m]	$\delta_{xc}$ [m]	$F_{ys}$ [kN/m]	$\delta_{ys}$ [m]	$F_{yc}$ [kN/m]	$\delta_{yc}$ [m]
▶	Rilevato	Ballast	12.5	0.002	60	0.002	12.5	0.002	60	0.002
	Impalcato	Ballast	20	0.002	60	0.002	20	0.002	60	0.002
	ATTACCO K	Attacco Diretto	50	0.0005	80	0.0005	50	0.0005	80	0.0005
	ATTACCO EL	Attacco Diretto	13	0.0005	35	0.0005	13	0.0005	35	0.0005

L'attacco diretto per travate metalliche è così realizzato:

- A partire dall'appoggio fisso e per 0.15L, sono disposti attacchi indiretti di tipo K.
- Nella parte restante dell'impalcato, dunque 0.85L, sono disposti attacchi elastici.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di calcolo <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

## 4.2 IMPALCATO A SEZIONE MISTA (L=31m)

Si riportano di seguito le sezioni degli impalcati a sezione mista acc. – cls con le relative caratteristiche geometriche e inerziali:

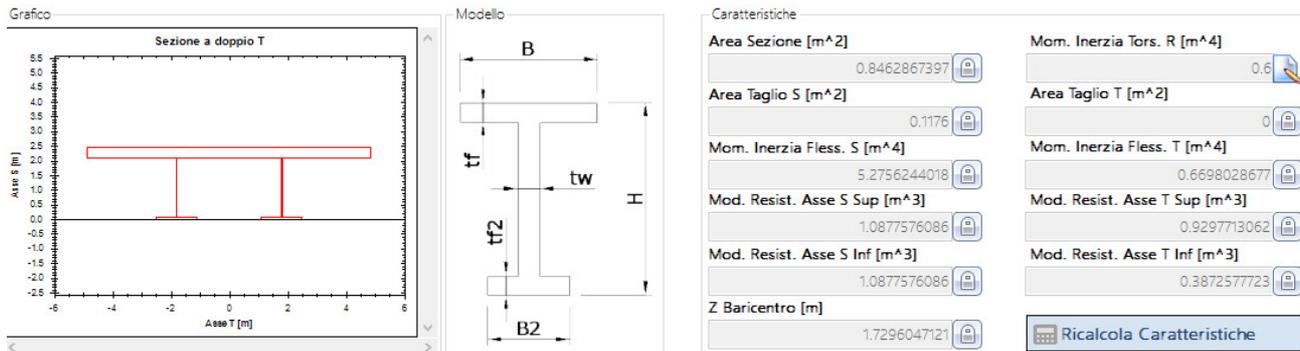


Figura 2\_Sezioni imp. L=31m

Tali proprietà sono state assegnate all'elemento frame, monofilare, che modella tale impalcato.

## 4.3 IMPALCATO METALLICO

Le travate reticolari, sono state modellate, invece, in 3D introducendo tutti gli elementi che le costituiscono (briglie, montanti, trasversali,...), per la cui geometria si rimanda agli elaborati di progetto.

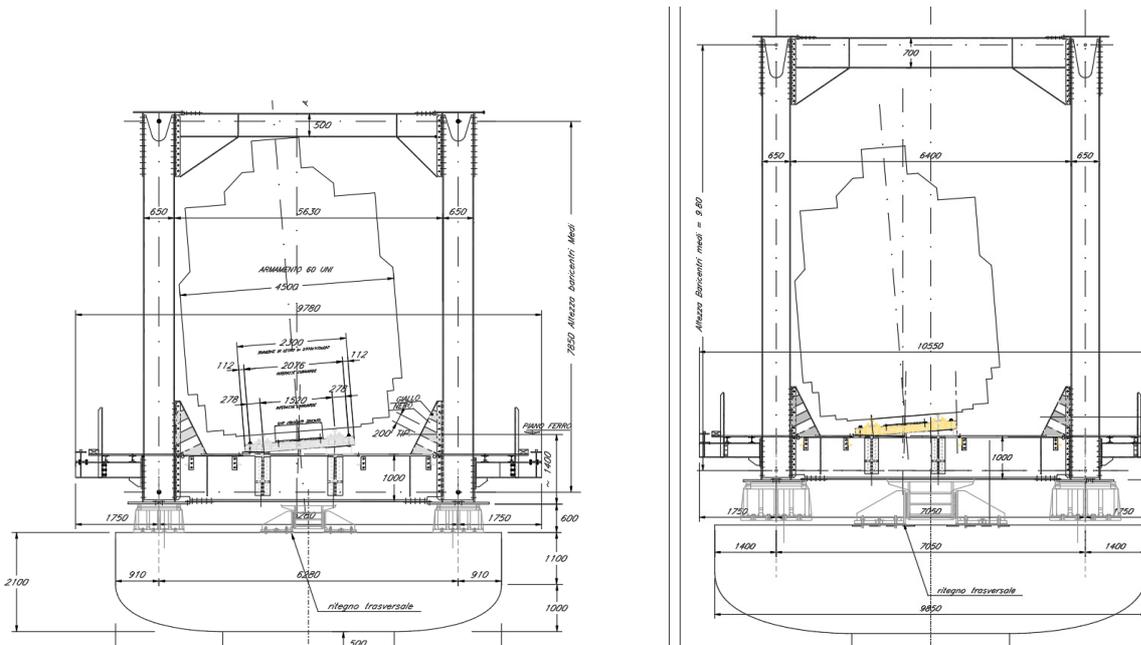


Figura 3\_Impalcati metallici L= 60 e 85m

#### 4.4 SCHEMA APPOGGI

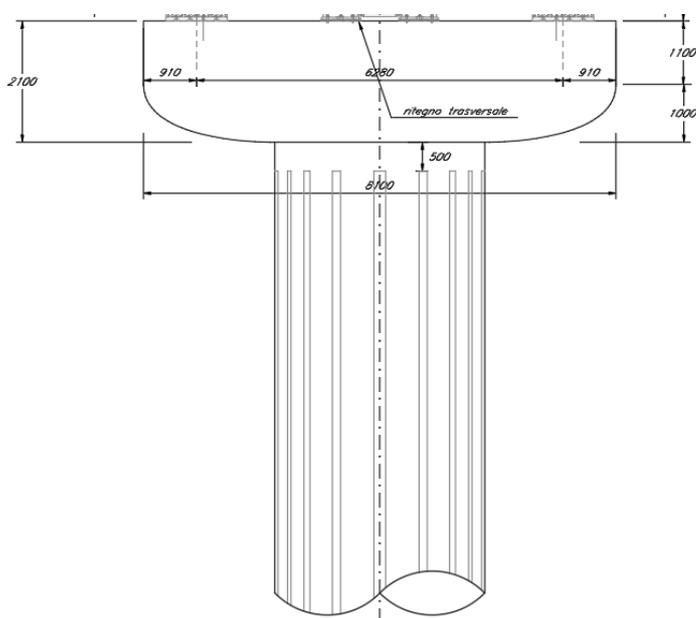
A partire dalla spalla A tutte le campate hanno schema di semplice appoggio, con allineamenti mobile – fisso (M-F) alle estremità, fino alla spalla B.

#### 4.5 SOTTOSTRUTTURE

Le pile sono modellate come molle equivalenti la cui rigidezza è definita come descritto al cap.5.

Si riporta di seguito la rigidezza di tali sottostrutture, avendo considerato le stesse incastrate al piede, e nulli i giochi degli apparecchi d'appoggio, in favore di sicurezza:

	Kx	Ky
	kN/m/m	kN/m/m
P1	1.73E+06	1.74E+06
P2	1.21E+06	1.21E+06
P3	1.02E+06	1.02E+06
P4	7.54E+05	7.54E+05
P5	4.45E+05	4.46E+05
P6	2.53E+05	2.53E+05
P7	5.16E+05	5.17E+05
P8	4.45E+05	4.46E+05
P9	3.82E+05	3.82E+05
P10	4.30E+05	4.30E+05
P11	4.30E+05	4.30E+05
P12	5.96E+05	5.97E+05
P13	5.96E+05	5.97E+05
P14	5.96E+05	5.97E+05
P15	5.96E+05	5.97E+05
P16	5.96E+05	5.97E+05
P17	5.96E+05	5.97E+05
P18	5.96E+05	5.97E+05
P19	5.96E+05	5.97E+05



	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di calcolo <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

## 5 ANALISI

Le analisi effettuate sono non lineari; il software, registra lo stato tenso-deformativo di ciascun passo di carico per tenerne conto nei passi successivi, mentre il legame costitutivo delle molle non lineari tra binario e struttura varia opportunamente a seconda del caso scarico/carico. Lo stato di sollecitazione negli elementi del modello tiene conto dell'applicazione successiva delle varie azioni e delle interazioni degli effetti da esse prodotti. Sarà pertanto necessario applicare le variazioni termiche e i carichi accidentali, verticali e longitudinali, successivamente nella stessa analisi.

### 5.1 AZIONI APPLICATE

Si ricorda che l'azione termica per il calcolo degli effetti di interazione statica binario-struttura, si considerano i seguenti effetti termici sul binario:

- nelle analisi in assenza di apparecchi di dilatazione del binario, è stata considerata nulla la variazione termica nel binario, essendo essa ininfluenza ai fini della valutazione delle reazioni nei vincoli fissi e delle tensioni aggiuntive nelle rotaie e non generando scorrimenti relativi binario-impalcato;

- nelle analisi in presenza di apparecchi di dilatazione del binario, sono state assunte variazioni termiche del binario pari a +30 °C e -40 °C rispetto alla temperatura di regolazione del binario stesso.

Nel caso di impalcato in acciaio esse vanno applicate contemporaneamente alle variazioni termiche dell'impalcato e con lo stesso segno, mentre nel caso di impalcato in sez.mista o misti in acciaio calcestruzzo, vanno applicate tra le due seguenti, la condizione più sfavorevole nella combinazione con le altre azioni: nella prima è nulla la variazione termica nell'impalcato e massima (positiva o negativa) quella nella rotaia, nella seconda è nulla la variazione termica nella rotaia e massima (positiva o negativa) quella nell'impalcato.

Le azioni in gioco saranno, dunque:

- $\Delta T$ : Variazione termica (relativa impalcato-binario) =  $\pm 15^\circ\text{C}$  (sezione mista) e  $\pm 25^\circ\text{C}$  (travata metallica con armamento diretto).
- T/B: Avviamento/frenatura per il modello di carico treno LM71 o SW/2.

Vengono definite nel software di calcolo come di seguito:

Simulazione	Descrizione
Tb_-15_Tr_0	Variazione termica negativa sul ponte (-15°C su sez.mista. e -25 sul ponte in acciaio)
Tb_15_Tr_0	Variazione termica positiva sul ponte (-15°C su sez.mista e -25 sul ponte in acciaio)
M_T1_LM71_P_T	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
M_T1_LM71_P_B	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
M_T1_LM71_N_T	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
M_T1_LM71_N_B	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura
3D_T1_LM71_P_T	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
3D_T1_LM71_P_B	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
3D_T1_LM71_N_T	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
3D_T1_LM71_N_B	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura
3D_T1_SW2_P_T	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
3D_T1_SW2_P_B	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
3D_T1_SW2_N_T	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
3D_T1_SW2_N_B	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura

Legenda:

Tb = variazione termica del ponte; Tr = variazione termica della rotaia;

M = Analisi monodimensionali; 3D = Analisi tridimensionali con avv./fren.

P = verso di percorrenza positivo (prog. crescenti); N = verso di percorrenza negativo (prog. decrescenti);

B = Frenatura (Braking); T = Avviamento (Traction)

T1=binario1 (in questo caso unico binario)

La variazione di temperatura applicata sul binario è nulla (in assenza di giunto di rotaia), così che essa non contribuisca agli effetti di interazione; vanno, invece, considerati i valori massimi e minimi che interessano l'impalcato.

Va considerata l'alternanza del segno ( $\pm$ ) per la variazione di temperatura e transito dei treni, in avviamento o frenatura, in entrambe le direzioni di marcia.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

## 5.2 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Delle analisi sopra elencate si effettuano le combinazioni lineari degli effetti, alla ricerca delle condizioni più gravose, per le caratteristiche di tensione e deformazione richieste. Individuate le condizioni più penalizzanti si ripetono le analisi non lineari che ripropongono le combinazioni lineari più gravose, in cui per ciascun tipo di treno è individuata la posizione che rende massime contemporaneamente le sollecitazioni di interesse sulla struttura. Nelle analisi finali la posizione del treno più gravosa unitamente alla variazione termica più sfavorevole è tale da massimizzare l'effetto in esame.

- Combinazioni

ID	Tipologia analisi	Binario 1	Termica
1	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_P_T	
2	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_P_B	
3	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_N_T	
4	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_N_B	
5	Transito	T_T1_LM71_P	
6	Transito	T_T1_LM71_N	
7	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T	Tb_15_Tr_0
8	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B	Tb_15_Tr_0
9	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T	Tb_15_Tr_0
10	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B	Tb_15_Tr_0
11	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T	Tb_15_Tr_0
12	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B	Tb_15_Tr_0
13	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T	Tb_15_Tr_0
14	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B	Tb_15_Tr_0
15	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T	Tb_-15_Tr_0
16	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B	Tb_-15_Tr_0
17	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T	Tb_-15_Tr_0
18	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B	Tb_-15_Tr_0
19	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T	Tb_-15_Tr_0
20	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B	Tb_-15_Tr_0
21	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T	Tb_-15_Tr_0
22	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B	Tb_-15_Tr_0

Figura 4\_ Combinazioni dei carichi

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>13 di 19</b>

### 5.3 RISULTATI

Dai risultati di inviluppo di tutte le combinazioni di carico lineari si determinano le configurazioni più gravose.



*Figura 5\_Inviluppo lineare tensioni*

Il valore massimo di trazione nella rotaia si manifesta in corrispondenza della Pila 6, lato appoggio fisso della prima travata metallica da 85m ed il valore massimo di compressione nella rotaia si manifesta in corrispondenza della Pila 5, lato appoggio mobile della stessa.

Il valore massimo di trazione sulla rotaia è pari a 69.5 MPa.

Il valore massimo di compressione sulla rotaia è pari a 80 MPa.

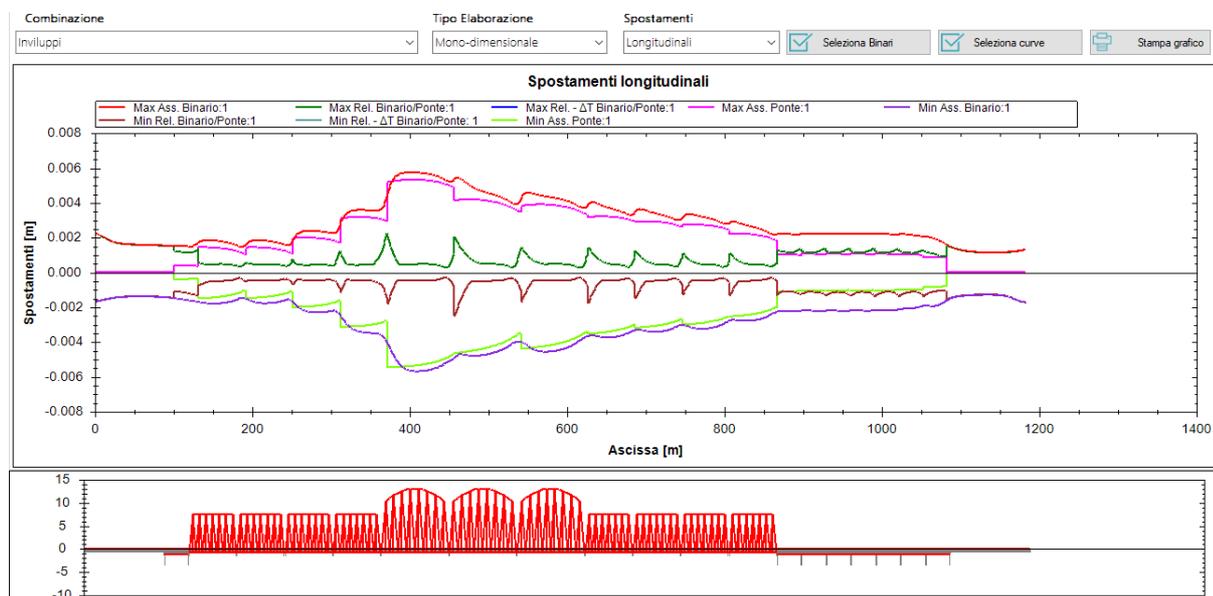


Figura 6\_ Involuppo lineare spostamenti long.

L'involuppo dello spostamento relativo massimo positivo tra binario ed impalcato per sole azioni di avviamento/frenatura è pari a 2.4 mm.

L'involuppo dello spostamento relativo massimo negativo tra binario ed impalcato per sole azioni di avviamento/frenatura è pari a 2.5 mm.

Si effettuano a questo punto le analisi non lineari per le combinazioni, più gravose, così individuate.

■ ***Tensioni massime di trazione da analisi non lineare:***

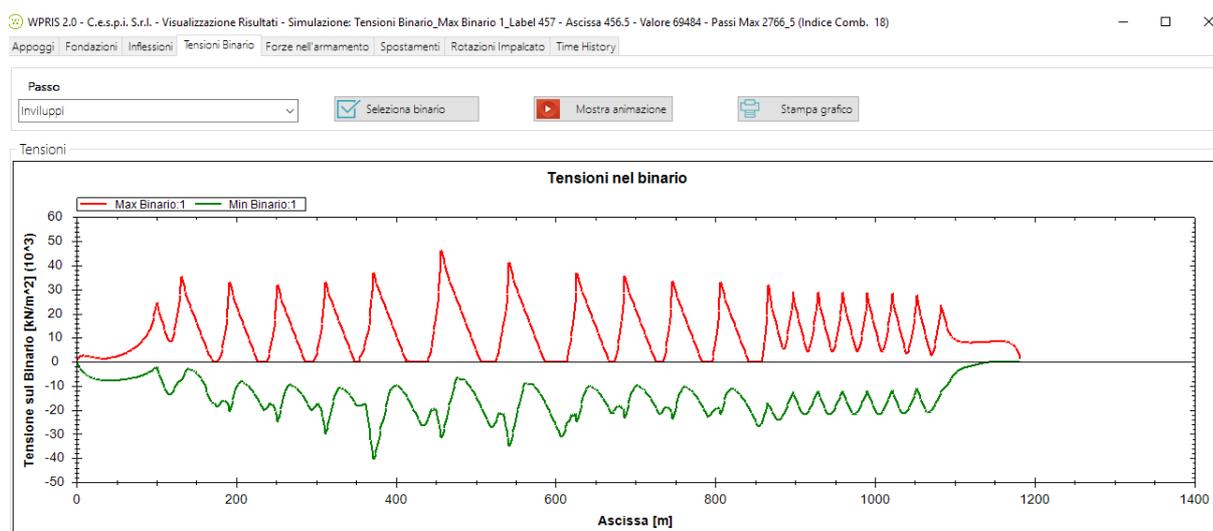


Figura 7\_ Tensioni massime\_analisi non lineare

$$\sigma_{\max,T} = 46 \text{ MPa} < \sigma_{\lim,T} = 70 \text{ MPa}$$

▪ **Tensioni massime di compressione da analisi non lineare:**

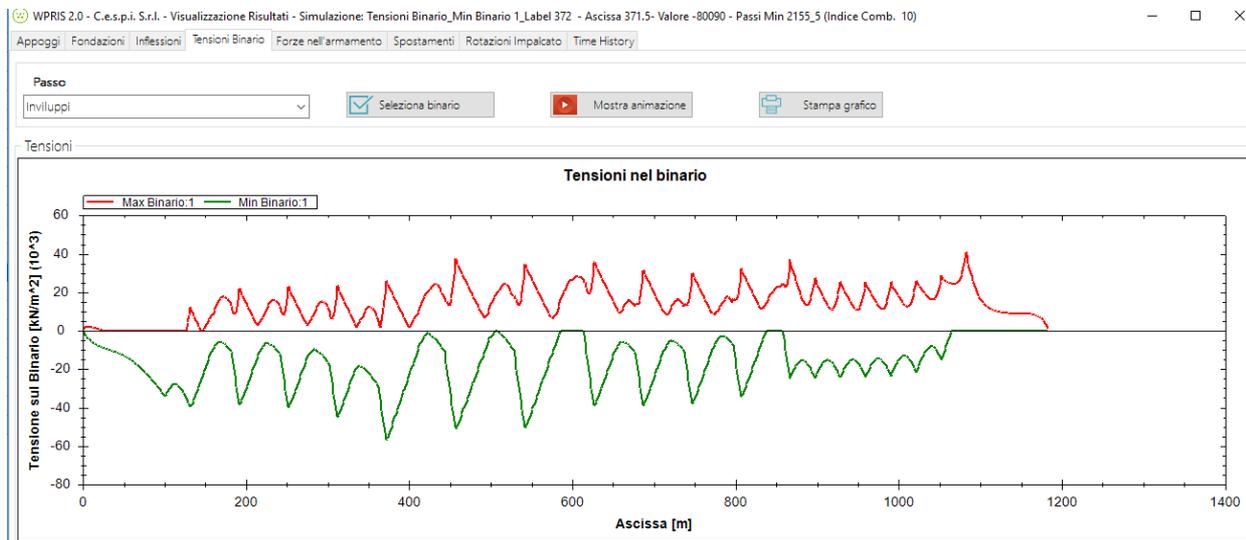


Figura 8\_Tensioni minime\_analisi non lineare

$$\sigma_{\max,C} = 57 \text{ MPa} < \sigma_{\lim,C} = 60 \text{ MPa}$$

▪ **Spostamenti relativi massimi e minimi da analisi non lineare:**

Gli spostamenti longitudinali relativi massimi/minimi tra rotaie e impalcato sottostante vanno invece determinati tenendo conto delle **sole azioni di avviamento e frenatura**.

Di seguito i risultati ottenuti dalle analisi.

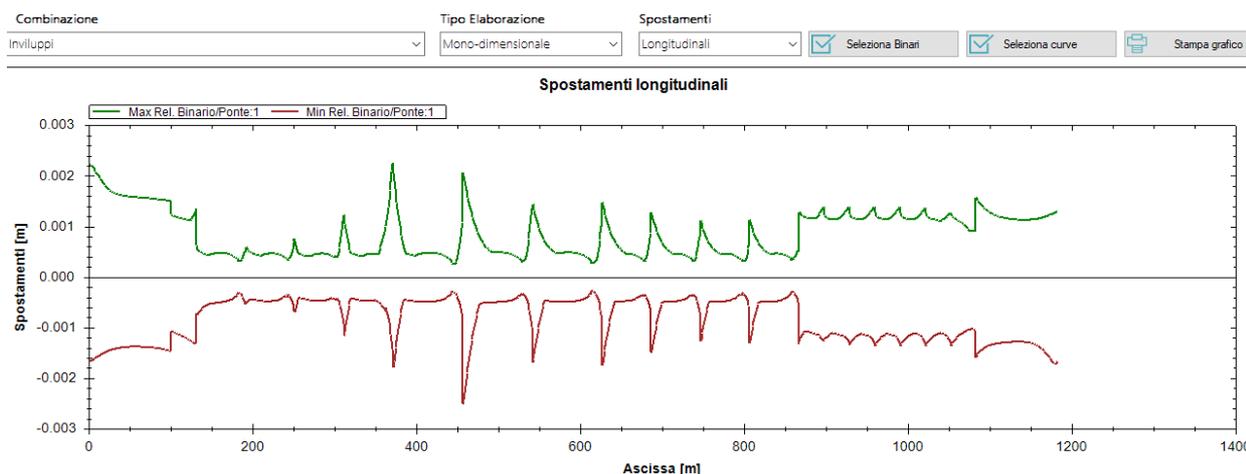


Figura 9\_Spostamenti long. max e min\_analisi non lineare

$$\Delta\delta_{\text{rel max, long}} = 2.3\text{mm} < \Delta\delta_{\text{rel lim}} = 5\text{mm}$$

$$\Delta\delta_{\text{rel min, long}} = 2.5\text{mm} < \Delta\delta_{\text{rel lim}} = 5\text{mm}$$

▪ **Reazioni orizzontali massime agli appoggi:**

Si riportano di seguito le reazioni massime agli appoggi, come da combinazioni di carico al §5.2.1.

Ciascun impalcato a sezione mista presenta un solo appoggio per ogni estremità (essendo monofilare)

mentre le reticolari, modellate in 3D, hanno 2 appoggi per ogni estremità:

Tipologia Analisi	Label	APP	Step	Combinazione	Fh [kN]
Tri-dimensionale	2	P1	MAX	11	736.0
Tri-dimensionale	2	P1	MIN	20	-1120.9
Tri-dimensionale	5	P2	MAX	10	614.3
Tri-dimensionale	5	P2	MIN	20	-931.5
Tri-dimensionale	6	P2	MAX	10	614.6
Tri-dimensionale	6	P2	MIN	20	-931.7
Tri-dimensionale	9	P3	MAX	10	613.1
Tri-dimensionale	9	P3	MIN	20	-870.1
Tri-dimensionale	10	P3	MAX	10	613.6
Tri-dimensionale	10	P3	MIN	20	-870.9
Tri-dimensionale	13	P4	MAX	10	610.2
Tri-dimensionale	13	P4	MIN	20	-802.1
Tri-dimensionale	14	P4	MAX	10	610.9
Tri-dimensionale	14	P4	MIN	20	-802.8
Tri-dimensionale	17	P5	MAX	10	684.4
Tri-dimensionale	17	P5	MIN	20	-728.8
Tri-dimensionale	18	P5	MAX	10	684.6
Tri-dimensionale	18	P5	MIN	20	-729.0
Tri-dimensionale	21	P6	MAX	10	636.2
Tri-dimensionale	21	P6	MIN	20	-650.5
Tri-dimensionale	22	P6	MAX	10	636.3
Tri-dimensionale	22	P6	MIN	20	-650.6
Tri-dimensionale	25	P7	MAX	18	862.6
Tri-dimensionale	25	P7	MIN	8	-912.9
Tri-dimensionale	26	P7	MAX	18	862.2
Tri-dimensionale	26	P7	MIN	8	-912.6
Tri-dimensionale	29	P8	MAX	18	754.4
Tri-dimensionale	29	P8	MIN	8	-904.4
Tri-dimensionale	30	P8	MAX	18	754.2
Tri-dimensionale	30	P8	MIN	8	-904.2
Tri-dimensionale	33	P9	MAX	18	580.5
Tri-dimensionale	33	P9	MIN	12	-619.2
Tri-dimensionale	34	P9	MAX	18	580.2

Tri-dimensionale	34	P9	MIN	12	-619.0
Tri-dimensionale	37	P10	MAX	18	590.8
Tri-dimensionale	37	P10	MIN	12	-658.2
Tri-dimensionale	38	P10	MAX	18	590.4
Tri-dimensionale	38	P10	MIN	12	-657.8
Tri-dimensionale	41	P11	MAX	18	575.8
Tri-dimensionale	41	P11	MIN	12	-672.8
Tri-dimensionale	42	P11	MAX	18	575.4
Tri-dimensionale	42	P11	MIN	12	-672.4
Tri-dimensionale	45	P12	MAX	18	624.7
Tri-dimensionale	45	P12	MIN	12	-803.0
Tri-dimensionale	46	P12	MAX	18	624.6
Tri-dimensionale	46	P12	MIN	12	-802.7
Tri-dimensionale	48	P13	MAX	18	707.7
Tri-dimensionale	48	P13	MIN	12	-781.4
Tri-dimensionale	50	P14	MAX	18	635.9
Tri-dimensionale	50	P14	MIN	12	-862.3
Tri-dimensionale	52	P15	MAX	18	621.3
Tri-dimensionale	52	P15	MIN	12	-877.0
Tri-dimensionale	54	P16	MAX	18	619.1
Tri-dimensionale	54	P16	MIN	12	-882.9
Tri-dimensionale	56	P17	MAX	18	618.2
Tri-dimensionale	56	P17	MIN	12	-895.2
Tri-dimensionale	58	P18	MAX	18	611.0
Tri-dimensionale	58	P18	MIN	12	-929.8
Tri-dimensionale	60	P19	MAX	22	718.0
Tri-dimensionale	60	P19	MIN	12	-1051.2

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1300006</b>	REV. <b>A</b>

## 6 CONCLUSIONI

Si riporta il riepilogo, in forma tabellare, dei casi analizzati:

		<b>SENZA GIUNTO</b>	<b>test</b>	
		<b>MAX</b>		
<b><math>\sigma</math> [Mpa]</b>	traction	<b>46</b>	<b>&lt; 70 MPa</b>	<b>OK</b>
	compress.	<b>57.0</b>	<b>&lt;60 MPa</b>	<b>OK</b>
<b><math>\Delta\delta_{rel}</math> [mm]</b>	h +	<b>2.5</b>	<b>&lt; 5 mm</b>	<b>OK</b>
	h -	<b>2.3</b>	<b>&lt; 5 mm</b>	<b>OK</b>

I limiti tensionali e quelli deformativi risultano verificati.

Dai risultati NON emerge la necessità di introdurre alcun giunto di rotaia.